# ANEXO 02:

# CORRESPONDENCIA RECIBIDA

FRO-085-369-2025

Bogotá, D.C., 03 de octubre de 2025

**Señores**
**CONSORCIO SUBA MT**
**Atn ING. OSCAR JULIAN MORENO**
**Representante Legal**
**Carrera 36 No. 3-41 Ed. Verona 2-Of.1503**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO: OBSERVACIONES INFORME SOCIAL N° 6 SEPTIEMBRE VERSIÓN 1 EN RESPUESTA AL OFICIO CE-SUBA-MT-1013-2024-192**

Respetados Señores:

En atención al oficio CE-SUBA MT-1013-2024-192 remitido el 02 de octubre de 2025, con el cual el CONTRATISTA radicó el Informe mensual N°6 del componente social versión 1, esta Interventoría se permite notificar las siguientes observaciones, para que sean subsanadas y se radique nuevamente el informe social en versión2.

1. Página 15, numeral 1, primer párrafo, indica informe N° 5, y el presente informe es el N° 6, por lo cual se debe corregir.

2. En el ítem de vallas informativas, es necesario revisar la redacción, ya que dice que se encuentran actualizados e instalados. Se recuerda al contratista que todo registro fotográfico debe tener la información de la fecha.

3. Tabla N° 4. Por favor revisar las fechas relacionadas, con las fechas de los registros fotográficos, ya que no coinciden.

4. Página 21, volantes de información, en el Barrio San Pedro, completar el numero del CIV, ya que referenciaron 3507, pero faltan los números iniciales.

5. Revisar tabla N° 8, el valor total de piezas entregadas presenta error, ya que la suma de los valores es 115, no 99, se debe ajustar.

6. En la tabla N° 9, se presenta un error en la escritura de un CIV, referencian el CIV 11003517 del barrio Santa Rita, pero el correcta es 11003575, por favor corregir.

7. En la página 29, ítem PQRS se solicita incluir un párrafo, donde se indique el total de PQRS, cuantas están cerradas y cuantas abiertas, para contextualizar el contenido de la tabla 13.

8. En la página 32, ítem de reuniones de finalización, Reunión de Finalización y Puesta en Servicio, revisar el contenido del párrafo, pues dice que no se han iniciado actividades técnicas.

9. En la página 32, Reuniones informativas con comerciantes, empresarios, industriales y servicios, revisar el nombre del mes, ya que se señala julio y es septiembre.

10. En la página 40, la tabla de la dirección Cll 135A entre Cra 150B y Cra 151, no tiene encabezado, por ende, no se puede visualizar a que CIV pertenece.

11. En la página 45, tabla 24 se referencian 9 personas MONCL vinculadas, revisando el anexo 10, únicamente se encuentran dos certificados de residencia, dos cedulas y dos recibos públicos, cabe resaltar que una de las cedula y recibo, son de una persona que cuenta con el certificado de residencia a nombre del señor JAIME ENRIQUE GARCIA TORREBLANCA, De las personas que aun no se ha podido obtener el certificado de residencia, se solicita incluir como soporte su cedula y recibo público, como medio de verificación. Así mismo los datos de la persona del certificado ubicado en la página 131, no se encuentran relacionados en la tabla 24, revisar e incluir.

12. De acuerdo al apéndice social y al Plan de Gestión Social, se recuerda que se debe cumplir con la vinculación del 5% de población vulnerable y el 5% de población víctima del conflicto armado, lo anterior dado que, a lo transcurrido del contrato, no se ha reportado contratación de este personal. Esto para tenerlo presente en los meses siguientes.

13. En la página 45, ítem de porcentaje de mujeres vinculadas al proyecto, reportaron el mes de agosto, por lo que se debe ajustar a mes de septiembre.

14. En la página 48, ítem informe mensual, revisar el párrafo, ya que se refiere informe N° 4 y están describiendo la trazabilidad del informe N°5.

15. Se solicita incluir una conclusión respecto a las PQRS.

16. En la página 145, revisar escritura de título del anexo

Lo anterior para su conocimiento y fines pertinentes.

Cordialmente



**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**
**Es** sin anexos
**Elaboro: MRV**
**Reviso: EPR**

# CONSORCIO MALLA VIAL SUBA

**NIT: 901.911.718-7**

FRO-085-370-2025

Bogotá, D.C., 03 de octubre de 2025

**Señores**
**FONDO DE DESARROLLO LOCAL DE SUBA**
**Atn ING. ALEJANDRO VICTORIA**
**Apoyo de la Supervisión**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO:** SU CORREO ELECTRONICO OCTUBRE 02 DE 2025 INCLUSIÓN SEGMENTO 11003712-EXCLUSION SEGMENTOS CONTRATO 485

Respetados Señores:

En atención a su correo electrónico de fecha 2 de octubre de 2025, adjuntamos copia de las respuestas radicadas en el Fondo de Desarrollo Local de Suba en fechas anteriores:

1. Consolidación técnica y documental de frentes a excluir, Oficio Interventoría No. FRO-085-235-2025, No. De radicado FDLS No. 2025-611-020683-2 de fecha 25 de julio de 2025.
2. INCLUSION SEGMENTO 11003712 CONTRATO 1013-2024, Oficio de Interventoría No. FRO-085-353-2025, No. De radicado FDLS No. 2025-611-026849-2 de fecha 25 de septiembre de 2025.

La acción que procede una vez realizada la presentación de la documentación requerida por esta interventoría es la legalización a partir de la generación de la minuta de inclusión y exclusión a cargo del Fondo de Desarrollo Local de Suba.

Cordialmente,



**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**

**Anexo (8) folios**

CARRERA 70 D No. 48-40 NORMANDIA 1er. SECTOR
TEL. 8100743 BOGOTÁ - COLOMBIA
E-mail: mallavialsuba@gmail.com

# CONSORCIO MALLA VIAL SUBA

**NIT: 901.911.718-7**

FRO-085-235-2025

Bogotá, D.C., 25 de julio de 2025

**Señores**
**FONDO DE DESARROLLO LOCAL DE SUBA**
**Atn ING. ALEJANDRO VICTORIA**
**Apoyo de la Supervisión**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO:** **SU CORREO ELECTRONICO DE 24 DE JULIO DE 2025 -**
**5. Consolidación técnica y documental de frentes a excluir**

Respetados Señores:

Una vez recibidos los diagnósticos de los segmentos indicados a continuación, correspondientes a los incluidos para construcción en el contrato 1013-2024 y debidamente verificados y validados por esta interventoría, se observa que en efecto las intervenciones requeridas, no corresponden a un contrato de construcción, puesto que estos segmentos fueron construidos durante la ejecución del contrato 485 del FDLS y las obras que requieren estos veintiún (21) segmentos, corresponden a obras de mantenimiento y conservación, a excepción de los segmentos 11003471 y 11003575, a los que se propone hacer una reconstrucción de tres (3) intersecciones.

Adjuntamos los diagnósticos de los veintiún (21) segmentos indicados a continuación:

| CIV | TRAMO | DESDE | HASTA | SEC_BAR | OBSERVACION | PAVIMENTO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| 11003393 | CRA 154 B | CLL 138 B | CLL 138 C | Barrio Santa Rita | Contrato Siniestrado 485 | ARTICULADO |
| 11003471 | CRA 154 B | CLL 138 A | CLL 138 A | Barrio Santa Rita | Contrato Siniestrado 485 | ARTICULADO |
| 11003575 | CRA 154 B | CLL 138 A | CLL 138 | Barrio Santa Rita | Contrato Siniestrado 485 | ARTICULADO |
| 11003276 | CRA 154 B | CLL 138 C | CLL 138 D | Barrio Santa Rita | Contrato Siniestrado 485 | ARTICULADO |
| 11003363 | CLL 138 B | CRA 159 B | CRA 159 A | Barrio Villa Cindy | Contrato Siniestrado 485 | ARTICULADO |
| 11003400 | CLL 138 B | CRA 159 A | CRA 159 | Barrio Villa Cindy | Contrato Siniestrado 485 | ARTICULADO |
| 11003432 | CLL 138 B | CRA 159 | CRA 158 B | Barrio Villa Cindy | Contrato Siniestrado 485 | ARTICULADO |
| 11003453 | CRA 155 | CLL 138 C | CLL 138 B | Barrio Santa Rita | Contrato Siniestrado 485 | ARTICULADO |
| 11003461 | CRA 159 A | CLL 138 A | CLL 138 B | Barrio Villa Cindy | Contrato Siniestrado 485 | ARTICULADO |
| 11003529 | CLL 138 B | CRA 157 | CRA 155 | Barrio Villa Cindy | Contrato Siniestrado 485 | ARTICULADO |
| 11003530 | CLL 138 B | CRA 157 | CRA 18b | Barrio Villa Cindy | Contrato Siniestrado 485 | ARTICULADO |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 11003541 | CRA 155 | CLL 138 B | CLL 138 A | Barrio Santa Rita | Contrato Siniestrado 485 | ARTICULADO |
| 11003572 | CRA 159 A | CLL 138 | CLL 138 A | Barrio Villa Cindy | Contrato Siniestrado 485 | ARTICULADO |
| 11003639 | CRA 155 | CLL 138 A | CLL 138 | Barrio Santa Rita | Contrato Siniestrado 485 | ARTICULADO |
| 11003951 | CRA 159 A | CLL 136 F | CLL 138 | Barrio Villa Cindy | Contrato Siniestrado 485 | FLEXIBLE |
| 11004208 | CLL 136 A | CRA 157 | CRA 157 A | Barrio Villa Cindy Barrio Santa Cecilia | Contrato Siniestrado 485 | FLEXIBLE |
| 11004245 | CLL 136 A | CRA 157 A | CRA 157 B | Barrio Villa Cindy Barrio Santa Cecilia | Contrato Siniestrado 485 | FLEXIBLE |
| 11004273 | CLL 136 A | CRA 157 B | CRA 158 | Barrio Villa Cindy Barrio Santa Cecilia | Contrato Siniestrado 485 | FLEXIBLE |
| 11004313 | CLL 136 A | CRA 158 | CRA 158 A | Barrio Villa Cindy Barrio Santa Cecilia | Contrato Siniestrado 485 | FLEXIBLE |
| 11004333 | CLL 136 A | CRA 158 A | CRA 158 B | Barrio Villa Cindy Barrio Santa Cecilia | Contrato Siniestrado 485 | FLEXIBLE |
| 11004592 | CRA 159 A | CLL 136 | CLL 136 A | Barrio Santa Cecilia | Contrato Siniestrado 485 | FLEXIBLE |

Quedamos atentos de sus inquietudes y comentarios

Sin otro particular

Cordialmente



**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**

# CONSORCIO MALLA VIAL SUBA

**NIT: 901.911.718-7**

FRO-085-353-2025

Bogotá, D.C., 25 de septiembre de 2025

**Señores**
**FONDO DE DESARROLLO LOCAL DE SUBA**
**Atn ING. ALEJANDRO VICTORIA**
**Apoyo de la Supervisión**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO:** **INCLUSION SEGMENTO 11003712 CONTRATO 1013-2024**

Respetados Señores:

Una vez revisados los segmentos viales indicados a continuación, se observa la necesidad de incluir el segmento 11003712, dentro de la ejecución del contrato 1013-2024, así:




CARRERA 70 D No. 48-40 NORMANDIA 1er. SECTOR
TEL. 8100743 BOGOTÁ - COLOMBIA
E-mail: mallavialsuba@gmail.com

Este corredor del barrio Lisboa esta conformado por los segmentos 11003637-11003796-11003901, incluidos dentro de la ejecución del contrato 1013-2024.

Como se aprecia en la imagen adjunta, es recomendable incluir el segmento 11003712, para resolver de manera eficiente el corredor.

Hemos consultado la consultoría 345 de 2018 y este segmento no cuenta con diseños allí, sin embargo, dentro de la propuesta presentada por el contratista para el segmento 11003637, se incluyó el segmento 11003712.

La propuesta de pavimentos presentada por el contratista para el segmento 11003637, es la indicada a continuación:

| CONSORCIO SUBA MT<br>NIT. 901902878-2<br>COP 1013-2024-LP (119224) | SEGMENTOS VIALES – SUBA<br>CIV 11003637<br>INFORME DE PAVIMENTO |
|---|---|

De acuerdo con lo anterior, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

TABLA 6-9 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura (*) | |
|---|---|---|---|
| | | Descripción | Espesor (cm) |
| Rígida | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo según ET 410-18 de tomapunturil en un espesor de 0 cm. Se recomienda sello de 0 cm con material tipo sub-base granular | Concreto Hidraulico | 15 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento | 0 |

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Por lo anteriormente expuesto esta interventoría solicita la inclusión del segmento 11003712, dentro de la ejecución del contrato 1013-2024, imprescindible para el funcionamiento del corredor en mención.

Quedamos atentos de una pronta respuesta

Cordialmente

**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**

FRO-085-374-2025

Bogotá, D.C., 7 de octubre del 2025

**Señores**
**CONSORCIO SUBA MT**
**Atn ING. OSCAR JULIAN MORENO**
**Representante Legal**
**Carrera 36 No. 3-41 Ed. Verona 2-Of.1503**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO: RESPUESTA OFICIO CE-SUBA MT-1013-2024-167 – APROBACION INFORME SST 6**

Respetados Señores:

De manera atenta, esta interventoría en cumplimiento de sus funciones contractuales, se permite informar que una vez revisado el informe del componente de Seguridad y Salud en el Trabajo No. 6 v2, remitido por el contratista CONSORCIO SUBA MT, se emite CONCEPTO FAVORABLE, aprobando su contenido y documentación presentada para el periodo comprendido del 1 al 30 de septiembre del 2025.

Es importante precisar que lo anterior, no exime al contratista CONSORCIO SUBA MT de realizar las complementaciones derivadas de las dinámicas del proyecto y requeridas por el FONDO DE DESARROLLO LOCAL DE SUBA a esta interventoría, de manera posterior.

Cordialmente



**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**
**Es** Un (1) folio
**Elaboro: DMT**
**Reviso: epr**

FRO-085-380-2025

Bogotá, D.C., 8 de octubre de 2025

**Señores**
**FONDO DE DESARROLLO LOCAL DE SUBA**
**Atn ING. ALEJANDRO VICTORIA**
**Apoyo de la Supervisión**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO:** ENTREGA INFORME MENSUAL N° 6 COMPONENTE SOCIAL DEL CONTRATISTA CONSORCIO SUBA MT CONTRATO 1013 DE 2024

Respetados Señores:

Cumpliendo con las obligaciones contractuales, se remite el Informe mensual N° 6 del componente social del contratista Consorcio Suba MT, en el marco del contrato 1013 de 2024, correspondiente al periodo del 1 al 30 de septiembre del año 2025., el cual fue aprobado por la interventoría mediante oficio FRO-085-379-2025 del 8 de octubre del 2025.

Sin otro particular,

Quedamos atentos de sus comentarios

Atentamente,



**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**

**Anexo**: 161 folios
**Elaboro: MRV**
**Reviso: EPR**

FRO-085-0383-2025

Bogotá, D.C., 8 de octubre 2025

**Señores**
**CONSORCIO SUBA MT**
**Atn ING. OSCAR JULIAN MORENO**
**Representante Legal**
**Carrera 36 No. 3-41 Ed. Verona 2-Of.1503**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

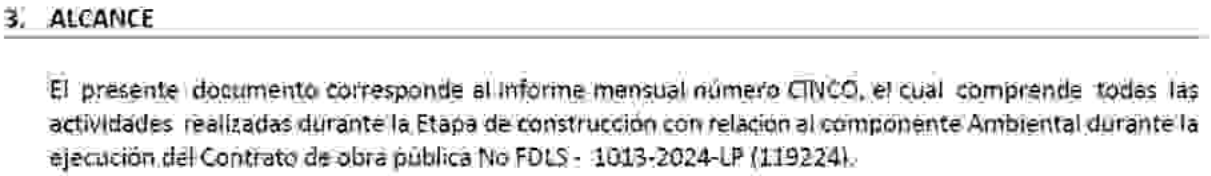
**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO:** RESPUESTA COMUNICADO CE-SUBA MT-1013-2024-196. INFORME MENSUAL AMBIENTAL No.6.V1 CTO-FDLS-1013-2024 (119224).

Respetados Señores:

En atención a la comunicación del asunto, mediante la cual el CONSORCIO SUBA MT entrega el Informe Mensual Ambiental No.6 versión 1 correspondiente al reporte de las actividades ambientales realizadas en el periodo del 1 al 30 de septiembre de 2025, esta interventoría envía las siguientes observaciones para ser atendidas por el contratista de obra:

**3. ALCANCE.** Actualizar el número del informe, toda vez que el informe corresponde al número 6.


3. ALCANCE

El presente documento corresponde al informe mensual número CINCO, el cual comprende todas las actividades realizadas durante la Etapa de construcción con relación al componente Ambiental durante la ejecución del Contrato de obra pública No FDLS - 1013-2024-LP (119224).

**7. COMPONENTE DE GESTIÓN AMBIENTAL – CAPACITACIONES.** Se solicita entregar el soporte de las capacitaciones realizadas en el periodo junto con el registro fotográfico.

**7.2.2. B2. Manejo De Materiales De Construcción.** Se solicita revisar, verificar, validar y actualizar las cantidades de la Tabla 10. Relación de materiales usados, para el periodo de julio de 2025, toda vez que de acuerdo a la certificación Ambiental No. 2347-1569-1044-25 del 9 de septiembre de 2025, las cantidades en razón del material no coinciden.

| PERÍODO | MATERIAL | CANTIDAD (m3) |
|---|---|---|
| Julio 2025 | B-200 | 141 |
| | RAJON | 205 |
| | TRITURADO ½" | 58 |

**7.2.2. B2. Manejo De Materiales De Construcción. CERTIFICACIONES.** Se reitera la solicitud de la entrega de la certificación de los materiales de construcción puestos en obra para el periodo de reporte del mes de agosto de 2025, junto con los vales que soportan la entrega de material en obra.

Así mismo se solicita entregar la certificación de los materiales de construcción puestos en obra para el periodo de reporte del mes de septiembre de 2025, junto con los vales que soportan la entrega de material en obra.

**Generación y Disposición de RCD. Tabla 13. RCD Generados para el periodo.** Se solicita hacer entrega de los vales y certificación de la disposición del material de excavación generado en el periodo del 1 al 30 de septiembre de 2025.

**Tabla 13. Estado De Certificaciones.** Verificar y validar las certificaciones reportadas en la tabla 13. Para el periodo de julio de 2025 se incluye certificación que corresponde al periodo del mes de junio de 2025.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| PERIODO 3<br>1 - 31 DE<br>JULIO 2025 | TEMEX | esente.<br>Disposición<br>Final de RCD<br>Escombros,<br>Excavación y<br>Materiales<br>asfaltos | Rad. AULA– 1500-28<br>AGOSTO 2025d 1480<br>04 Bolsillos de 2m3 | 1425 m3<br>2088.1 Ton | SI<br>CERTIFICACION No. 91285<br>del 10 de AGOSTO de 2025<br>AGOSTO 10 DE 11 de<br>Julio de 2025 |

La certificación de TECNOMINERALES ARENAS Y GRAVAS S.A.S debe incluir el material de excavación recibido en metros cúbicos y toneladas. Se solicita entregar la certificación con el peso (toneladas) entregadas.

Calle 136C entre Cra 158 – Cra 158B, CIV 29 Tramo Calle 136D entre Cra 157A - Cra 158B, CIV 27 Tramo Calle 137 entre Cra 157 - Cra 158B en la ciudad de Bogotá D.C., identificada con el RIN Ambiental N° 27177. Los materiales fueron entregados por el transportador TRANSPORTES AGREGADOS RANGEL SAS identificada con el NIT 901.369.889-3.

La cantidad total de material recibido, son SEISCIENTOS CUARENTA Y CINCO metros cúbicos (645 m³), correspondientes a 43 viajes dobles.

La presente certificación se expide el día 27 del mes de septiembre de 2025, a solicitud del señor Jhon Rangel

**REPORTE RCD – SDA**

En el informe el contratista de obra hace la siguiente afirmación:

«Para el control de los RCD generados se anexan los siguientes formatos los cuales corresponden al reporte mensual que se debe entregar a la Secretaría Distrital de Ambiente:
1. Cantidad de materiales de construcción valorizados de RCD USADOS en obra
2. Anexo IV Constancia de Gestión
3. Anexos V Informe de Aprovechamiento IN SITU»

- Control a la Reutilización de RCD

Para el control de los RCD generados se anexan los siguientes formatos los cuales corresponden al reporte mensual que se debe entregar a la Secretaria Distrital de Ambiente.

1. Cantidad de materiales de construcción valorizados de RCD USADOS en obra
2. Anexo IV Constancia de Gestion
3. Anexos V Informe de Aprovechamiento IN SITU

Sin embargo, en el informe no se reciben todos los soportes y formatos requeridos para hacer el reporte mensual ante la Secretaria Distrital de Ambiente. Por lo anterior se solicita entregar los siguientes soportes en el siguiente orden, para los periodos de reporte del 1 al 31 de agosto de 2025 y el 1 al 30 de septiembre de 2025.

1. DISPOSICIÓN
   - ANEXO 1 NUMERAL 5 DECRETO 507-2023 - MAYO 2025
   - CERTIFICACION SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL
   - ANEXO IV

2. TRANSPORTE RCD
   - Excel CSV

3. APROVECHAMIENTO
   - ANEXO V

Se solicita atender las observaciones en cumplimiento a las obligaciones contractuales con el fin de aprobar el informe y radicarlo a la alcaldía en los términos establecidos.

Atentamente,



**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**
Anexo:
Elaboro: Ambiental
Reviso: oag

FRO-085-388-2025

Bogotá, D.C., 9 de octubre de 2025

**Señores**
**CONSORCIO SUBA MT**
**Atn ING. OSCAR JULIAN MORENO**
**Representante Legal**
**Carrera 36 No. 3-41 Ed. Verona 2-Of.1503**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO:** OBSERVACIONES AL INFORME TÉCNICO MENSUAL No.6 CTO-1013-2024

Respetados Señores:

Dando respuesta a su oficio CE-SUBA MT-1013-2024-195, nos permitimos remitir las observaciones pertinentes al Informe Técnico N.º 6 del contrato 1013-2024.

Quedamos atentos de cualquier inquietud.

Cordialmente,



**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**
**Elaboro: JCR**
**Reviso: R T A**

FRO-085-389-2025

Bogotá, D.C., 09 de octubre de 2025

**Señores**
**CONSORCIO SUBA MT**
**Atn ING. OSCAR JULIAN MORENO**
**Representante Legal**
**Carrera 36 No. 3-41 Ed. Verona 2-Of.1503**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO:** SU OFICIO CE-SUBA MT-1013-2024-084 APROBADO AJUSTES PAVIMENTOS FASE II COP-1013-2024

Respetados señores:

Una vez revisadas y atendidas las observaciones del especialista de pavimentos de la interventoría, se hace entrega del volumen en medio digital debidamente firmado y aprobado.

Se adjunta copia digital en un total de 748 folios

Sin otro particular

Cordialmente



**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**

**reviso: Rta**

CONSORCIO SUBA MT
GRUPO 3

# REVISION Y AJUSTE A DISEÑO DE PAVIMENTOS DEL CONTRATO DE CONSULTORIA 345 DE 2019

OBJETO DEL CONTRATO: EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO (GRUPO 1) EN LA LOCALIDAD DE SUBA EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO

CIV 11005556

SEGMENTO VIAL SOBRE LA CALLE 129D ENTRE LA CARRERA 158ª Y CARRERA 159A

BOGOTÁ D.C, JUNIO DE 2025

## CONTROL DE DOCUMENTOS

| ESTADO REVISIÓN Y APROBACIÓN | NOMBRE | CARGO | FIRMA | FECHA |
|---|---|---|---|---|
| **POR EL CONTRATISTA DE OBRA** | | | | |
| Realizo | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | MAO SEBASTIAN BERMEO |  | JUNIO 2025 |
| **POR LA INTERVENTORIA DE OBRA** | | | | |
| V°. B°. INTERVENTORÍA | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | |  | JUNIO 2025 |

**MODIFICACIONES**

| FECHA | VERSIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN |
|---|---|---|
| 04-06-2025 | 00 | Versión Inicial N° 00 |
| 24-06-2025 | 1.0 | Atención de observaciones de acuerdo a comunicado FRO-085-146-2025 |
| 12-07-2025 | 2.0 | Atención de observaciones de acuerdo a comunicado FRO-085-184-2025 |
| 24-07-2025 | 3.0 | Atención de observaciones de acuerdo a comunicado FRO-085- |

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 7

1. OBJETIVOS Y ALCANCE 8

1.1. OBJETIVOS GENERALES 8
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8
1.3. ALCANCE 8

2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA 10

2.1. LOCALIZACIÓN 10
2.2. CLIMA 11

3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO 13

3.1. PCA 13
3.2. AASHTO 14
3.2.1. SUBRASANTE 14
3.2.2. TRANSITO 15
3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA 15
3.2.4. SERVICIABILIDAD 15
3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD 15
3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 16
3.2.7. CONFIABILIDAD 17
3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J): 17

4. ESTUDIOS PREVIOS 18

4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA 18
4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO 19
4.3. TRANSITO 19
4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO 20
4.5. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO-CONTRACTILES 21
4.6. CONCLUSIONES 21

5. ESTUDIO DE TRANSITO 23

6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 27

6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO 27
6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN: 27
6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 28
6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 30
6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD 30
6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 30
6.1.3. CONFIABILIDAD 30
6.1.2 MÓDULO RESILIENTE 31
6.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO 34
ALTERNATIVA PCA (CIV11005556): 35
ALTERNATIVA AASHTO (CIV11005556): 36

6 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO 41

9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR 43

7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES 45

* CONCRETO HIDRÁULICO 45

* MATERIALES GRANULARES: 45

* MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE 45

8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES 46

9 ANÁLISIS DE RIESGOS 51

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 53

11 PROCESO CONSTRUCTIVO 56

12 FUENTES DE CONSULTA 58

## LISTADO DE TABLAS

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO ..... 10
TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE ..... 14
TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA. 14
TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA ..... 15
TABLA 3-4 ÍNDICE DE SEVICIABILIDAD ..... 16
TABLA 3-5 VALORES DE Co RECOMENDADOS ..... 16
TABLA 3-6 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 17
TABLA 4-1 CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANÁLISIS ..... 18
TABLA 4-2 NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUÍA – GRUPO DE DISEÑO 2 ..... 20
TABLA 4-3 NÚMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V9 – GRUPO 1 - GUIA BAJOS VOLÚMENES IDU ..... 20
TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR ..... 21
TABLA 5-1 TRÁNSITO DE DISEÑO ..... 23
TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142 ..... 23
TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO ..... 24
TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS ..... 24
TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS No. 1 ..... 25
TABLA 5-6 TRANSITO BAJO ANÁLISIS No. 2 ..... 25
TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 28
TABLA 6-2 VALORES DE Co RECOMENDADOS ..... 30
TABLA 6-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 31
Tabla 6-4 Análisis de CBR (%) ..... 32
TABLA 6-5 MÓDULO RESILIENTE ..... 32
Tabla 6-6 Análisis de CBR (%) ..... 33
Tabla 6-7 Valores de K conjunto a partir del capas granulares ..... 35
TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA ..... 35
TABLA 6-9 ALTERNATIVA AASHTO ..... 36
TABLA 6-10 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 37
TABLA 6-11 PASADORES SEGÚN PCA ..... 39
TABLA 6-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA ..... 39
TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA ..... 40
TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR ..... 41
TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR ..... 41
TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 43
TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES ..... 44
TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES ..... 46
TABLA 8-2 ZODMES ..... 48

TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO ..... 51
TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 53
TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11005556) ..... 53
TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 54
TABLA 10-4 CALENDARIO DE ACTUACIONES POR AÑO ..... ¡Error! Marcador no definido.

## LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO ..... 10
FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TÉRMINOS DE PSI ..... 13
FIGURA 4-1 UBICACIÓN DE SEGMENTO DE ACUERDO AL CORREDOR ..... 19
FIGURA 4-2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11005556 ..... 20
FIGURA 4-3 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO ..... 21

## LISTADO DE ANEXOS

**ANEXO 1.** INFORME PREVIO - contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA.

**ANEXO 2.** PLAN DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS.

**ANEXO 3.** MEMORIAS DE CALCULO.

## INTRODUCCIÓN

Se elabora un estudio para la EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE segmento vial CIV 11005556 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

Con el fin de obtener un diagnóstico del corredor, se tiene en cuenta estudios previos en el sector en donde se ejecutó el estudio geotécnico mediante la ejecución de apiques asociado a la evaluación del tránsito, en términos de ejes equivalentes de 80kN.

A partir de la evaluación geotécnica del tramo objeto de estudio realizado por el Consorcio Gevial en el año 2020 bajo el contrato ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL LOCAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA - FDLS-345-2018, se plantean las intervenciones a nivel de pavimentos para los segmentos viales en la localidad de Suba de la ciudad de Bogotá D.C., tomando en consideración las variables que se establecen en la metodología del anexo técnico, caracterizando el perfil estratigráfico por medio de la ejecución de apiques, las cuales son insumo para el diseño de pavimentos, tales como: CBR de la subrasante y el tránsito de diseño evaluado a un periodo de diseño a 10 años. Además de los parámetros implícitos en la metodología de diseño de pavimentos a emplear AASHTO/93.

# 1. OBJETIVOS Y ALCANCE

## 1.1. OBJETIVOS GENERALES

Plantear una propuesta integral de intervención de Pavimento para el segmento vial CIV 11005556 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

## 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, la evaluación geotécnica de las capas que componen la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio.

A partir el uso de herramientas computacionales modelar las estructuras propuestas mediante la metodología AASHTO/93 y con el programa UNALOSA, conocer los esfuerzos y deformaciones actuantes en las estructuras diseñadas.

Plantear recomendaciones generales en cuanto a la conformación de una adecuada plataforma de trabajo, con el fin de garantizar el correcto desempeño de la estructura de pavimento propuesta.

Evaluar estrategias de mantenimiento para garantizar un adecuado comportamiento estructural del pavimento en servicio.

## 1.3. ALCANCE

Por medio del actual informe técnico es presentado el diseño de pavimentos, para el segmento vial CIV 11005556 sobre la Calle 129 entre la Carrera 158A y la Carrera 159A, de la localidad de Suba en la ciudad de Bogotá D.C.

Los capítulos que se incluyen en el presente informe son:

2. Descripción de la Metodología.
3. Metodología de estudio.
4. Trabajos de Campo.
   - ✓ Evaluación geotécnica del tramo de estudio.
5. Estudio de Tránsito.
6. Diseño de la Estructura de Pavimentos.
7. Secciones Transversales.



Calle 35 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

8. Caracterización de materiales.
9. Conclusiones y Recomendaciones.

Se plantearán las intervenciones necesarias a nivel de pavimento.

# 2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

El presente informe se desarrolla como parte de la ejecución del contrato cuyo objeto corresponde al DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE EL SEGMENTO VIAL CIV 11005556 – LOCALIDAD DE SUBA – BOGOTÁ D.C.

## 2.1. LOCALIZACIÓN

El segmento vial CIV 11005556 de la localidad de Suba se encuentra en Bogotá D.C. A continuación, se presenta la localización del sitio objeto de estudio:

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO



FUENTE. GOOGLE.COM

A continuación, se presentan los segmentos a intervenir:

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO

| CIV | Ubicación |
|---|---|
| 11005556 | Calle 129D entre la Carrera 158ª y Carrera 159A |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

## 2.2. CLIMA

Bogotá D.C. tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C, son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)[1].

| | | |
|---|---|---|
| Temperatura promedio | = | 20 °C |
| Precipitación media anual | = | 1258 mm/año |

### 2.2.1. CLIMA SUBA

El clima en Suba, Bogotá, se caracteriza por ser fresco y variable, con temperaturas que oscilan entre los 10°C y 20°C, y con alta probabilidad de lluvia, especialmente en las tardes. La localidad también experimenta días nublados y con variaciones en la intensidad del viento. 2.

- **Temperatura:**

Generalmente se mantiene entre 10°C y 20°C, con sensaciones térmicas que pueden ser más bajas por la humedad y el viento.

- **Lluvias:**

Es común la presencia de lluvia, especialmente por las tardes, y puede haber días con alta nubosidad.

- **Viento:**

El viento suele ser variable, con velocidades que pueden alcanzar hasta 13 km/h, y puede provenir del suroeste o el este.

- **Humedad:**

La humedad puede ser alta, especialmente en días de lluvia, lo que puede afectar la sensación térmica.

- **Calidad del aire:**

La calidad del aire en Suba suele ser buena, pero puede haber variaciones.

[1] ESTACION IDEAM 2120822- UNIVERSIDAD NACIONAL
[2] Página AccuWeather



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

12

## 2.2.2. CLASIFICACIÓN DEL CLIMÁTICA

Teniendo en cuenta el manual de diseño de pavimentos asfálticos del INVIAS, se considera que la zona de diseño se encuentra en una región R2 – Región templado semihúmedo; como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 2-2 REGIONES CLIMÁTICAS SEGÚN LA TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN

| Nro | Región | Temperatura TMAT [°C] | Precipitación media anual [mm] |
|---|---|---|---|
| R1 | Frío seco y frío semihúmedo | < 13 | < 2.000 |
| R2 | Templado seco y templado semihúmedo | 13-20 | < 2.000 |
| R3 | Cálido seco y cálido semihúmedo | 20-30 | < 2.000 |
| R4 | Templado húmedo | 13-20 | 2.000-4.000 |
| R5 | Cálido húmedo | 20-30 | 2.000-4.000 |
| R6 | Cálido muy húmedo | 20-30 | > 4.000 |

FUENTE. MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS DEL INVIAS.

Partiendo de esta región, el manual de diseño recomienda las condiciones de humedad para el ensayo de CBR, parámetro fundamental de diseño. En este caso, la tabla 3 del manual, recomienda que el ensayo se realice en una condición sumergido, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 2-3 PRECIPITACIÓN Y CONDICIONES DE HUMEDAD PARA EL ENSAYO

| Nro | REGIÓN | TEMPERATURA TMAT [°C] | PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL [mm] | CONDICIONES DE HUMEDAD PARA EL ENSAYO |
|---|---|---|---|---|
| R1 | Frío seco | < 13 | < 1.000 | Sin saturar y Sumergido a 4 días |
| | Frío | 13 | 1.000 – 2.000 | Sumergido |
| R2 | Templado seco | 13 – 20 | < 1.000 | Sin saturar y Sumergido a 4 días |
| | Templado semihúmedo | 13 – 20 | 1.000 – 2.000 | Sumergido |
| R3 | Cálido seco | 20 – 30 | < 1.000 | Sin saturar y Sumergido a 4 días |
| | Cálido semihúmedo | 20 – 30 | 1.000 – 2.000 | Sumergido |
| R4 | Templado húmedo | 13 – 20 | 2.000 – 4.000 | Sumergido |
| R5 | Cálido húmedo | 20 – 30 | 2.000 – 4.000 | Sumergido |
| R6 | Cálido muy húmedo | 20 – 30 | > 4.000 | Sumergido |

FUENTE. MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS DEL INVIAS.



Calle 38 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125851487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

# 3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

## 3.1. PCA

La metodología relacionada a continuación corresponde al tramo vial objeto de estudio, resaltando como objetivo principal la definición de las estrategias de intervención a nivel de pavimento.

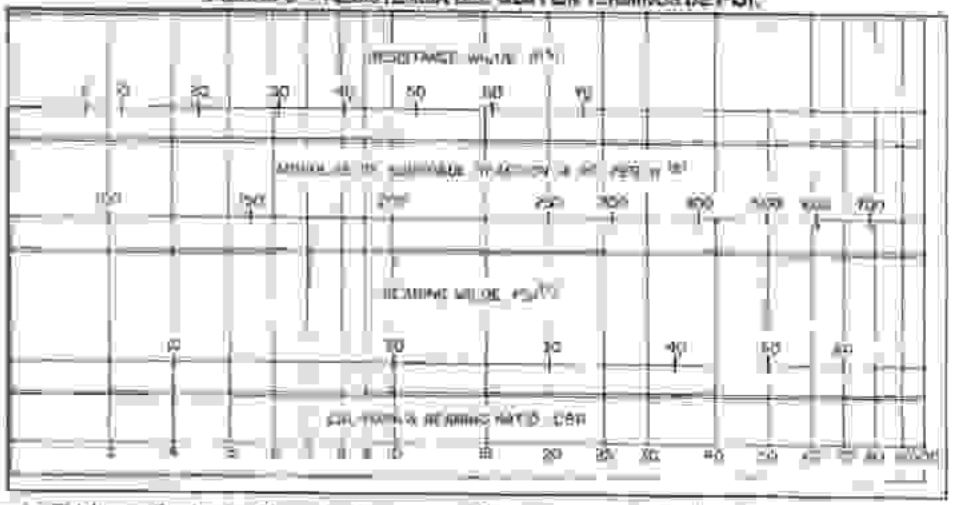
En general se considera que la intervención característica a realizar será la de diseño de la estructura del pavimento.

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.

FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TERMINOS DE PSI.



Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE

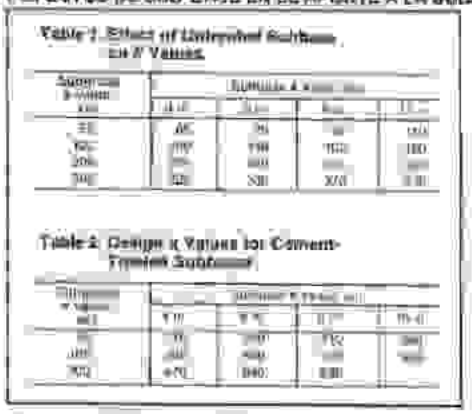


Table 1. Effect of Uniformly Distributed Support on k Values

| Subgrade k-value, pci | Composite k-value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 9 in. | 12 in. |
| 50 | 65 | 75 | 85 | 95 |
| 100 | 130 | 140 | 160 | 180 |
| 200 | 220 | 240 | 260 | 290 |
| 300 | 320 | 340 | 370 | 410 |

Table 2. Design k Values for Cement-Treated Subbases

| Subgrade k-value, pci | Composite k-value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 9 in. | 12 in. |
| 50 | 110 | 130 | 170 | 220 |
| 100 | 180 | 210 | 270 | 340 |
| 200 | 310 | 360 | 450 | 550 |
| 300 | 470 | 540 | 680 | 820 |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984

## 3.2. AASHTO

A continuación, se describe las variables que se consideran en el método AASHTO:

### 3.2.1. SUBRASANTE

Caracterizada a través del módulo de reacción de la subrasante K (en pci). Si la losa se apoya directamente sobre la subrasante, el K que se utiliza en el diseño es aquel que se obtenga de la subrasante. Sin embargo, cuando la losa se apoya sobre una capa granular de subbase o base o sobre un material estabilizado con cementante hidráulico, el K de manera obvia incrementa.

TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA

| K subrasante | | Valores de K | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Capa granular en bandeja | | | | | | | |
| | | 10 cm | | 15 cm | | 22.5 cm | | 30 cm | |
| MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci |
| 20 | 73 | 33 | 95 | 39 | 95 | 51 | 117 | 58 | 140 |
| 30 | 110 | 42 | 165 | 49 | 180 | 62 | 210 | 68 | 245 |
| 40 | 145 | 64 | 235 | 69 | 255 | 76 | 280 | 80 | 330 |
| 60 | 215 | 87 | 320 | 93 | 330 | 100 | 370 | 112 | 430 |
| K subrasante | | Capa estabilizada con cementante hidráulico | | | | | | | |
| MPa/m | pci | 10 cm | | 15 cm | | 30 cm | | 25 cm | |
| 20 | 73 | 80 | 220 | 80 | 290 | 105 | 400 | 135 | 500 |
| 30 | 107 | 105 | 370 | 110 | 400 | 185 | 680 | 230 | 850 |
| 40 | 220 | 145 | 520 | 160 | 590 | 245 | 900 | | |

Fuente: AASHTO. Guide for Design of Pavement Structures 1993



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125881487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

### 3.2.2. TRANSITO

Esta variable es difícil de establecer y caracterizar ya que los vehículos que circulan por una vía presentan diferentes magnitudes, configuraciones de ejes, presiones de inflado, velocidad de circulación y número de llantas. Por lo general se caracteriza a través del número de ejes equivalentes de 8.2 o 13 toneladas que circulan en el carril y el periodo de diseño (N) 3. De igual forma, es precisa que los cálculos y los desarrollos se sustentan en número de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas.

### 3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA

Los parámetros mecánicos con los cuales se caracteriza la losa de concreto son el módulo elástico Ec y el de rotura MR en psi, medidos a los 28 días

### 3.2.4. SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Índice de serviciabilidad (ΔPSI=Po -Pf). Valores recomendados para determinar el valor de Pf para pavimento rígido se presentan en la tabla:

TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA

| Tipo de Carretera | Periodo de Diseño (Años) |
|---|---|
| Urbana de tránsito elevado | 30 - 50 |
| Interurbana de tránsito elevado | 20 - 50 |
| Pavimentada de baja intensidad de tránsito | 15 - 25 |
| De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava | 10 - 20 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Inicialmente esta condición se cuantificó a través de la opinión de los conductores, cuyas respuestas se tabulaban en la escala de 5 a 1:

[3] Pavimentos Asfálticos, Hugo Rondón

TABLA 3-4 ÍNDICE DE SEVICIABILIDAD

| Índice de Servicialbilidad (PSI) | Calificación |
|---|---|
| 5 – 4 | Muy buena |
| 4 – 3 | Buena |
| 3 – 2 | Regular |
| 2 – 1 | Mala |
| 1 – 0 | Muy mala |

Fuente: AASHTO. Guide for Design of Pavement Structures 1993

Antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final. El índice de servicio inicial po depende del diseño y de la calidad de la construcción.. En los pavimentos flexibles estudiados por la AASHTO, el pavimento nuevo alcanzó un valor medio de po = 4,2.

## 3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las características del material, la calidad del dranaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

TABLA 3-5 VALORES DE Cd RECOMENDADOS

| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próximos a la saturación | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 – 5% | 5 – 25% | Más de 25% |
| Excelente | 1.25 – 1.20 | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 |
| Buena | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 – 1.05 | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 |
| Muy pobre | 1.00 – 0.95 | 0.90 – 0.80 | 0.80 – 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO. Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.7. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla:

TABLA 3-8 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R (%) | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Colectoras | 80.0 – 95.0 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R (%) | 50 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 96 | 99.9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zr | -0.000 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -1.751 | -3.750 |

| Proyecto de pavimento | S |
|---|---|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J):

Es un parámetro adimensional que tiene en cuenta la capacidad que tienen los pasadores en una estructura de pavimento rígido de transferir o distribuir cargas en la zona más propensa a fallar (juntas). Este parámetro adicionalmente tiene en cuenta el efecto que genera sobre las juntas y sobre la transferencia de carga el confinamiento lateral de la losa.

Para juntas con pasadores, el valor recomendado de J es 2.7 y 3.2, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente. Para juntas sin pasadores, los valores de J pueden llegar a aumentar hasta 4.2 y 4.4, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente.

El espesor de la losa de concreto (D, en pulgadas) que compone la estructura del pavimento rígido se determina a través de la ecuación:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \cdot S_o + 7.35 \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624\times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 p_t)\log_{10}\left[\frac{S_c' C_d (D^{0.75}-1.132)}{215.63 J \left(D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}}\right)}\right]$$

## 4. ESTUDIOS PREVIOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta la evaluación geotécnica de la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio. A continuación, se presenta lo relacionado:

### 4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA

La subrasante del corredor, está conformado por arcilla de baja compresibilidad CL.

Las arcillas de baja plasticidad CL se evidencian como materiales plásticos, con porcentaje de pasa 200% de 63.4% y porcentaje de arena de 36.60%. El CBR de este material en condiciones de inmersión es de 2.47% sin potencial expansivo.

Como es común en los suelos de esta localidad es necesario la estabilización y/o mejoramiento del mismo, esto, con el fin de tener una capacidad de soporte adecuada para la estructura del pavimento y el transito proyectado, dado que el **CBR promedio y de diseño es 2.47%**; es decir, se evidencia un material de una capacidad baja. Las propiedades anteriormente descritas se pueden evidenciar en la siguiente tabla:

TABLA 4-1 CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANÁLISIS



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 – "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA



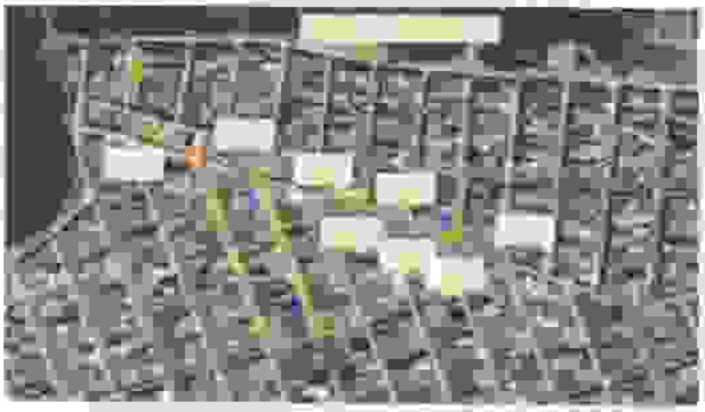
Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

19

## 4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO

Los corredores de diseño 3 se encuentran conformados cada uno por dos segmentos viales. Por su parte, el corredor 3 se compone de cinco (5) segmentos viales, mientras que los corredores 4, 5, 6 y 7 por tres (3) CIVs respectivamente y, finalmente el corredor 8 por cuatro (4) segmentos, según se muestra a continuación:

FIGURA 4-1 UBICACIÓN DE SEGMENTO DE ACUERDO AL CORREDOR



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

**Grupo 3:** Localizado en la Calle 129D entre la Carrera 158A y Carrera 159A y se encuentra conformado por el segmento vial 11005556.

## 4.3. TRANSITO

Del informe de "*Estudio de Tránsito V2* – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 3, el cual en su gran mayoría son vías peatonales (V9) es menor, en términos de ejes equivalentes de 8.2 T, al mínimo indicado por la Guía de diseño pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías Locales para Bogotá D.C, por lo tanto se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 615.000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 4-2 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUÍA – GRUPO DE DISEÑO 2



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO

Del informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 3:

TABLA 4-3 NUMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V3 – GRUPO 1 - GUÍA BAJOS VOLÚMENES IDU



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor:

FIGURA 4-2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11005556




FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

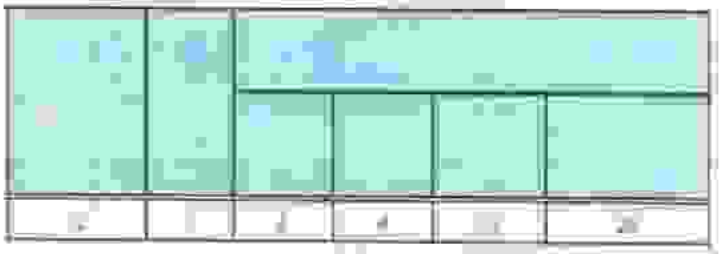


Calle 38 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125881487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

21

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor:

TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PUBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.5. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO CONTRÁCTILES

Si bien en los capítulos anteriores se presentaron las zonas en las cuales se detectó la presencia de suelos con susceptibilidad contracto expansiva, es necesario que durante la etapa de construcción de las obras se evalúe de forma constante y permanente la calidad y tipología de los suelos de Subrasante con el objetivo de detectar zonas adicionales con presencia de suelos expansivos, ya que de darse esta situación deberá darse, también, el tratamiento que se indica en el presente capítulo.

- Construir la estructura de pavimento definida en los estudios, contemplando el material de mejoramiento correspondiente.

FIGURA 4-3 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.6. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" se presentan las siguientes conclusiones:

• La gran mayoría de las vías de este grupo de diseño son vías V9 las cuales son peatonales, lo que implica un diseño tendiente a pavimento articulado por el menor costo que esta alternativa representa. Por su parte, en las vías vehiculares se propone una estructura de pavimento flexible convencional.

• Se llevaron a cabo apiques o calicatas en cada CIV de diseño de donde se obtiene el perfil estratigráfico y se tomaron muestras para la caracterización principalmente de los suelos de subrasante. Los ensayos que se realizaron corresponden a humedad natural, gradación, límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico), eventualmente ensayos de límites de contracción y CBR's inalterado de la subrasante.

• De acuerdo con los resultados de la información geotécnica, apiques y ensayos de laboratorio, los suelos de subrasante son muy pobres y de muy baja capacidad de soporte y además en algunos casos los suelos han presentado características expanso contráctil dado por la expansión en ensayos de CBR y límites de contracción.

• Existe una perfecta correlación entre la Geología Regional del sector específico de Suba y las condiciones de subrasante obtenidas de la caracterización de la subrasante.

• El dimensionamiento de las estructuras de pavimento corresponde al diseño con el CBR en condiciones saturadas que a pesar de que es la condición más crítica, esta situación se evidencia por la cercanía al río Bogotá.

• Se plantean dos (2) alternativas de diseño enfocadas en el tipo de estabilización de la subrasante, pero sin cambiar la tipología de las estructuras, lo que se da en beneficio directo del proyecto.

• El dimensionamiento de las estructuras de pavimento se llevó a cabo bajo la metodología de la Guía de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C., para el caso de vías en pavimento articulado y la metodología AASHTO-93 para el dimensionamiento de las estructuras en pavimento flexible.

## 5. ESTUDIO DE TRANSITO

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta el tránsito para el segmento vial CIV 11005556;

Del Informe de "Estudio de Tránsito V2" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 2, se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 615.000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 5-1 TRÁNSITO DE DISEÑO



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 – "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

### Análisis 1:

De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un conteo que se relaciona con la estación No. 2, ubicada en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 142 hasta la Calle 139 y se reportaron los siguientes resultados:

TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

Teniendo en cuenta que el tránsito de estudio previos obedece a 650.000 ejes equivalentes de 8.2, se presenta la siguiente equivalencia para estimar el tránsito en repeticiones esperadas por tipo de vehículo, es necesario aplicar factores de equivalencia de carga (FEC) específicos para cada vehículo. Estos factores reflejan el daño relativo que cada tipo de vehículo genera al pavimento en comparación con un eje estándar de 8.2 toneladas. A continuación, se presenta la siguiente estimación de composición vehicular:

TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO

| | |
|---|---|
| Autos | 0 |
| Microbuses | 0.4 |
| Busetas | 0.4 |
| Bus Intermunicipales | 1.0 |
| C2P | 1.14 |
| C2G | 3.44 |
| C3-C4 | 3.76 |
| C5 | 4.8 |
| >C5 | 4.72 |

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE MEDIOS Y ALTOS VOLUMENES DE TRÁNSITO COLOMBIA

Teniendo en cuenta la tabla anterior, se utilizan los FEC por cada vehículo y se obtienen los siguientes resultados:

TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS

| Tipo | Cantidad | FEC estimado | Repeticiones equivalentes |
|---|---|---|---|
| Automóvil | 2026 | 0 | 0 |
| Microbús | 235 | 0,4 | 94 |
| Buseta | 110 | 0,4 | 44 |
| Bus-Inter | 2 | 1 | 2 |
| C2P | 215 | 1,14 | 245,1 |
| C2G | 151 | 3,44 | 519,44 |
| C3 | 5 | 3,76 | 18,8 |
| C3-S2 | 0 | 3,76 | 0 |
| C3-S3 | 29 | 3,76 | 109,04 |
| Moto | 943 | 0 | 0 |
| Bicicleta | 882 | 0 | 0 |
| Total Repeticiones Día | | | 1032,38 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Con una proyección de periodo de diseño se tiene para 20 años, crecimiento del tráfico anual del 3%, y 365 días al año.

Se usa esta fórmula para estimar las repeticiones acumuladas:



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850287
consorciosubamt@gmail.com

$$N = 365 \times ESAL_{diseño} = 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

N=10.125.259 repeticiones equivalentes de 8.2 toneladas.

El valor estimado de repeticiones acumuladas a 20 años se derivó del aforo vehicular realizado el miércoles 19 de noviembre de 2019 en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 139, correspondiente a la estación No. 2 del estudio de tránsito. Para el diseño de la estructura de pavimento del segmento CIV 11005556, y con el fin de evitar una sobredimensión innecesaria, se adopta un enfoque de diseño conservador pero seguro, basado en datos reales. En consecuencia, se considera únicamente el 8% del volumen total registrado en dicho aforo, dado que los datos corresponden a una intersección con un flujo vehicular elevado en comparación con el tramo objeto de análisis. Esta proporción se justifica por la necesidad de ajustar el diseño a condiciones operativas más representativas del segmento vial intervenido, manteniendo al mismo tiempo un margen de seguridad estructural.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se presenta la siguiente tabla resumen con las repeticiones estimadas:

TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS No. 1

| Peso (toneladas) | Repeticiones |
|---|---|
| 8.2 | 810.020 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**Análisis 2:**

De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un tránsito 650.000 ejes equivalentes de 8.2 para la estimación que se hizo en el informe del año 2019. A continuación, se presenta el análisis a considerar.

TABLA 5-6 TRANSITO BAJO ANÁLISIS No. 2

| Tasa de crecimiento: 3% | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Año 2019 | Año 2020 | Año 2021 | Año 2022 | Año 2023 | Año 2024 | Año 2025 |
| 650000 | 669500 | 689585 | 710273 | 731581 | 753528 | 776134 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La tabla presentada se construyó a partir de las estimaciones de tránsito reportadas en los estudios previos del componente de tránsito correspondientes al año 2019. No obstante, considerando que el año base para el análisis es 2025, se realizó una proyección del volumen de tránsito aplicando una tasa de crecimiento anual del 3% (informe de tránsito



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. - Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

de, EDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA). Esta proyección tiene como objetivo establecer un criterio de diseño bajo condiciones conservadoras y seguras, sin incurrir en una sobredimensión innecesaria de la estructura del pavimento.

Finalmente, es importante resaltar que el presente análisis se basa en los estudios previos desarrollados en el marco del contrato No. 345-2018, específicamente en la información contenida en el estudio de tránsito elaborado en dicha consultoría. Con fundamento en estos antecedentes y considerando los datos de volúmenes vehiculares y composición del tráfico reportados, se proyecta un valor de tránsito acumulado de **776.134 vehículos equivalentes** para el horizonte de diseño. Este valor constituye la base para el dimensionamiento estructural, en concordancia con los lineamientos técnicos establecidos en las metodologías de diseño vial vigente.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861497 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

# 6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

En el desarrollo del presente estudio se diseñará la alternativa de diseño:

- Pavimento rígido mediante el método de la Portland Cement Association PCA 84.
- Pavimento rígido mediante el método AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

## 6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO

Al presentar una propuesta de diseño del pavimento, es necesario considerar tres variables fundamentales, como lo son: la exploración geotécnica (determinar las características del perfil estratigráfico existente), la evaluación estructural del pavimento (evaluación del deterioro superficial), diseño geométrico (rasante) y las cargas de tránsito proyectadas en el periodo de intervención.

Como fue indicado en el Alcance del documento, este informe busca definir la propuesta de intervención a nivel de pavimento para el CIV11005556

- **MATERIALES**

Los materiales deberán cumplir con las especificaciones IDU-18, resolución 010910 del 27 de diciembre de 2019 de la siguiente manera:

- Capas de concreto hidráulico. IDU-800-18.
- Capas de material granular. IDU-300-18.
- Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales. IDU-410-18.

### 6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN:

**Alternativa**

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogeneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidraulico de 16 cm de espesor (MR: 4.1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

(*) Tener presente que en la actual etapa NO se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos.

TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Tramo de Estudio | Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (in) |
|---|---|---|
| CIV11005556 | Rígido | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón en un espesor 30 cm. Incluye sello de 10 cm de material granular. |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **CLIMA Y TEMPERATURA**

Bogotá D.C. tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C, son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)[4].

Temperatura promedio = 20 °C
Precipitación media anual = 1258 mm/año

### 6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO

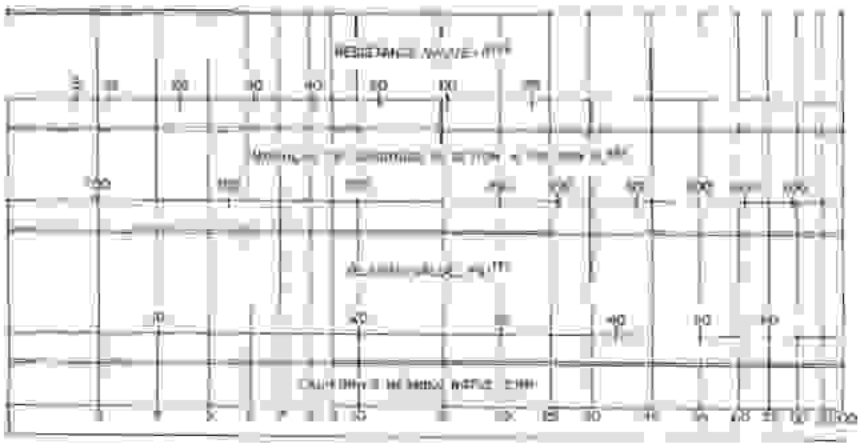
Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga

[4] ESTACION IDEAM 21205020- UNIVERSIDAD NACIONAL

- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.



Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements. Portland Cement Association, 1984.

**Table 1. Effect of Untreated Subbase on k Values.**

| Subgrade k value pci | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 9 in. | 12 in. |
| 50 | 65 | 75 | 85 | 110 |
| 100 | 130 | 140 | 160 | 190 |
| 200 | 210 | 230 | 270 | 320 |
| 300 | 320 | 330 | 370 | 430 |

**Table 2. Design k Values for Cement-Treated Subbases**

| Subgrade k value pci | Subbase k Value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 8 in. | 10 in. |
| 50 | 170 | 230 | 310 | 380 |
| 100 | 230 | 300 | 420 | 540 |
| 200 | 470 | 640 | 830 | |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements. Portland Cement Association. 1984.

### 6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO

Para al diseño del pavimento rigido se mediante el método AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Periodo de diseño: **20 años.**

### 6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Indice de Serviciabilidad: 4.2 – 2.0.

### 6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de dranaja Cd: 0.80 – Regular para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

TABLA 6-2 VALORES DE Cd RECOMENDADOS

| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesto a grados de humedad proxima a la saturacion | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 – 5% | 5 – 25% | Más de 25% |
| Excelente | 1.25 – 1.20 | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 |
| Muy malo | 1.00 – 0.95 | 0.90 – 0.80 | 0.80 – 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 6.1.3. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla:

TABLA 8-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R (%) | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Colectoras | 80.0 – 95.0 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R (%) | 50 | 60 | 75 | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 98 | 99.90 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Z_r$ | 0.000 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -2.054 | -3.750 |

| Proyecto de pavimento | $S_o$ | |
|---|---|---|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Valor So: 0.35.
Modulo de elasticidad concreto: 4.228.920 psi.
$f_c'$ = 5500 psi

$$E = 57{,}000 \cdot \sqrt{f_c'}$$

E = módulo de elasticidad en psi
$f_c'$ = resistencia a compresión del concreto en psi

Módulo de rotura concreto: 4.1 MPa = 594 PSI.
Coeficiente de transferencia de carga (J): 2.7 para juntas con pasadores.

### 8.1.2 MÓDULO RESILIENTE

De acuerdo con Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" efectuada en el tramo objeto de estudio, el módulo Resiliente–MR, corresponderá a los valores de resistencia de la subrasante obtenidos en los ensayos de CBR en Inmersión, los cuales fueron registrados en el capítulo de Estudios previos:

El valor de **CBR promedio y de diseño es 2.47%**

TABLA 6-4 ANÁLISIS DE CBR (%)

| CBR DE DISEÑO |
|---|
| 2.47 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con lo anterior, el módulo se correlaciona con el valor promedio de los valores de CBR de laboratorio en inmersión (Capítulo de Estudios Previos), teniendo en cuenta la ecuación-14, para CBR<10%, de la Guía para diseño de estructuras de pavimento de AASHTO/1993.

$$Mr = 1500 * CBR, \text{ (psi) (14)}$$

Si CBR<10%

TABLA 6-5 MÓDULO RESILIENTE

| Tramo de Estudio | CBR diseño (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|
| CIV 11005556 | 2.47 | 3705 | 25.54 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, se requiere realizar un mejoramiento de la subrasante, para lo cual se propone la realización de un mejoramiento con material tipo rajón (IDU No. ET-410-18), al que se le establecen las siguientes características:

- Espesor de mejoramiento mínimo: 30 cm

Con base en estas características, se determina las características del CBR mejorado con la metodología de IVANOV, de acuerdo a la siguiente formulación, donde:

Esquiv: Módulo Resiliente compuesto de la subrasante mejorada

Einf: Módulo Resiliente capa inferior

N: Parámetro de rigidez, determinado a partir de los módulos de las capas inferior y superior

A: Radio de carga

H: Espesor de la capa de mejoramiento o capa superior

$$h = \frac{2A}{N} * \tan\left[\frac{1 - Einf/Equiv}{\frac{2}{\pi} * \left(1 - 1/N^{3.5}\right)}\right] \quad (15)$$

$$N = \left[\frac{Esup}{Einf}\right]^{3}$$

El módulo de la cada inferior es estimado a partir de la siguiente expresión:

$$E = 10 * CBR(\%) \quad (16)$$

El módulo de la capa superior, tomando en consideración que el módulo de las capas granulares es dependiente del estado de esfuerzos y confinamiento de las capas, se determina a partir de la ecuación de Shell, en función del espesor de capa de mejoramiento y el módulo de la capa inferior mediante la expresión.

$$Esup = 0.204 * Einf * H^{0.45} \quad (17)$$

| CBR de subrasante | Módulo de subrasante | | Módulo de mejoramien | Espesor mejoramiento | Módulo combinado de Subrasante+Mejoramiento | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CBR de SBR (%) | Esr (MPa) | Esr (kg/cm$^2$) | Ege (MPa) | Hge (cm) | Eeq (kg/cm$^2$) | Eeq (MPa) | CBR (%) |
| 2,47 | 24,70 | 251,9 | 76,9 | 30,0 | 906,9 | 5031 | 50 |

TABLA 6-6 ANÁLISIS DE CSR (%)

| Tramo de Estudio | Mejoramiento de la subrasante (m) | CBR Equivalente (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|---|
| CIV11005556 | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón en un espesor 30 cm. Incluye sello de 10 cm de material granular. | 5 | 7500 | 51,71 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 6.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO

Es este capítulo se presentan las estructuras de pavimento definidas para las vías del proyecto y el espacio público. Se incluyen las estructuras de pavimentos y los espesores de sus capas. En el Anexo se presentan las memorias de cálculo del diseño.

- Pavimento rígido con losas de concreto apoyadas sobre sub-base granular.

Para el diseño del pavimento rígido se empleará la metodología PCA 84 y se realizará la realizará la verificación de esfuerzos y deformaciones con el software EverFe

### PARÁMETROS DE DISEÑO

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Período de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU MR41.
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

### MÓDULO DE REACCIÓN k DE LA SUPERFICIE DE LA SUBRASANTE

El valor de k se puede determinar mediante la siguiente correlación con el CBR:

$$k_{[psi/in]} = 0.23 + 3.15 \log CBR$$

$$k_{[psi/in]} = 36.05\, k_{[psi/in]} \qquad (14)$$

k= 138.78 lb/pulg3

El valor mostrado anteriormente se obtiene a partir del CBR mostrado anteriormente correspondiente a 5.0%, teniendo en cuenta el valor de mejoramiento con rajón en un espesor de 30 cm, con sello de 10 cm de material granular

## ALTERNATIVA PCA (CIV11005556):

La sub-base se recomienda para prevenir el fenómeno de bombeo, y su presencia aumenta la capacidad de soporte de pavimento optimizando el espesor de la losa de concreto. A continuación, se presenta el incremento que se puede obtener mediante la instalación de 15 cm de sub-base:

TABLA 6-7 VALORES DE K CONJUNTO A PARTIR DEL CAPAS GRANULARES

| Valor de K para subrasante | | Valor de K para sub base granular | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100 mm | | 150 mm | | 225 mm | | 300 mm | |
| Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 |
| 20 | 73 | 23 | 85 | 28 | 98 | 32 | 117 | 38 | 140 |
| 40 | 147 | 45 | 165 | 49 | 180 | 57 | 210 | 69 | 245 |
| 60 | 220 | 64 | 235 | 68 | 245 | 76 | 280 | 90 | 330 |
| 80 | 295 | 87 | 320 | 90 | 330 | 100 | 370 | 117 | 430 |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

De acuerdo con el valor de k obtenido a partir de un CBR de 5.0%, ingresamos con el valor de 138.78 lb/pulg3 (38.02 Mpa/m) para obtener el valor de k conjunto de = 45.2 MPa/m (165.07 lb/pulg3) mediante la aplicación de una capa de sub granular de 15 cm.

Teniendo en cuenta lo citado anteriormente y a partir de la utilización del software computacional BS-PCA se obtiene un espesor de losa de 16 cm, tal como se muestra a continuación:

TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA



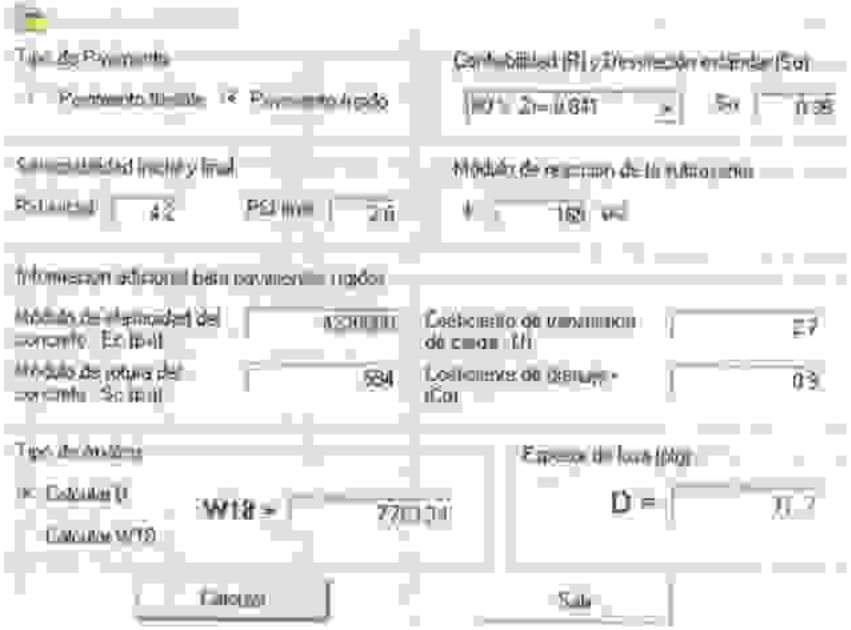

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En el anexo se encuentra la memoria de cálculo.

**ALTERNATIVA AASHTO (CIV11005556):**

La alternativa para la metodología AASHTO, presenta el siguiente resultado:

**TABLA 8-9 ALTERNATIVA AASHTO**




**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

Teniendo en cuenta la metodología AASHTO, el espesor de la losa es de 16 cm.

**Calidad del concreto**

La resistencia a la flexión se expresa en su Módulo de Rotura. Para el presente diseño, se propone un módulo de rotura de 4,1 MPa.

**Transferencia de Carga**

Se considera el diseño con pasadores.

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR: 4,1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con lo anterior, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

TABLA 6-10 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura (*) | |
|---|---|---|---|
| | | Descripción | Espesor (cm) |
| Rígido | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo cajón ET 410-19 de forma puntual en un espesor de 30 cm. Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub-base granular | Concreto Hidráulico | 16 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con relleno | 30 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

(*) Generalmente, la metodología PCA tiende a arrojar un espesor de losa mayor que la metodología AASHTO. Esto se debe a que PCA evalúa directamente los esfuerzos que actúan sobre la losa (tracción, flexión y tensiones térmicas), considerando condiciones críticas como carga en el borde, expansión térmica, fricción entre losas y gradientes de temperatura, lo cual conduce a diseños más conservadores en ciertos contextos, especialmente en aplicaciones industriales o con alta variabilidad térmica.
En cambio, AASHTO se basa en modelos empíricos ajustados a condiciones de prueba específicas (AASHO Road Test), por lo cual sus resultados pueden ser menos conservadores, especialmente fuera de los rangos para los cuales se calibró la ecuación.

**Modulación de losas:**

El concreto hidráulico como superficie de rodadura, se encuentra sujeto a diferentes esfuerzos, entre los cuales se encuentran: cargas de tránsito, contracción y expansión del concreto (el concreto al endurecer ocupa menos volumen que cuando está fresco) y diferenciales de temperatura o humedad entre la fibra superior y la inferior, entre otras. Con el fin de contrarrestar estos esfuerzos, no es suficiente el proporcionar un espesor adecuado, sino proyectar juntas longitudinales y transversales que impiden un fisuramiento temprano del concreto, estas juntas deben estar diseñadas técnicamente, mediante el empleo de los siguientes criterios:

***Espaciamiento de Juntas***

- ✓ La separación de las juntas transversales se encuentra en función del espesor del pavimento, mediante la relación:

$$S = (21 \text{ a } 24)\, d$$

*Ecuación 1*

Donde,
S = Separación de la junta
d = espesor del pavimento

21 = Para valores máximos de fricción entre la base y el pavimento.
24 = Para valores normales de fricción entre la base y el pavimento.

*Para el espesor del CIV11005556 de 16 cm la separación máxima entre juntas transversales es de 2.60m*

La relación entre el largo y el ancho de la losa debe encontrarse entre un intervalo de 1 y 1,25.

$$1,0<largo/ancho<1,25$$

En función del espesor de la losa, la longitud de la losa debe ser máximo 25 veces el valor del espesor.

$$L \leq 25\ H$$
$$L_{20} \leq 5,0$$
$$L_{30} \leq 7,5$$

Donde:
L: Longitud de la Losa
H: Espesor de la Losa (m)

Teniendo en cuenta que el segmento vial tiene un ancho aproximado de 5.2 (2.60 por losa) metros la relación de esbeltez, igual a 1.0 la longitud es de 2.60, para losas de espesores de 16 cm. Sin embargo, es importante aclarar que la longitud y ancho de la losa están en función de la geometría de la vía, considerando los criterios antes citados en términos de esbeltez.

**Transferencia Mecánica de Carga**

Aunque es preciso reconocer que los agregados ofrecen mediante su trabazón un grado de transferencia de carga; debido al tráfico de la vía en estudio es necesario implementar una transferencia de carga mecánica mediante la disposición de dovelas (barras de acero lisas insertadas en las juntas) que buscan transferir cargas sin restringir el movimiento horizontal.

Pasadores: Considerando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para una losa cuyos espesores de 16 cm se requiere el empleo de pasadores lisos, constituidos por Barras de 3/4" de diámetro, de 35 cm de longitud y separación entre centros de 30 cm.


Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3126661457 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

TABLA 8-11 PASADORES SEGÚN PCA

| ESPESOR DE LOSA (pulg) | DIÁMETRO DEL PASADOR (pulg) | LONGITUD (pulg) | ESPACIAMIENTO (pulg) |
|---|---|---|---|
| 6 | 5/8 | 12 | 12 centro a centro |
| 7 | 7/8 | 14 | |
| 8 | 1 | 14 | |
| 9 | 1 1/8 | 16 | |
| 10 | 1 1/4 | 18 | |
| 11 | 1 3/8 | 18 | |
| 12 | 1 1/2 | 20 | |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Barras de anclaje: Tomando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para un ancho de carril de 2.80 m y un espesor de losa de 16 cm, en las juntas longitudinales se emplearán barras corrugadas de ½" pulgada de diámetro, de fy = 280.0 MPa, con una longitud de 0,60 m y una separación entre las mismas de 0,60 m.

TABLA 8-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA

| Espesor losa (mm) | Varillas de ½" | |
|---|---|---|
| | Long (mm) | Separación entre centros (m) |
| | | Carril 2.60 m |
| 150 | 600 | 0,60 |
| 175 | | 0,60 |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Es fundamental asegurar la correcta alineación y nivelación de pasadores y dovelas para garantizar una transferencia de carga eficiente y evitar concentraciones de esfuerzo.

Durante la construcción, se debe verificar la correcta colocación y fijación de los pasadores y dovelas antes del vertido del concreto.

**Esfuerzo y deformación:**

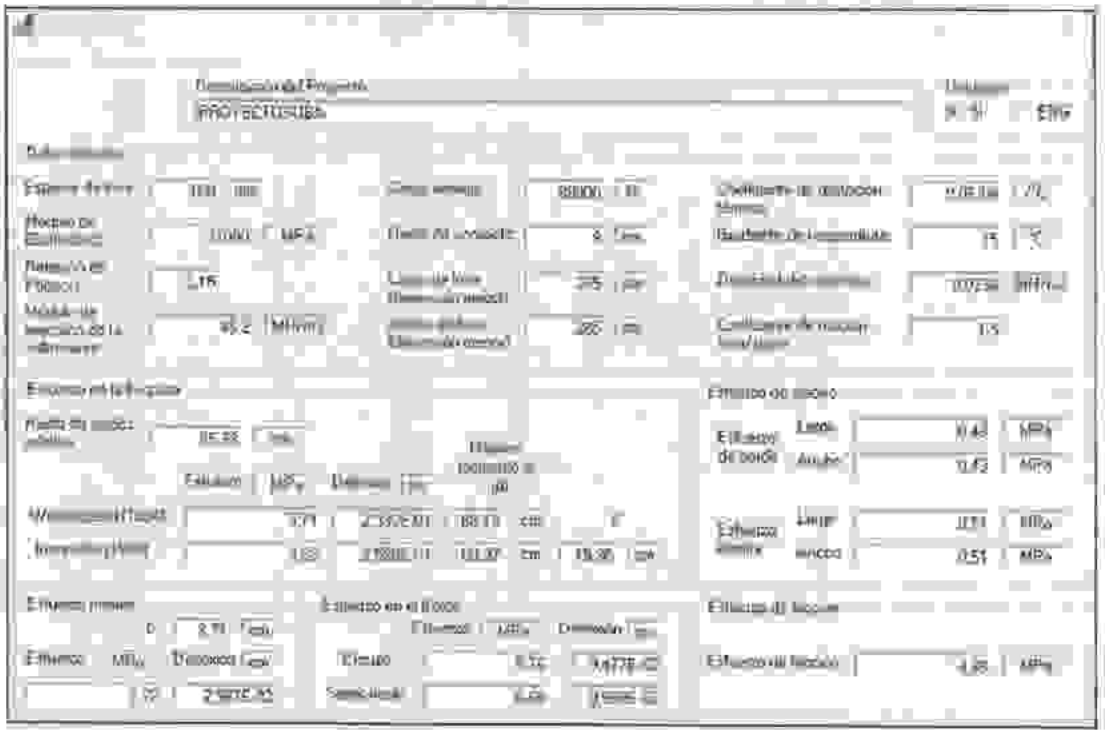
**Parámetros iniciales:**

**Espesor de la losa (h):** 16 cm.
**Módulo de ruptura del concreto (MR):** 4.1 MPa.
**Módulo de elasticidad del concreto (E):** 31.000 MPa.
**Relación de Poisson (v):** 0.15.
**Módulo de reacción de la subrasante (k):** 45.2 MPa/m

**Carga aplicada (P):** 8.2 Toneladas
**Radio de contacto de la carga (a):** aproximadamente 150 mm.

Asimismo, mediante el software especializado UNALOSA, se lleva a cabo la verificación de los estados de esfuerzo y deformación asociados a una losa de pavimento con espesor de 16 cm:

**TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA**




**FUENTE: UNALOSA**

## Conclusión

Bajo una carga de 80 kN, la losa de concreto de 16 cm de espesor, con un MR de 4.1 MPa, apoyada sobre una subbase granular de 15 cm y una subrasante con k = 45.2 MPa/m, experimentaría un esfuerzo interior máximo de aproximadamente 2.78 MPa y una deflexión máxima de 0.29 mm. Ambos valores están dentro de los límites aceptables, indicando un diseño estructural adecuado para las condiciones planteadas.



Calle 35 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

## 6. ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO

En el presente apartado, se desarrolla el diseño de pavimentos para los andenes teniendo en cuenta las características geotécnicas de la subrasante, los materiales de la estructura y los espesores mínimos permitidos. Este diseño, se llevará a cabo de acuerdo con lo establecido en la Cartilla de Andenes de la Secretaría Distrital de Planeación (SDP modificación 07-06-2018).

En concordancia con la propuesta de diseño urbanístico, se plantea una de estructura de andén en concreto estampado.

Con base en los resultados de la exploración geotécnica realizada para las vías a intervenir, se caracteriza de la misma manera el suelo de subrasante para las estructuras de los andenes pertinentes, de acuerdo con lo establecido en el apartado de Procesos Constructivos de la Cartilla de Andenes (Mod. 2018), para así mismo establecer una estructura típica para los mismos. A continuación, se define el tipo de subrasante en función de los valores de CBR natural en condición de inmersión.

**TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR**

| TIPO DE SUBRASANTE | CBR en (condición de inmersión) |
|---|---|
| S1 | Mayor o igual a 3% |
| S2 | Menor de 3% |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C – S.D.P.

Con base a lo anterior, conservando para el diseño de andenes el CBR de diseño de los segmentos viales vehiculares, se obtiene un suelo Tipo S2, lo cual indica que se requieren actividades de mejoramiento.

**TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR**

| Tipo de suelo existente en la Subrasante | Clasificación AASHTO | Clasificación SUCS | CBR | Proceso a seguir |
|---|---|---|---|---|
| Suelos Granulares y Limosos Arcillosos | Tipos A-1-a, A-3 | Arenas limosas | > 3% | Escarificar y Compactar hasta obtener densidad del ensayo Proctor Modificado |
| Suelos Finos Limosos y Arcillosos de baja plasticidad | Tipo A-4 | Limos y arcillas | > 3% | Retiro |
| Suelos Finos Limosos y Arcillosos de baja plasticidad | Tipos A-4 y A-6 | Arcillas y limos | < 3% | Compactar 30 cm con material de subrasante con CBR mínimo del 11% (Decreto 430 de 2011 o vigente) |
| Suelos Finos Arcillosos y limosos con alta plasticidad | Tipos A-6 y A-7 | Arcillas orgánicas | < 3% | Adicionar 30 cm con material granular seleccionado (sub-base) (Decreto 430 de 2011 o vigente) |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

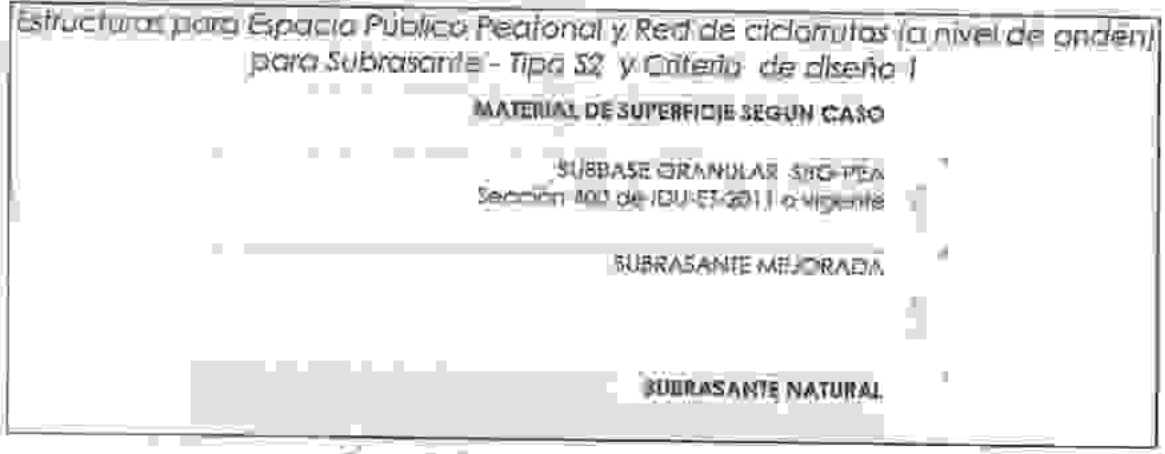
De acuerdo con la tabla anterior, se define la clasificación AASHTO del suelo existente, el cual funcionara como subrasante en funcion del CBR y se determinó que se debe mejorar la subrasante, teniendo en cuenta las condiciones del suelo la alternativa de mejoramiento se realizará reemplazando 20 cm de espesor del material inadecuado de la subrasante por material granular con CBR mínimo de 10%

Posteriormente se establecen los criterios de diseño de acuerdo con el tipo de superficie y el uso posible del espacio público, para este proyecto se tomó el criterio de Diseño 1, de la Cartilla de Andenes Bogotá D.C. de la Secretaría Distrital de Planeación, la cual dice textualmente: "Para el espacio público peatonal y la red de ciclorruta a nivel de andén, por donde no circule ningún tipo de vehículo pesado, se propusieron espesores mínimos de construcción, con subbase granular tipo SBG_PEA_B, según Especificación IDU o vigente. Aplica para estructuras articuladas y flexibles, y acceso vehicular de vivienda (máximo 2 vehículos livianos)".

Teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados, se propone la estructura de pavimento peatonal con sus espesores.

**ILUSTRACIÓN 1 ESTRUCTURA DE ESPACIO PÚBLICO PEATONAL**

*Estructuras para Espacio Público Peatonal y Red de ciclorrutas (a nivel de andén) para Subrasante - Tipo S2 y Criterio de diseño 1*




Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma he realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los anderes:

TABLA 18 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto Hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-FEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

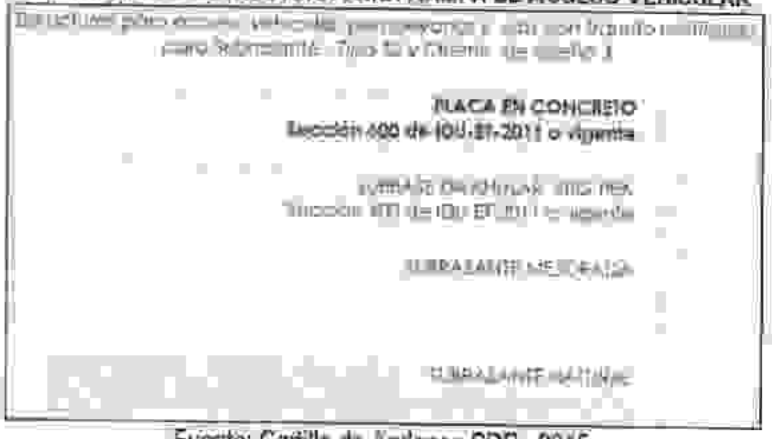
De acuerdo contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA", se puede concluir que para la estructura de pavimento de la zona peatonal se dispone de una sola zona homogénea, y con la cual se proyectó la estructura mostrada en la tabla anterior..

## 3.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR

De acuerdo con la Cartilla de Andenes Bogotá D.C, las rampas no solo dan acceso vehicular a los predios sino también el acceso de las personas con movilidad reducida a los andenes y zonas peatonales que serán construidos con el desarrollo del proyecto.

Para un suelo S2 con CBR ≤ 3%, tránsito de vehículos livianos y paso ocasional de vehículos comerciales tipo C2, se obtuvieron los espesores de las rampas vehiculares al proyecto de acuerdo a los criterios de la Cartilla de Andenes– DADP.

ILUSTRACIÓN 2 ESTRUCTURA PARA RAMPA DE ACCESO VEHICULAR




Fuente: Cartilla de Andenes SDP , 2015

TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 15 | Placa de Concreto MR 41 kg/cm² |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1500 o Similar |
| 20 | Suelo cemento mejorado |
| | SUBRASANTE |
| 50 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

El concreto hidráulico se recomienda con módulo de rotura de 41 kg/cm conformado con la granulometría AG-1 (Tamaño máximo del pétreo de 2½ pulgadas), presentada en la Sección 500 Pavimento de Concreto Hidraulico.

En los lugares donde sea necesario completar niveles se hará con un material seleccionado por capas no mayores a 0.20 m logrando una densidad mínima del 95%, estos materiales seleccionados deben cumplir con características geotecnicas tales como IP menor o igual a 10%, contenido de finos menor o igual a 25%, CBR del 10%, tamaño máximo de 3", esto de acuerdo con el las especificaciones ET-IC-01.

# 7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

La propuesta de diseño contempla la construcción de capas estructurales de pavimento compuestas por materiales tales como mezclas asfálticas y materiales granulares. Atendiendo las especificaciones técnicas válidas en el desarrollo del presente proyecto y las cuales corresponden a las Especificaciones técnicas de construcción del Instituto Nacional de Vías - INVIAS, se presenta a continuación la caracterización de cada una de estos materiales.

- **CONCRETO HIDRÁULICO**

El concreto hidráulico, tiene la particularidad de ofrecer a la estructura una alta resistencia a la compresión que se necesita para soportar y absorber las cargas que circulan. Dicha mezcla deberá cumplir con las características especificadas en IDU-800-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MATERIALES GRANULARES:**

Los materiales granulares deberán cumplir con las especificaciones establecidas en la Especificación Técnica: Capas granulares de base y subbase del capítulo IDU-500-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE**

Los materiales de mejoramiento de subrasante deberán cumplir con las características especificadas en el capítulo IDU-410-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

# 8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES

Para garantizar que los parámetros mecánicos de cada uno de los materiales empleados en el diseño de pavimentos, cumplan con los requisitos establecidos en las Especificaciones Técnicas, su versión o actualización vigente, para la modelación de la estructura de pavimento y puedan ser suministrados por los proveedores adscritos en la base de datos vigente en la página web del IDU, se realizó un análisis de las fuentes de suministro de materiales y mezclas asfálticas, con los cuales se construirán las estructuras de pavimento y espacio público asociado con base en el diseño recomendado.

A continuación, se presentan los proveedores de mezclas asfálticas, agregados pétreos y concreto hidráulico seleccionado por su experiencia y teniendo en que se encuentran vigentes en el "Listado de Proveedores" en la página del IDU.

TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| AGREGADOS PÉTREOS | OPERADOR DEL TITULO MINERO N° EHD-131. KM 3.8 ZONA INDUSTRIAL BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 295 DE 2009 | DROMOS |
| AGREGADOS PÉTREOS | KILÓMETRO 10 DE LA VÍA MULTIFAMILIAR LOS CENTAUROS. PUENTE CAÍDO VEREDA EL COCUY PREDIO SAN LUIS SOBRE EL RÍO GUAYURIBA - VILLAVICENCIO | IDU 432 DE 2016 | REX VILLAVO |
| AGREGADOS PÉTREOS | CARRERA 6 #153 A- 60 EN LA LOCALIDAD USAQUÉN -BOGOTÁ | IDU 435 DE 2016 | REX BTA |
| AGREGADOS PÉTREOS | Av. CRA 7 # 160A-06 SAN CRISTÓBAL NORTE, LOCALIDAD USAQUÉN - BOGOTÁ | IDU 568 DE 2020 | REX BTA 7MA |

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
| --- | --- | --- | --- |
| AGREGADOS PÉTREOS | KILÓMETRO 3,5 VEREDA BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 455 DE 2017 | INCOMINERI |
| AGREGADOS PÉTREOS | KM 4 VÍA LA MESA - MONDOÑEDO- MOSQUERA | IDU 582 DE 2020 | LA ROCA |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1,5 VÍA AUTOPISTA MEDELLÍN COSTADO SUR - COTA | IDU 486 DE 2018 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | PREDIO DENOMINADO LOTE 10, EN LA VEREDA SAN JOSE - MOSQUERA | IDU 519 DE 2019 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILÓMETRO 1,5 VÍA BOGOTÁ- MEDELLÍN, COSTADO OCCIDENTAL VEREDA VUELTA GRANDE - COTA | IDU 582 DE 2020 | GRECO |
| ASFALTO | PREDIO VISTA HERMOSA, VEREDA BALSILLAS - KILOMETRO 25 VÍA LA MESA - PLANTA DE ASFALTO CMI | IDU 28 DE 2002 | AA |
| ASFALTO | KM 3,6 EN LA ZONA INDUSTRIAL, VEREDA BALSILLAS MOSQUERA | IDU 187 DE 2005 | DROMOS |
| ASFALTO | KM 17+200 DE LA CARRETERA CENTRAL DEL NORTE (CRA 7 DE BOGOTÁ) | IDU 164 DE 2004 | CTU |

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| CONCRETO | KR 62 No. 19 - 04 INT. 5, LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA | IDU 22 DE 2002 | HOLCIM |
| CONCRETO | PLANTA NEREIDAS - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55 A SUR - 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 216 DE 2006 | TREMIX |
| CONCRETO | PLANTA SUR - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55A SUR – 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 439 DE 2016 | POLMIX |

**Zodmes:**

A continuación, se presentan las posibles zonas de depósito para materiales sobrantes de construcción para el Proyecto. Los sitios escogidos como botaderos o zonas de depósito servirán para disponer los materiales estériles y/o sobrantes procedentes de las excavaciones de las vías.

Considerando adicionalmente parámetros como capacidad de almacenamiento y condiciones geológicas-geomorfológicas, se escogieron nueve (9) zonas para la disposición de materiales de excavación o botaderos que permitirán almacenar el volumen de material estéril o sobrante en la fase de construcción de la vía (Ver Tabla 13.4)

TABLA 8-2 ZODMES

| CATEGORÍA | NOMBRE – RAZÓN SOCIAL | MUNICIPIO | PREDIO O LOTE |
|---|---|---|---|
| 1. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | CEMEX DE COLOMBIA S.A. | BOGOTA D.C. | Reserva ecológica privada la Fiscala Capacidad: 5.000.000 m3 |
| 2. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE | RECICLADOS INDUSTRIALES | COTA | Lote la Britania Vega, en la Vereda Siberia, Municipio de Cota, |



Calle 35 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

| | | | |
|---|---|---|---|
| CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | DE COLOMBIA S.A.S | | Cundinamarca Capacidad: 40.000 m3 |
| 3. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | Lotes 2, 3, 4 de los predios identificados con cédulas catastrales N° 00-02-0002-0186, 00-02-0002-0184-000 y 00-02-0002-0183-000, ubicados en la Vereda Panamá del Municipio de Soacha Capacidad: 4 000 000 m3 |
| 4. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | RESIESCOL S.A.S ESP | MOSQUERA | Predio denominado Lote 4 A, matrícula inmobiliaria N° 50c - 1433092, ubicado en la Vereda Balsillas del Municipio de Mosquera, Cundinamarca |
| 5. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | MATERIALES Y LOGÍSTICA S.A.S MYLSA | MADRID | Predios denominados Finca el Paraíso, el Valle de las Mercedes y Finca la Zulia, ubicados en las Veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid Cundinamarca Capacidad: 1 000 000 m3 |
| 8. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | CICLOMAT S.A.S. | COTA | Predio ubicado 600 metros al sur de la Autopista Medellín (calle 80) entrada PRACO-DIDACOL Vía Siberia –Bogotá, Vereda Siberia del Municipio de Cota, Cundinamarca. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | En el predio el Vinculo (Polígono 3) del Municipio de Soacha, km 14 de la Vía Soacha – Sibaté |
| 8. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | RELLENOS DE COLOMBIA S.A.S. EN LIQUIDACIÓN | MOSQUERA | Vereda balsillas, km 3 vía la mesa, Mosquera, Cundinamarca |
| 9. DISPOSICIÓN DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | MAQUINAS AMARILLAS S.A.S. – MARILLA S.A.S. | BOGOTA D.C. | Plan de manejo y recuperación ambiental de la mina las Manas y Santa Inés en el área del contrato de concesión minera 8151 a nombre de la empresa HOLCIM COLOMBIA S.A (Perfil o-o' sector Nor-Este) Tunjuelito-Bogotá. |

La evaluación de las áreas definidas para botaderos corresponden a superficies suavizadas planas a moderadamente inclinadas en depósitos aluviales recientes de llanura aluvial de los ríos Bogotá, Subachoque y Tunjuelito, así como de los depósitos de terrazas altas de la Sabana de Bogotá, los cuales corresponden a planicies extensas de aspecto aterrazado y morfología ondulada suavemente inclinada y limitada hacia los cauces por escarpes de 2 – 20 m de altura, se encuentran constituidos de arcillas grises, localmente con intercalaciones de arenas finas y delgados niveles de gravas y turbas, en capas paralelas producto de la acumulación de materiales en la cuenca ocupada por el antiguo lago de la Sabana de Bogotá, con espesores de 20 - 300 m.

Estas superficies en depósitos de la llanura aluvial y los depósitos de terrazas de la Sabana de Bogotá pueden presentar una buena condición de estabilidad, teniendo en cuenta la morfología de estas áreas, así como la pendiente y la composición de los materiales que la constituyen. Cabe resaltar que el área que conforma la ZODME ubicado en la finca El Paraíso, el valle de las Mercedes y finca La Zulia, de las veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid en Cundinamarca, se encuentra sobre superficies onduladas a inclinadas en laderas de la Formación Arenisca Dura del Grupo Guadalupe y en contraste con los depósitos aluviales de terrazas altas de la Sabana de Bogotá. Estas áreas deben ser evaluadas con trabajo de campo para determinar las condiciones morfodinámicas y de estabilidad de estas superficies. La localización de las ZODMES se presenta en la Figura 13.1, en la cual también se han ubicado las fuentes de materiales.

# 9 ANÁLISIS DE RIESGOS

El análisis de los posibles riesgos en la ejecución del proyecto permite tener un panorama realista donde se considere las posibles eventualidades y su potencial consecuencia, esto permitirá establecer planes de contingencia en caso de que se presenten cualquiera de las situaciones citadas.

Para el caso de estudio, se prevén los siguientes riesgos, asociados a la etapa de construcción consecutiva a la etapa de diseño.

TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO

| Riesgo | Tipo de causa | Causas probables | Consecuencia |
|---|---|---|---|
| Imprecisión en la determinación del CBR de diseño | Menor resistencia de la subrasante | Muestra insuficiente | Disminución de la vida útil de la estructura. Falla prematura por deformación de la subrasante |
| | | Errores en el procesamiento de la información | |
| | | Afectaciones climáticas | |
| | | daños en el sistema de drenaje | |
| | | errores en la caracterización del material | |
| Aumentos en los niveles de tránsito | Aumento en el número de ejes equivalentes esperados | Cambios de uso de la vía por desvío | Estructura deficiente para las cargas esperadas, falla prematura de la carpeta asfáltica. |
| | | Implementación de nuevas rutas en el corredor vial | |
| | | Aumento de las cargas de los vehículos de transporte | |
| | | Errores en el conteo para establecer el TPD | |
| | | Aumentos inesperados por tránsito atraído/generado | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fallas en los materiales | Daños por mala calidad en los materiales instalados | Malos procesos constructivos | Falla de zonas puntuales de la estructura. |
| | | Cambios en la humedad por daños en el drenaje | |
| | | deficiencias en los controles de calidad | |

## 10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las propuestas de intervención RECOMENDADA como parte de las actividades a ejecutar en el proyecto de la referencia, consisten en:

Alternativa

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR: 4,1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

Se recomienda el uso del geotextil NT1800 en la estructura de pavimento entre el suelo natural y material de mejoramiento con rajón, para evitar la contaminación entre capas y asegurar la estabilidad de la estructura.

TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura | |
|---|---|---|---|
| | | Descripción | Espesor (cm) |
| Rígida | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón ET 410-18 de forma puntual en un espesor de 30 cm. Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub-base granular. | Concreto Hidráulico | 16 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con rajón | 30 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

(*) Tener presente que en la actual etapa NO se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos.

De igual forma, se presenta el siguiente gráfico con la estructura de pavimento recomendada:

TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11005556)

| Descripción | Espesor (cm) |
|---|---|
| Concreto Hidráulico | 16 |
| Sub-base granular | 15 |
| Mejoramiento con rajón | 30 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La estructura de pavimento recomendada es en flexible, en función de garantizar la distribución de esfuerzos y el empalme con los materiales presentes en cada segmento vial. La alternativa es pavimento rígido es viable des del punto de vista técnico, sin embargo, la modificación de rigidéz de los materiales presentes en la zona puede generar un impacto negativo en la distribución de presiones, además, los costos asociados son muy superiores a la de pavimento flexible y las condiciones de carga no lo ameriten.
Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:

TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Sil mesente mejorado |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

La revisión y propuesta se hace de acuerdo a lo presentando en el informe de pavimento del contrato FIDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se tuvieron en cuenta los parámetros geotécnicos, tránsito y consideraciones generales. Sin embargo, se presenta una alternativa de rodadura en concreto hidráulico que garantice la durabilidad y que cuenta con las siguientes ventajas::

- Permite simular adoquines, piedra natural, ladrillo, madera u otros acabados, mejorando notablemente el aspecto visual del entorno urbano o residencial.
- Al estar hecho de concreto hidráulico, soporta cargas vehiculares y condiciones climáticas extremas sin perder su forma ni integridad.
- No se deforma ni se hunde como otros pavimentos modulares; solo requiere limpieza periódica y, en algunos casos, reaplicación del sellador.
- Una vez vaciado el concreto, el estampado se realiza mientras el concreto aún está fresco, lo que ahorra tiempo frente a métodos tradicionales como adoquines o losas prefabricadas.
- Continuidad superficial: Al no tener juntas como los adoquines, evita el crecimiento de maleza y reduce los accidentes.
- Al tener textura superficial, ofrece buen desempeño antideslizante, tanto en zones peatonales como en pasos vehiculares, incluso en condiciones húmedas.

- Aunque su instalación puede ser ligeramente más costosa que el concreto convencional, su vida útil y bajo costo de mantenimiento representan un ahorro a mediano y largo plazo.
- Puede adaptarse a parques, ciclovías, pasos peatonales, calles residenciales, andenes, glorietas, entre otros.

VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA PLATAFORMA

Para el caso donde se presenten deformaciones plásticas (mayores a 1cm) ante una prueba de carga (como el paso de volqueta cargada en varios recorridos sobre la plataforma de trabajo), se realizarán mejoramientos puntuales en la subrasante con material tipo tolerable ART 230 INV 2013, resolución 1376 del 26 de mayo de 2014. La prueba de carga se puede hacer con cualquier elemento que cumpla las condiciones de seguridad en función de la sección de la excavación.

- En los sectores en donde existen hundimientos y fisuras severas (h≥20mm) se recomienda ante la existencia de árboles laterales, realizar un tratamiento particular, mediante la tala o restitución de las especies existentes.

## 11 PROCESO CONSTRUCTIVO

### RECOMENDACIONES GENERALES

Dado que los suelos naturales presentan valores de CBR inferiores a 3% se hace necesario estabilizar mecánicamente la subrasante con un material tipo "rajón"

Una vez finalizada la excavación y alcanzado el suelo de subrasante, el material del cuerpo del mejoramiento se colocará en capas sensiblemente paralelas a la superficie de la explanación, de espesor uniforme y lo suficientemente reducido, para que, con los medios disponibles, los vacíos entre los fragmentos más grandes se llenen con las partículas más pequeñas del mismo material, de modo que se obtenga el nivel de densificación deseado.

El rajón, éste se colocará directamente sobre la subrasante, evitando su vertido desde alturas mayores a dos metros (2.0 m), con el fin de reducir su segregación. Deberá extenderse con procedimientos manuales o con equipos livianos debido a las condiciones de la subrasante. Su compactación podrá realizarse con pasadas de buldózer o retroexcavadora, de manera que las puntas del rajón penetren parcialmente en el terreno natural. Posteriormente se realizará la instalación del sello de rajón, el cual puede componerse de un material tipo SBG_C, el conjunto de rajón y sello de 10 cm conformarán el total de espesor de mejoramiento.

La construcción de la capa de rajón deberá adelantarse siguiendo los lineamientos establecidos en la Sección 321-11 de las Especificaciones Técnicas

### INSTALACIÓN DE CAPAS DE BASE Y SUBBASE GRANULAR

La instalación de las capas de base y subbase granular se realizarán cuando la superficie sobre la cual quedarán apoyadas presente la calidad, densidad, cotas y secciones indicadas dentro de los documentos del proyecto, previamente deberá estar concluido todo lo relacionado con los sistemas de drenaje recomendados de acuerdo con el Estudio y Diseño de Redes.

La superficie donde se dispondrá el material se deberá encontrar suficientemente seca y compacta para evitar que se produzcan ahuellamientos o desplazamientos en ella. El material se extenderá en todo el ancho previsto, en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

La cantidad de material extendido será tal, que el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos (2) o más capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). En este caso, se aplicarán para cada capa los procedimientos de ejecución y control acá descritos. El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes.

Una vez que el material de la capa granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo adecuado, hasta alcanzar la densidad especificada.

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo aprobado y/o que normalmente se utiliza, se podrán compactar por otros medios adecuados, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

Una vez terminada la compactación, el Constructor perfilará la superficie de la capa granular, ajustándola a los perfiles longitudinales y transversales del proyecto.

## INSTALACIÓN DE CAPAS DE CONCRETO HIDRÁULICO

El proceso constructivo para pavimento en concreto hidráulico inicia con la limpieza y nivelación del terreno, seguida de la compactación de la rasante. Posteriormente, se coloca y compacta la subbase y, la base hidráulica. Se instalan las formaletas laterales o guías de nivel, y se procede a colocar el refuerzo de acero. El concreto es vaciado, extendido y vibrado para garantizar su adecuada consolidación, luego se alisa y texturiza la superficie según el acabado requerido. Una vez terminado, se realizan los cortes de juntas de contracción y construcción, y se aplica el curado mediante compuestos químicos o métodos húmedos por un mínimo de siete días. Finalmente, se inspecciona la calidad de la obra y se permite el tránsito vehicular/peatonal de acuerdo con los tiempos de fraguado y resistencia establecidos en el diseño.

## 12 FUENTES DE CONSULTA


- INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO-IDU. ANEXO TÉCNICO DE DIAGNÓSTICO PARA CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL PARA BOGOTÁ. Versión 5.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS AASHTO. Guide for design of pavement structures. Washington: AASHTO, 1993.
- Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción del Instituto Nacional De Vías – 2013.
- Normas de ensayos de materiales INVIAS-2013, Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014.
- Shell International Petroleum Company Limited. Addendum to the Shell Pavement Design Manual. London, 1985
- Yang H. Huang. Pavement Analysis and Design. Second Edition. Pearson Prentice Hall. UnitedStates of America, 2004.
- HIGUERA SANDOVAL, CARLOS HERNANDO. Nociones sobre métodos de diseño de pavimentos para carreteras. UPTC. Tunja, 2008.
- IDU, NNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO. Especificaciones técnicas generales de materiales y construccion, para proyectos de infraestructura vial y de espacio público, para Bogotá D.C. 2019.

**DISENO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA**
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**
**Software : BS-PCA**

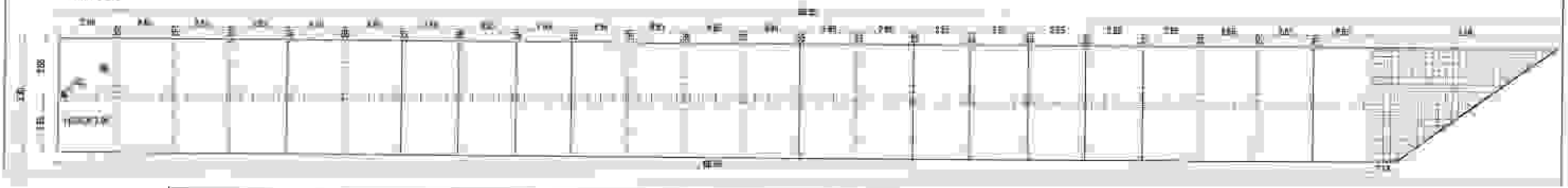
Datos :

Resistencia K del Apoyo : 149 PCI (lb/puig3)
Espesor Losa : 160 mm
Modulo de Rotura : 42 Kg/cm2
Bermas : NO
Pasadores : SI
Factor de Seguridad Cargas : 1
Factor de Mayoración Repeticiones : 1

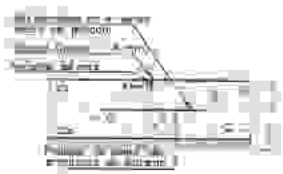
Resultados :

| Carga Tn | Carga FS kN | Repeticiones Esperadas | Repeticiones Admisib_Fatiga | Consumo Fatiga % | Repeticiones Admisi_Erosion | Consumo Erosion % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **EJES SIMPLES** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| 6,00 | 58,80 | 776.134 | 27.138.702 | 2,86 | 21.171.820 | 3,67 |
| **EJES TANDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| **EJES TRIDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| | | | Total : | 2,86 | | 3,67 |

11005556

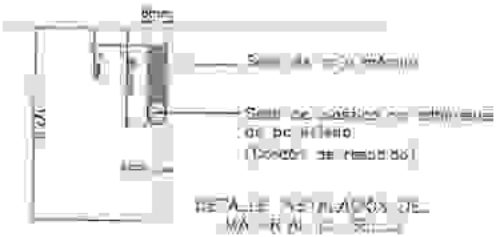


DETALLE No. 1



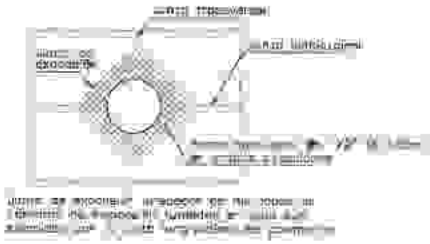
DETALLE DE JUNTA TRANSVERSAL
CON PASADORES
Según modulación

DETALLE No. 5



DETALLE ACABADO DE
MAMPOSTERIA

DETALLE No. 6

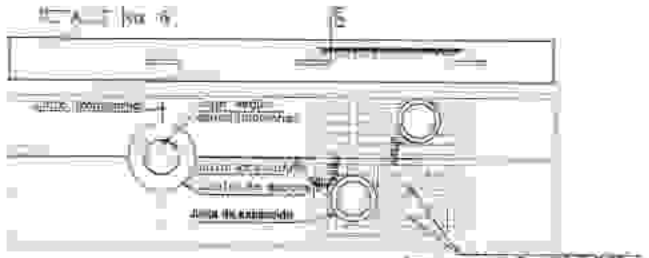


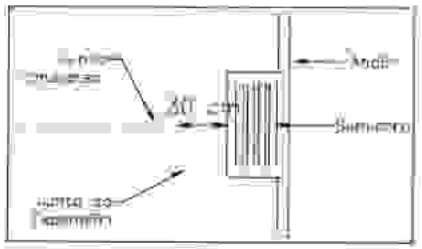
DETALLE No. 2



DETALLE DE JUNTA LONGITUDINAL
CON BARRAS DE ANCLAJE

DETALLE No. 4





DETALLE No. 3

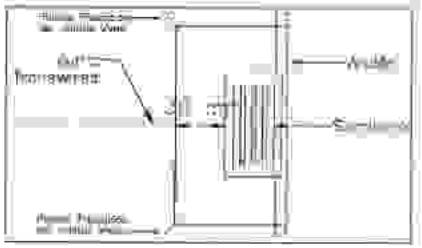


DETALLE JUNTA DE EXPANSIÓN CON PASADOR
Cada 100 metros aproximadamente,
en curvas o pendientes o intersecciones

DETALLE No. 7




PLANO DE UBICACIÓN DE MALLA ELECTROSOLDADA
EN ÁREAS PREVIAMENTE TRATADAS CON GEOMALLAS



# CONSORCIO SUBA MT

NIT. 901002676-2

COP 1013-2024-LP (119224)

CONSORCIO SUBA MT
GRUPO 3

REVISION Y AJUSTE A DISEÑO DE PAVIMENTOS
DEL CONTRATO DE CONSULTORIA 345 DE 2018

OBJETO DEL CONTRATO: EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO (GRUPO 1) EN LA LOCALIDAD DE SUBA EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO

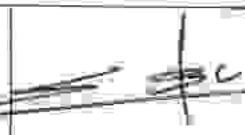
CIV 11003901

SEGMENTO VIAL SOBRE LA CARRERA 150D ENTRE LA CALLE 132A Y CALLE 132D

BOGOTÁ D.C, JUNIO DE 2025

Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115890207

## CONTROL DE DOCUMENTOS

| ESTADO REVISIÓN Y APROBACIÓN | NOMBRE | CARGO | FIRMA | FECHA |
|---|---|---|---|---|
| **POR EL CONTRATISTA DE OBRA** | | | | |
| Realizo | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | MAO SEBASTIAN BERMEO |  | JUNIO 2025 |
| **POR LA INTERVENTORIA DE OBRA** | | | | |
| V°. B°. INTERVENTORÍA | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | Ing. Everardo Pardo Guio |  | JUNIO 2025 |

**MODIFICACIONES**

| FECHA | VERSIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN |
|---|---|---|
| 04-06-2025 | 00 | Versión Inicial N° 00 |
| 24-06-2025 | 1.0 | Atención de observaciones de acuerdo a comunicado FRO-085-146-2025. |
| 12-07-2025 | 2.0 | Atención de observaciones de acuerdo a comunicado FRO-085-184-2025. |
| 24-07-2025 | 3.0 | Atención de observaciones de acuerdo a comunicado FRO-085- |

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 7

1. OBJETIVOS Y ALCANCE 8

1.1. OBJETIVOS GENERALES 8
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8
1.3. ALCANCE 8

2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA 10

2.1. LOCALIZACIÓN 10
2.2. CLIMA 11
2.2.1. CLIMA SUBA 11
2.2.2. CLASIFICACIÓN DEL CLIMÁTICA 12

3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO 13

3.1. PCA 13
3.2. AASHTO 14
3.2.1. SUBRASANTE 14
3.2.2. TRANSITO 15
3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA 15
3.2.4. SERVICIABILIDAD 15
3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD 15
3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 16
3.2.7. CONFIABILIDAD 17
3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J): 17

4. ESTUDIOS PREVIOS 18

4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA 18
4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO 18
4.3. TRANSITO 19
4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO 20
4.5. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO CONTRÁCTILES 21
4.6. CONCLUSIONES 21

5. ESTUDIO DE TRANSITO 23

5. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 27

6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO 27
6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN: 27
6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 28
6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 30
6.1.1. ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD 30
6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 30
6.1.3. CONFIABILIDAD 30
6.1.2 MÓDULO RESILIENTE 31
6.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO 34
ALTERNATIVA PCA (CIV11003901): 35
ALTERNATIVA AASHTO (CIV11003901): 36

9 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO 41

9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR 43

7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES 45

▪ CONCRETO HIDRÁULICO 45

▪ MATERIALES GRANULARES: 45

▪ MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE 45

8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES 46

9 ANÁLISIS DE RIESGOS 51

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 53

11 PROCESO CONSTRUCTIVO 56

12 FUENTES DE CONSULTA 58

## LISTADO DE TABLAS

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO ..... 10
TABLA 2-2 REGIONES CLIMÁTICAS SEGÚN LA TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN ..... 12
TABLA 2-3 PRECIPITACIÓN Y CONDICIONES DE HUMEDAD PARA EL ENSAYO ..... 12
TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE ..... 14
TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA ..... 14
TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA ..... 15
TABLA 3-4 INDICE DE SEVICIABILIDAD ..... 16
TABLA 3-5 VALORES DE CD RECOMENDADOS ..... 16
TABLA 3-6 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 17
TABLA 4-1CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANÁLISIS ..... 18
TABLA 4-2 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUÍA – GRUPO DE DISEÑO 2 ..... 19
TABLA 4-3 NUMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V9 – GRUPO 1 - GUÍA BAJOS VOLÚMENES IDU ..... 20
TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR ..... 21
TABLA 5-1 TRANSITO DE DISEÑO ..... 23
TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142 ..... 23
TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO ..... 24
TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS ..... 24
TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS NO. 1 ..... 25
TABLA 5-6 TRANSITO BAJO ANÁLISIS NO. 2 ..... 25
TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 28
TABLA 6-2 VALORES DE CD RECOMENDADOS ..... 30
TABLA 6-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 31
Tabla 6-4 Análisis de CBR (%) ..... 32
TABLA 6-5 MODULO RESILIENTE ..... 32
Tabla 6-6 Análisis de CBR (%) ..... 33
Tabla 6-7 Valores de K conjunto a partir del capas granulares ..... 35
TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA ..... 35
TABLA 6-9 ALTERNATIVA AASHTO ..... 36
TABLA 6-10 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 37
TABLA 6-11 PASADORES SEGÚN PCA ..... 39
TABLA 6-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA ..... 39
TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA ..... 40
TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR ..... 41
TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR ..... 41
TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 43
TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES ..... 44
TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES ..... 46
TABLA 8-2 ZODMES ..... 46

TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO ..... 51
TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 53
TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11003901) ..... 53
TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 54

## LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 2-1 LOCALIZACION GENERAL DEL PROYECTO ..... 10
FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TERMINOS DE PSI ..... 13
FIGURA 4-1 UBICACIÓN DE SEGMENTO DE ACUERDO AL CORREDOR ..... 19
FIGURA 4-2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11003901 ..... 20
FIGURA 4-3 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO ..... 21

## LISTADO DE ANEXOS

**ANEXO 1.** INFORME PREVIO - contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA.

**ANEXO 2.** PLAN DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS.

**ANEXO 3.** MEMORIAS DE CALCULO.

## INTRODUCCIÓN

Se elabora un estudio para la EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE segmento vial CIV 11003901 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

Con el fin de obtener un diagnóstico del corredor, se tiene en cuenta estudios previos en el sector en donde se ejecutó el estudio geotécnico mediante la ejecución de apiques asociado a la evaluación del tránsito, en términos de ejes equivalentes de 80kN.

A partir de la evaluación geotécnica del tramo objeto de estudio realizado por el Consorcio Geovial en el año 2020 bajo el contrato ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL LOCAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA - FDLS-345-2018, se plantean las intervenciones a nivel de pavimentos para los segmentos viales en la localidad de Suba de la ciudad de Bogotá D.C., tomando en consideración las variables que se establecen en la metodología del anexo técnico, caracterizando el perfil estratigráfico por medio de la ejecución de apiques, las cuales son insumo para el diseño de pavimentos, tales como: CBR de la subrasante y el tránsito de diseño evaluado a un periodo de diseño a 10 años. Además de los parámetros implícitos en la metodología de diseño de pavimentos a emplear AASHTO/93.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

# 1. OBJETIVOS Y ALCANCE

## 1.1. OBJETIVOS GENERALES

Plantear una propuesta integral de intervención de Pavimento para el segmento vial CIV 11003901 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

## 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, la evaluación geotécnica de las capas que componen la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio.

A partir el uso de herramientas computacionales modelar las estructuras propuestas mediante la metodología AASHTO/93 y con el programa UNALOSA, conocer los esfuerzos y deformaciones actuantes en las estructuras diseñadas.

Plantear recomendaciones generales en cuanto a la conformación de una adecuada plataforma de trabajo, con el fin de garantizar el correcto desempeño de la estructura de pavimento propuesta.

Evaluar estrategias de mantenimiento para garantizar un adecuado comportamiento estructural del pavimento en servicio.

## 1.3. ALCANCE

Por medio del actual informe técnico es presentado el diseño de pavimentos, para el segmento vial CIV 11003901 sobre la Carrera 150D entre la Calle 132A y Calle 132D, de la localidad de Suba en la ciudad de Bogotá D.C.

Los capítulos que se incluyen en el presente informe son:

2. Descripción de la Metodología.
3. Metodología de estudio.
4. Trabajos de Campo.
   - ✓ Evaluación geotécnica del tramo de estudio.
5. Estudio de Tránsito.
6. Diseño de la Estructura de Pavimentos.
7. Secciones Transversales.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3126861467 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

8. Caracterización de materiales.
9. Conclusiones y Recomendaciones.

Se plantearán las intervenciones necesarias a nivel de pavimento.

# 2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

El presente informe se desarrolla como parte de la ejecución del contrato cuyo objeto corresponde al DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE EL SEGMENTO VIAL CIV 11003901 – LOCALIDAD DE SUBA – BOGOTÁ D.C.

## 2.1. LOCALIZACIÓN

El segmento vial CIV 11003901 de la localidad de Suba se encuentra en Bogotá D.C. A continuación, se presenta la localización del sitio objeto de estudio:

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO




FUENTE. GOOGLE.COM

A continuación, se presentan los segmentos a intervenir:

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO

| CIV | Ubicación |
|---|---|
| 11003901 | Carrera 150D entre la Calle 132A y Calle 132D |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

## 2.2. CLIMA

Bogotá D.C tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C. son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)1.

| | | |
|---|---|---|
| Temperatura promedio | = | 20 °C |
| Precipitación media anual | = | 1258 mm/año |

### 2.2.1. CLIMA SUBA

El clima en Suba, Bogotá, se caracteriza por ser fresco y variable, con temperaturas que oscilan entre los 10°C y 20°C, y con alta probabilidad de lluvia, especialmente en las tardes. La localidad también experimenta días nublados y con variaciones en la intensidad del viento. 2.

- **Temperatura:**

Generalmente se mantiene entre 10°C y 20°C, con sensaciones térmicas que pueden ser más bajas por la humedad y el viento.

- **Lluvias:**

Es común la presencia de lluvia, especialmente por las tardes, y puede haber días con alta nubosidad.

- **Viento:**

El viento suele ser variable, con velocidades que pueden alcanzar hasta 13 km/h, y puede provenir del suroeste o el este.

- **Humedad:**

La humedad puede ser alta, especialmente en días de lluvia, lo que puede afectar la sensación térmica.

- **Calidad del aire:**

La calidad del aire en Suba suele ser buena, pero puede haber variaciones.

[1] ESTACION IDEAM 21205020 UNIVERSIDAD NACIONAL
[2] Página AccuWeather



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

93

## 2.2.2. CLASIFICACIÓN DEL CLIMÁTICA

Teniendo en cuenta el manual de diseño de pavimentos asfálticos del INVIAS, se considera que la zona de diseño se encuentra en una región R2 – Región templado semihúmedo; como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 2-2 REGIONES CLIMÁTICAS SEGÚN LA TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN

| No. | Región | Temperatura TMAP (°C) | Precipitación anual TMAP (mm) |
|---|---|---|---|
| R1 | Clima frío y húmedo | < 13 | > 2000 |
| R2 | Templado frío y templado semihúmedo | 13-20 | < 2000 |
| R3 | Cálido seco y cálido semihúmedo | 20-30 | < 2000 |
| R4 | Templado húmedo | 13-20 | 2000-4000 |
| R5 | Cálido húmedo | 20-30 | 2000-4000 |
| R6 | Cálido muy húmedo | 20-30 | > 4000 |

FUENTE. MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS DEL INVIAS.

Partiendo de esta región, el manual de diseño recomienda las condiciones de humedad para el ensayo de CBR, parámetro fundamental de diseño. En este caso, la tabla 3 del manual, recomienda que el ensayo se realice en una condición sumergido, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 2-3 PRECIPITACIÓN Y CONDICIONES DE HUMEDAD PARA EL ENSAYO

| No. | Región | Temperatura TMAP (°C) | Precipitación media anual (mm) | Condiciones de humedad para el ensayo |
|---|---|---|---|---|
| R1 | Frío húmedo | < 13 | > 2000 | Sin sumergir, curado de 96 horas (Norma I.N.V. E-148) |
| R2 | Templado frío y templado semihúmedo | 13 - 20 | < 2000 | Sumergido |
| R3 | Cálido seco y cálido semihúmedo | 20 - 30 | < 2000 | Sin sumergir, curado de 96 horas (Norma I.N.V. E-148) |
| R4 | Templado húmedo | 13 - 20 | 2000 - 4000 | Sumergido |
| R5 | Cálido húmedo | 20 - 30 | 2000 - 4000 | Sin sumergir, curado de 96 horas (Norma I.N.V. E-148) |
| R6 | Cálido muy húmedo | 20 - 30 | > 4000 | Sumergido |
| R7 | Templado húmedo | 13 - 20 | 2000 - 4000 | Sumergido |
| R8 | Cálido húmedo | 20 - 30 | 2000 - 4000 | Sumergido |
| R9 | Cálido muy húmedo | 20 - 30 | > 4000 | Sumergido |

FUENTE. MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS DEL INVIAS.

# 3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

## 3.1. PCA

La metodología relacionada a continuación corresponde al tramo vial objeto de estudio, resaltando como objetivo principal la definición de las estrategias de intervención a nivel de pavimento.

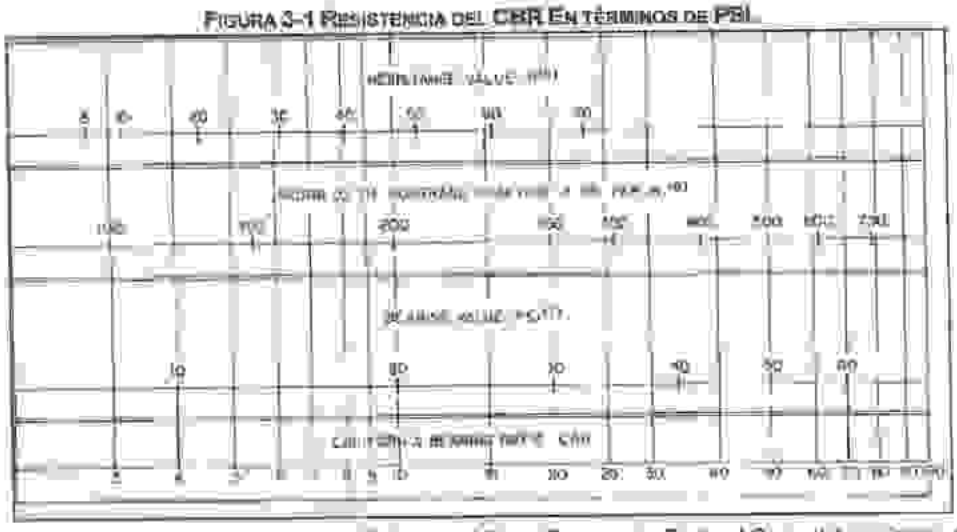
En general se considera que la intervención característica a realizar será la de diseño de la estructura del pavimento.

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.

FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TÉRMINOS DE PSI.

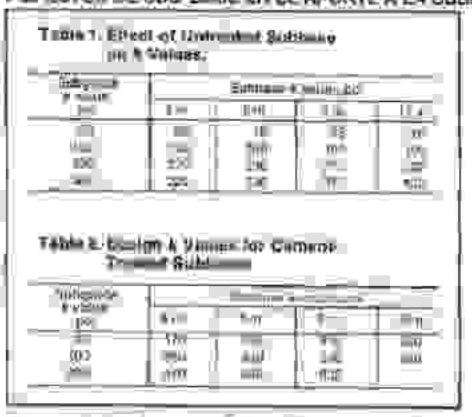


Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125851467 – 3115950207
consorciosubamt@gmail.com

TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE



Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements. Portland Cement Association. 1984.

## 3.2. AASHTO

A continuación, se describe las variables que se consideran en el método AASHTO

### 3.2.1. SUBRASANTE

Caracterizada a través del módulo de reacción de la subrasante K (en pci). Si la losa se apoya directamente sobre la subrasante, el K que se utiliza en el diseño es aquel que se obtenga de la subrasante. Sin embargo, cuando la losa se apoya sobre una capa granular de subbase o base o sobre un material estabilizado con cementante hidráulico, el K de manera obvia incrementa.

TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA

| K subrasante | | Valores de K | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Capa granular no tratada | | | | | | | |
| | | 10 cm | | 15 cm | | 22.5 cm | | 30 cm | |
| MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci |
| 20 | 73 | 29 | 105 | 39 | 140 | 52 | 187 | 68 | 245 |
| 40 | 147 | 45 | 165 | 59 | 210 | 77 | 275 | 98 | 350 |
| 60 | 220 | 64 | 235 | 84 | 305 | 108 | 390 | 135 | 485 |
| 80 | 294 | 87 | 320 | 110 | 395 | 140 | 505 | 175 | 630 |
| K subrasante | | Capa estabilizada con cementante hidráulico | | | | | | | |
| MPa/m | pci | 10 cm | | 15 cm | | 20 cm | | 25 cm | |
| 20 | 73 | 80 | 290 | 90 | 325 | 105 | 380 | 125 | 450 |
| 40 | 147 | 110 | 390 | 130 | 470 | 155 | 560 | 190 | 690 |
| 60 | 220 | 140 | 505 | 160 | 580 | 190 | 690 | 230 | 830 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3116850207
consorciosubamt@gmail.com

### 3.2.2. TRANSITO

Esta variable es difícil de establecer y caracterizar ya que los vehículos que circulan por una vía presentan diferentes magnitudes, configuraciones de ejes, presiones de inflado, velocidad de circulación y número de llantas. Por lo general se caracteriza a través del número de ejes equivalentes de 8.2 o 13 toneladas que circulan en el carril y el periodo de diseño (N) 3. De igual forma, se precisa que los calculos y los desarrollos se sustentan en número de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas.

### 3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA

Los parámetros mecánicos con los cuales se caracteriza la losa de concreto son el módulo elástico Ec y el de rotura MR en psi, medidos a los 28 dias.

### 3.2.4. SERVICIABILIDAD

Se define el Indice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Indice de serviciabilidad (ΔPSI=Po -Pf). Valores recomendados para determinar el valor de Pf para pavimento rigido se presentan en la tabla:

TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA

| Tipo de Carretera | Periodo de Diseño (Años) |
|---|---|
| Urbana de tránsito elevado | 30 – 50 |
| Interurbana de tránsito elevado | 20 – 50 |
| Pavimentada de baja intensidad de tránsito | 15 – 25 |
| De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava | 10 – 20 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Indice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Inicialmente esta condición se cuantificó a través de la opinión de los conductores, cuyas respuestas se tabulaban en la escala de 5 a 1.

[3] Pavimentos, materiales, Hugo Rondon

TABLA 3-4 ÍNDICE DE SEVICIABILIDAD

| Índice de Serviciabilidad (*PSI*) | Calificación |
|---|---|
| 5 – 4 | Muy Buena |
| 4 – 3 | Buena |
| 3 – 2 | Regular |
| 2 – 1 | Mala |
| 1 – 0 | Muy mala |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final. El índice de servicio inicial po depende del diseño y de la calidad de la construcción. En los pavimentos flexibles estudiados por la AASHTO, el pavimento nuevo alcanzó un valor medio de po = 4,2.

### 3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

TABLA 3-5 VALORES DE Cd RECOMENDADOS

| Características del Drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 – 5% | 5 – 25% | Más de 25% |
| Excelente | 1.25 – 1.20 | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 |
| Muy malo | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 – 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3126861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

### 3.2.7. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada ($Z_r$). Asimismo, el error normal combinado ($s_o$) se obtiene de la siguiente tabla:

TABLA 3-8 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R [%] | |
|---|---|---|
| | urbana | interurbana |
| Colectoras | 80.0 – 95.0 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R [%] | 50 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 98 | 99.9999 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Z_r$ | 0.000 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -2.054 | -4.750 |

| Proyecto de pavimento | $S_o$ | |
|---|---|---|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J):

Es un parámetro adimensional que tiene en cuenta la capacidad que tienen los pasadores en una estructura de pavimento rígido de transferir o distribuir cargas en la zona más propensa a fallar (juntas). Este parámetro adicionalmente tiene en cuenta el efecto que genera sobre las juntas y sobre la transferencia de carga el confinamiento lateral de la losa.

Para juntas con pasadores, el valor recomendado de J es 2.7 y 3.2, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente. Para juntas sin pasadores, los valores de J pueden llegar a aumentar hasta 4.2 y 4.4, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente.

El espesor de la losa de concreto (D, en pulgadas) que compone la estructura del pavimento rígido se determina a través de la ecuación:

$$\log W_{18} = Z_R \cdot S_o + 7.35 \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left[\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right]}{1+\frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 p_t) \log\left[\frac{S'_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J \left(D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{k}\right)^{0.25}}\right)}\right]$$



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

# 4. ESTUDIOS PREVIOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta la evaluación geotécnica de la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio. A continuación, se presenta lo relacionado:

## 4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA

La subrasante del corredor, está conformado por arcilla de baja compresibilidad CL.

Las arcillas de baja plasticidad CL se evidencian como materiales plásticos, con porcentaje de pasa 200% de 42,5% y porcentaje de arena de 42,4%. El CBR de este material en condiciones de inmersión es de 1.2% sin potencial expansivo.

Como es común en los suelos de esta localidad es necesario la estabilización y/o mejoramiento del mismo, esto, con el fin de tener una capacidad de soporte adecuada para la estructura del pavimento y el tránsito proyectado, dado que el **CBR promedio y de diseño es 2.0%**; es decir, se evidencia un material de una capacidad baja. Las propiedades anteriormente descritas se pueden evidenciar en la siguiente tabla:

**TABLA 4-1CBR** INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANÁLISIS



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA

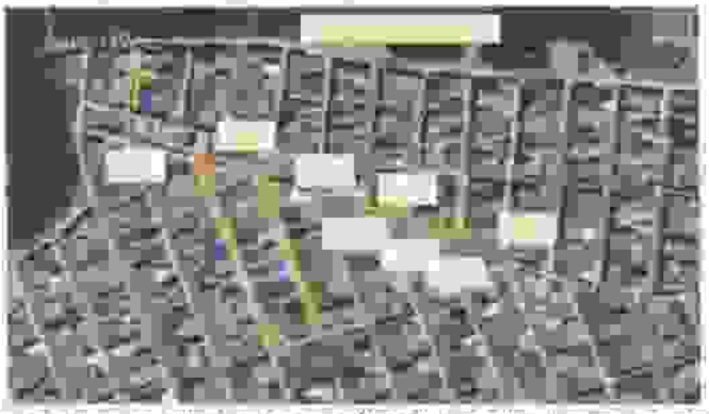
## 4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO

Los corredores de diseño 3 se encuentran conformados cada uno por dos segmentos viales. Por su parte, el corredor 3 se compone de cinco (5) segmentos viales, mientras que los corredores 4, 5, 6 y 7 por tres (3) CIVs respectivamente y, finalmente el corredor 8 por cuatro (4) segmentos, según se muestra a continuación:



Calle 30 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

FIGURA 4-1 UBICACIÓN DE SEGMENTO DE ACUERDO AL CORREDOR



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

**Grupo 3:** Localizado en la Carrera 160D entre la Calle 132A y Calle 132D y se encuentra conformado por el segmento vial 11003901

## 4.3. TRANSITO

Del informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 3, el cual en su gran mayoría son vías peatonales (V9) es menor, en términos de ejes equivalentes de 8.2 T, al mínimo indicado por la Guía de diseño pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías Locales para Bogotá D.C, por lo tanto se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 615.000 ejes equivalentes de 8,2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 4-2 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUIA – GRUPO DE DISEÑO 2

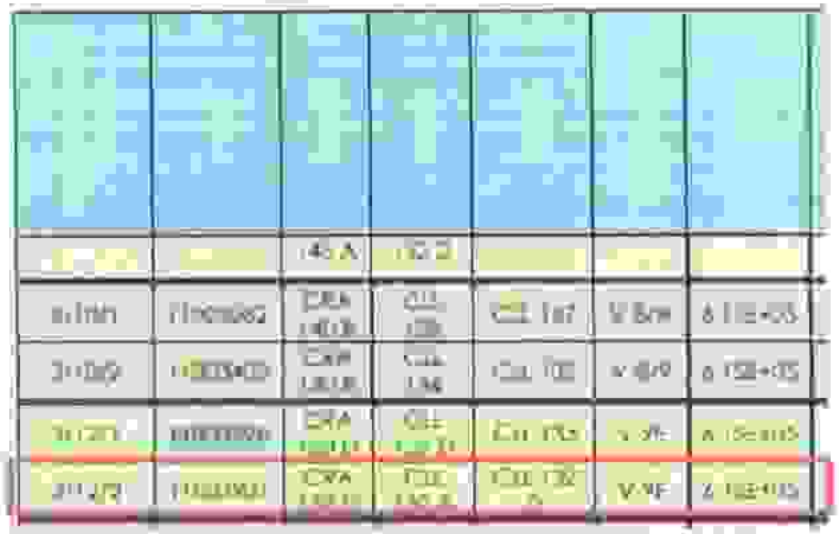
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 11003704 | DG 138 B | CRA 146 B | CRA 149 | V-9[illegible] | 6.720.105 |
| 11003678 | DG 138 F | CRA 141 | CRA 149 BIS | V-9[illegible] | 6.153.109 |
| 11003684 | DG 138 F | CRA 149 BIS | CRA 149 A | V-9[illegible] | 6.720.105 |
| 11003650 | DG 138 F | CRA 149 A | CRA 149 B | V-9[illegible] | 6.153.109 |
| 11003707 | CRA 150 D | CLL 130 A | CLL 130 D | V-9[illegible] | 6.[illegible].[illegible] |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO

Del Informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el transito de diseño del Grupo 3:

TABLA 4-3 NUMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V3 – GRUPO 1 - GUIA BAJOS VOLÚMENES IDU



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor:

FIGURA 4-2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11003901




FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"



Calle 35 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

87

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor:

TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.6. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO CONTRÁCTILES

Si bien en los capítulos anteriores se presentaron las zonas en las cuales se detectó la presencia de suelos con susceptibilidad contracto expansiva, es necesario que durante la etapa de construcción de las obras se evalúe de forma constante y permanente la calidad y tipología de los suelos de Subrasante con el objetivo de detectar zonas adicionales con presencia de suelos expansivos, ya que de darse esta situación deberá darse, también, el tratamiento que se indica en el presente capítulo.

- Construir la estructura de pavimento definida en los estudios, contemplando el material de mejoramiento correspondiente.

FIGURA 4-3 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.8. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" se presentan las siguientes conclusiones:



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125881487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

- La gran mayoría de las vías de este grupo de diseño son vías V8 las cuales son peatonales, lo que implica un diseño tendiente a pavimento articulado por el menor costo que esta alternativa representa. Por su parte, en las vías vehiculares se propone una estructura de pavimento flexible convencional.

- Se llevaron a cabo apiques o calicatas en cada CIV de diseño de donde se obtiene el perfil estratigráfico y se tomaron muestras para la caracterización principalmente de los suelos de subrasante. Los ensayos que se realizaron corresponden a humedad natural, gradación, límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico), eventualmente ensayos de límites de contracción y CBR's inalterado de la subrasante.

- De acuerdo con los resultados de la información geotécnica, apiques y ensayos de laboratorio, los suelos de subrasante son muy pobres y de muy baja capacidad de soporte y además en algunos casos los suelos han presentado características expanso contráctil dado por la expansión en ensayos de CBR y límites de contracción.

- Existe una perfecta correlación entre la Geología Regional del sector específico de Suba y las condiciones de subrasante obtenidas de la caracterización de la subrasante.

- El dimensionamiento de las estructuras de pavimento corresponde al diseño con el CBR en condiciones saturadas que a pesar de que es la condición más crítica, esta situación se evidencia por la cercanía al río Bogotá.

- Se plantean dos (2) alternativas de diseño enfocadas en el tipo de estabilización de la subrasante, pero sin cambiar la tipología de las estructuras, lo que se da en beneficio directo del proyecto.

- El dimensionamiento de las estructuras de pavimento se llevó a cabo bajo la metodología de la Guía de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C , para el caso de vías en pavimento articulado y la metodología AASHTO-93 para el dimensionamiento de las estructuras en pavimento flexible.



Calle 30 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

## 5. ESTUDIO DE TRANSITO

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta el tránsito para el segmento vial CIV 11003901:

Del informe de "Estudio de Tránsito V2" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 2, se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 615.000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

**TABLA 5-1 TRANSITO DE DISEÑO**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

### Análisis 1:

De igual forma, en el Informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un conteo que se relaciona con la estación No. 2, ubicada en la Intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 142 hasta la Calle 139 y se reportaron los siguientes resultados:

**TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142**



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

Teniendo en cuenta que el tránsito de estudio previos obedece a 550.000 ejes equivalentes de 8.2, se presenta la siguiente equivalencia para estimar el tránsito en repeticiones esperadas por tipo de vehículo, es necesario aplicar factores de equivalencia de carga (FEC) específicos para cada vehículo. Estos factores reflejan el daño relativo que cada tipo de vehículo genera al pavimento en comparación con un eje estándar de 8.2 toneladas. A continuación, se presenta la siguiente estimación de composición vehicular:

TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO

| | |
|---|---|
| Autos | 0 |
| Moto o Bicis | 0.4 |
| Buses | 0.4 |
| Bus Intermunicipales | 1.0 |
| C2P | 1.14 |
| C2G | 3.44 |
| C3 C4 | 3.76 |
| C5 | 4.4 |
| >C5 | 4.79 |

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO COLOMBIA

Teniendo en cuenta la tabla anterior, se utilizan los FEC por cada vehículo y se obtienen los siguientes resultados:

TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS

| Tipo | Cantidad | FEC estimado | Repeticiones equivalentes |
|---|---|---|---|
| Automóvil | 2026 | 0 | 0 |
| Microbús | 235 | 0,4 | 94 |
| Buseta | 110 | 0,4 | 44 |
| Bus inter | 2 | 1 | 2 |
| C2P | 215 | 1,14 | 245,1 |
| C2G | 151 | 3,44 | 519,44 |
| C3 | 5 | 3,76 | 18,8 |
| C3-S2 | 0 | 3,76 | 0 |
| C3-S3 | 29 | 3,76 | 109,04 |
| Moto | 943 | 0 | 0 |
| Bicicleta | 882 | 0 | 0 |
| Total Repeticiones Día | | | 1032,38 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Con una proyección de periodo de diseño se tiene para 20 años, crecimiento del tráfico anual del 3%, y 365 días al año.

Se usa esta formula para estimar las repeticiones acumuladas:

$$N = EPS_{1_{año}} \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

N=10.125.259 repeticiones equivalentes de 8.2 toneladas.

El valor estimado de repeticiones acumuladas a 20 años se derivó del aforo vehicular realizado el miércoles 19 de noviembre de 2019 en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 139, correspondiente a la estación No. 2 del estudio de tránsito. Para el diseño de la estructura de pavimento del segmento CIV 11003901, y con el fin de evitar una sobredimensión innecesaria, se adopta un enfoque de diseño conservador pero seguro, basado en datos reales. En consecuencia, se considera únicamente el 8% del volumen total registrado en dicho aforo, dado que los datos corresponden a una intersección con un flujo vehicular elevado en comparación con el tramo objeto de análisis. Esta proporción se justifica por la necesidad de ajustar el diseño a condiciones operativas más representativas del segmento vial intervenido, manteniendo al mismo tiempo un margen de seguridad estructural.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se presenta la siguiente tabla resumen con las repeticiones estimadas:

TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS NO. 1

| Peso (toneladas) | Repeticiones |
|---|---|
| 8.2 | 810,020 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**Análisis 2:**

De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un tránsito 650.000 ejes equivalentes de 8.2 para la estimación que se hizo en el informe del año 2019. A continuación, se presenta el análisis a considerar.

TABLA 5-6 TRANSITO BAJO ANÁLISIS NO. 2

| Tasa de crecimiento: 3% | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Año 2019 | Año 2020 | Año 2021 | Año 2022 | Año 2023 | Año 2024 | Año 2025 |
| 650000 | 669500 | 689585 | 710273 | 731581 | 753528 | 776134 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La tabla presentada se construyó a partir de las estimaciones de tránsito reportadas en los estudios previos del componente de tránsito correspondientes al año 2019. No obstante, considerando que el año base para el análisis es 2025, se realizó una proyección del volumen de tránsito aplicando una tasa de crecimiento anual del 3% (informe de tránsito



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

97

de: FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA). Esta proyección tiene como objetivo establecer un criterio de diseño bajo condiciones conservadoras y seguras, sin incurrir en una sobredimensión innecesaria de la estructura del pavimento.

Finalmente, es importante resaltar que el presente análisis se basa en los estudios previos desarrollados en el marco del contrato No. 345-2018, específicamente en la información contenida en el estudio de tránsito elaborado en dicha consultoría. Con fundamento en estos antecedentes y considerando los datos de volúmenes vehiculares y composición del tráfico reportados, se proyecta un valor de tránsito acumulado de **778.134 vehículos equivalentes** para el horizonte de diseño. Este valor constituye la base para el dimensionamiento estructural, en concordancia con los lineamientos técnicos establecidos en las metodologías de diseño vial vigente.



BB

# 6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

En el desarrollo del presente estudio se diseñará la alternativa de diseño:

- Pavimento rígido mediante el método de la Portland Cement Association PCA 84.
- Pavimento rígido mediante el método AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

## 6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO

Al presentar una propuesta de diseño del pavimento, es necesario considerar tres variables fundamentales, como lo son: la exploración geotécnica (determinar las características del perfil estratigráfico existente), la evaluación estructural del pavimento (evaluación del deterioro superficial), diseño geométrico (rasante) y las cargas de tránsito proyectadas en el periodo de intervención.

Como fue indicado en el Alcance del documento, este informe busca definir la propuesta de intervención a nivel de pavimento para el CIV11003901

- **MATERIALES**

Los materiales deberán cumplir con las especificaciones IDU-18, resolución 010910 del 27 de diciembre de 2019 de la siguiente manera:

- Capas de concreto hidráulico: IDU-800-18.
- Capas de material granular: IDU-500-18.
- Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales: IDU-410-18.

### 6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN:

<u>Alternativa</u>

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 18 cm de espesor (MR: 4,1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

(*) Tener presente que en la actual etapa NO se ha ejecutado exploracion geotécnica. La información es de estudios previos.

TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Tramo de Estudio | Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) |
|---|---|---|
| CIV11003901 | Rígido | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón en un espesor 30 cm. incluye sello de 10 cm de material granular. |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **CLIMA Y TEMPERATURA**

Bogotá D.C. tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)4.

Temperatura promedio = 20 °C
Precipitación media anual = 1258 mm/año

### 8.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO

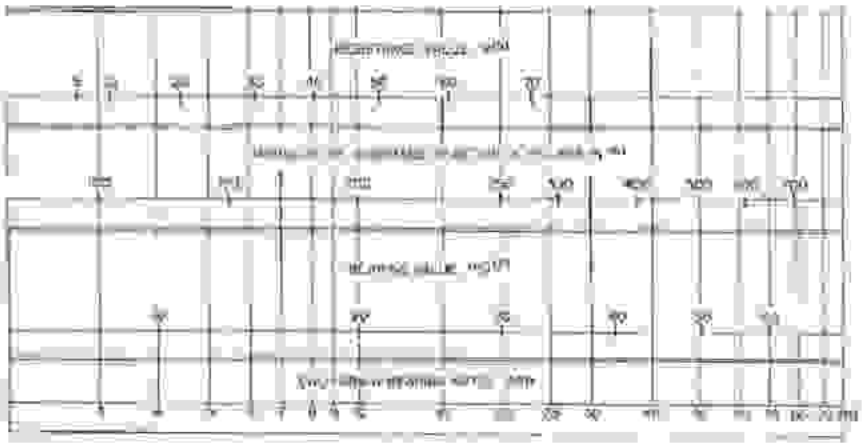
Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga

4 ESTACIÓN IDEAM-2120522- UNIVERSIDAD NACIONAL

- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.



Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements. Portland Cement Association, 1984.

**Table 1. Effect of Untreated Subbase on k Values.**

| Subgrade k value (pci) | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 9 in. | 12 in. |
| 50 | 65 | 75 | 85 | 120 |
| 100 | 130 | 140 | 160 | 190 |
| 200 | 230 | 250 | 290 | 340 |
| 300 | 320 | 350 | 410 | 480 |

**Table 2. Design k Values for Cement-Treated Subbases**

| Subgrade k value, pci | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 8 in. | 10 in. |
| 50 | 120 | 130 | 150 | 180 |
| 100 | 200 | 220 | 240 | 280 |
| 200 | 310 | 340 | 380 | |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

### 6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGIDO

Para el diseño del pavimento rigido se mediante el método AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Periodo de diseño: **20 años.**

### 6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Indice de Serviciabilidad 4.2 – 2.0.

### 6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd: 0.90 – Regular para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las caracteristicas del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

TABLA 6-2 VALORES DE Cd RECOMENDADOS

| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 – 5% | 5 – 25% | Más de 25% |
| Excelente | 1.25 – 1.20 | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 |
| Muy pobre | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 – 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 6.1.3. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla:

TABLA 6-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R [%] | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Colectoras | 80.0 – 95.0 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R [%] | 50 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 98 | 99.99 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Z_R$ | 0.000 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -2.054 | -3.750 |

| Proyecto de pavimento | $S_o$ | |
|---|---|---|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Valor $S_o$: 0.35
Modulo de elasticidad concreto: 4.228.920 psi.
$f'_c$ = 5500 psi.

$$E = 57.000 \cdot \sqrt{f'_c}$$

E = módulo de elasticidad en psi
$f'_c$ = resistencia a compresión del concreto en psi

Módulo de rotura concreto: 4.1 MPa = 594 PSI.
Coeficiente de transferencia de carga (J): 2.7 para juntas con pasadores.

### 6.1.2 MÓDULO RESILIENTE

De acuerdo con Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" efectuada en el tramo objeto de estudio, el módulo Resiliente- MR, corresponderá a los valores de resistencia de la subrasante obtenidos en los ensayos de CBR en inmersión, los cuales fueron registrados en el capítulo de Estudios previos.

El valor de **CBR promedio y de diseño es 2.0%**



93

TABLA 6-4 ANÁLISIS DE CBR (%)

| CBR DE DISEÑO |
|---|
| 2.0 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con lo anterior, el módulo se correlaciona con el valor promedio de los valores de CBR de laboratorio en inmersión (Capítulo de Estudios Previos), teniendo en cuenta la ecuación-14, para CBR<10%, de la Guía para diseño de estructuras de pavimento de AASHTO/1993,

$$Mr = 1500 * CBR, \text{ (psi) (14)}$$

Si CBR<10%

TABLA 6-5 MÓDULO RESILIENTE

| Tramo de Estudio | CBR diseño (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|
| CIV 11003901 | 2.00 | 3000 | 20.68 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, se requiere realizar un mejoramiento de la subrasante, para lo cual se propone la realización de un mejoramiento con material tipo rajón (IDU No. ET-410-18), al que se le establecen las siguientes características:

- Espesor de mejoramiento mínimo: 30 cm

Con base en estas características, se determina las características del CBR mejorado con la metodología de IVANOV, de acuerdo a la siguiente formulación, donde:

Eequiv: Módulo Resiliente compuesto de la subrasante mejorada

Einf: Módulo Resiliente capa inferior

N: Parámetro de rigidez, determinado a partir de los módulos de las capas inferior y superior

A: Radio de carga

H: Espesor de la capa de mejoramiento o capa superior

$$h = \frac{2A}{N} * \tan\left[\frac{1 - E_{inf}/E_{equiv}}{\frac{2}{\pi} * \left(1 - 1/N^{3.5}\right)}\right] \quad (15)$$

$$N = \left[\frac{E\,sup}{E\,inf}\right]^{\frac{1}{3}}$$

El módulo de la cada inferior es estimado a partir de la siguiente expresión:

$$E = 10 * CBR(\%) \quad (16)$$

El módulo de la capa superior, tomando en consideración que el módulo de las capas granulares es dependiente del estado de esfuerzos y confinamiento de las capas, se determina a partir de la ecuación de Shell, en función del espesor de capa de mejoramiento y el módulo de la capa inferior mediante la expresión.

$$Esup = 0{,}2041 * E\,Inf * H^{0{,}45} \quad (17)$$

| CBR de subrasante | Modulo de subrasante | | Modulo de mejoramien | Espesor mejoramiento | Módulo combinado de Subrasante+Mejoramiento | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CBR de SBR (%) | Esr (MPa) | Esr (kg/cm²) | Ege (MPa) | Hge (cm) | Eeq (kg/cm²) | Een (MPa) | CBR (%) |
| 2,00 | 20,00 | 203,9 | 76,9 | 30,0 | 463,0 | 45,4 | 4,5 |

TABLA 6-8 ANÁLISIS DE CBR (%)

| Tramo de Estudio | Mejoramiento de la subrasante (m) | CBR Equivalente (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|---|
| CIV11003901 | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón en un espesor 30 cm, incluye sello de 10 cm de material granular. | 4.5 | 6750 | 46.53 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 6.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO

Es este capítulo se presentan las estructuras de pavimento definidas para las vías del proyecto y el espacio público. Se incluyen las estructuras de pavimentos y los espesores de sus capas. En el Anexo se presentan las memorias de cálculo del diseño.

- Pavimento rígido con losas de concreto apoyadas sobre sub-base granular.

Para el diseño del pavimento rígido se empleará la metodología PCA 84 y se realizará la realizará la verificación de esfuerzos y deformaciones con el software EverFe

**PARÁMETROS DE DISEÑO**

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU MR41.
- Juntas con pasadores de transmisión de carga
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

**MÓDULO DE REACCIÓN k DE LA SUPERFICIE DE LA SUBRASANTE**

El valor de k se puede determinar mediante la siguiente correlación con el CBR:

$$k_{[psi]} = 0.25 + 5.13 \log CBR$$

$$k_{[psi]} = 36.05\, k_{[kg/cm^2]} \quad (14)$$

k= 130.29 lb/pulg3

El valor mostrado anteriormente se obtiene a partir del CBR mostrado anteriormente correspondiente a 4.5%, teniendo en cuenta el valor de mejoramiento con razón en un espesor de 30 cm, con sello de 10 cm de material granular.

**ALTERNATIVA PCA (CIV11003901):**

La sub-base se recomienda para prevenir el fenómeno de bombeo, y su presencia aumenta la capacidad de soporte de pavimento optimizando el espesor de la losa de concreto. A continuación, se presenta el incremento que se puede obtener mediante la instalación de 15 cm de sub-base:

**TABLA 6-7 VALORES DE K CONJUNTO A PARTIR DEL CAPAS GRANULARES**

| Valor de k para sub rasante | | Valor de K para sub base granular | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100 mm | | 150 mm | | 225 mm | | 300 mm | |
| Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 |
| 20 | 73 | 25 | 85 | 28 | 99 | 32 | 117 | 36 | 130 |
| 40 | 147 | 45 | 165 | 48 | 180 | 57 | 210 | 66 | 246 |
| 60 | 220 | 64 | 236 | 68 | 245 | 76 | 280 | 90 | 330 |
| 80 | 296 | 87 | 320 | 90 | 330 | 100 | 370 | 117 | 430 |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

De acuerdo con el valor de k obtenido a partir de un CBR de 4.5%, ingresamos con el valor de 130.28 lb/pulg3 (36.69 Mpa/m) para obtener el valor de k conjunto de = 42.8 MPa/m (156 lb/pulg3) mediante la aplicación de una capa de sub granular de 15 cm.

Teniendo en cuenta lo citado anteriormente y a partir de la utilización del software computacional BS-PCA se obtiene un espesor de losa de 16 cm, tal como se muestra a continuación:

**TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA**




**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

En el anexo se encuentra la memoria de cálculo.

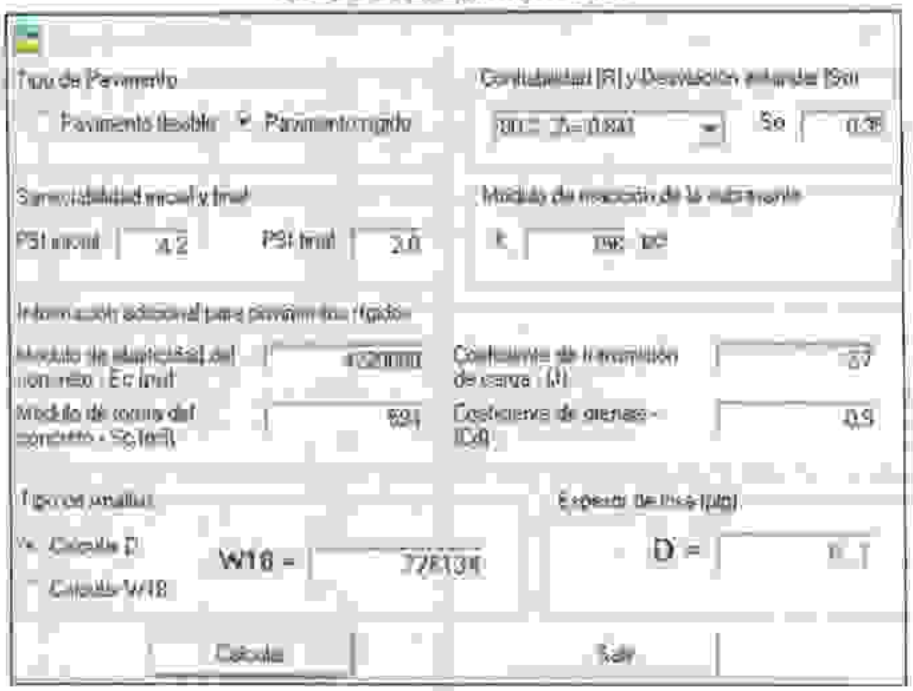


Calle 30 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850297
consorciosubamt@gmail.com

## ALTERNATIVA AASHTO (CIV11003901):

La altamativa para la metodología AASHTO, presenta el siguiente resultado:

**TABLA 6-9 ALTERNATIVA AASHTO**




**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

Teniendo en cuenta la metodología AASHTO, el espesor de la losa es de 16 cm.

### Calidad del concreto

La resistencia a la flexión se expresa en su Módulo de Rotura. Para el presente diseño, se propone un módulo de rotura de 4,1 MPa.

### Transferencia de Carga

Se considera el diseño con pasadores.

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR. 4,1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con lo anterior, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado



Calle 35 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

TABLA 6-10 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura (*) | |
|---|---|---|---|
| Rígida | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón ET 410-18 de forma puntual en un espesor de 30 cm Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub-base granular. | Descripción | Espesor (cm) |
| | | Concreto Hidráulico | 16 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con rajón | 30 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

(*) Generalmente, la metodología PCA tiende a arrojar un espesor de losa mayor que la metodología AASHTO. Esto se debe a que PCA evalúa directamente los esfuerzos que actúan sobre la losa (tracción, flexión y tensiones térmicas), considerando condiciones críticas como carga en el borde, expansión térmica, fricción entre losas y gradientes de temperatura, lo cual conduce a diseños más conservadores en ciertos contextos, especialmente en aplicaciones industriales o con alta variabilidad térmica.
En cambio, AASHTO se basa en modelos empíricos, ajustados a condiciones de prueba específicas (AASHO Road Test), por lo cual sus resultados pueden ser menos conservadores, especialmente fuera de los rangos para los cuales se calibró la ecuación.

**Modulación de losas:**

El concreto hidráulico como superficie de rodadura, se encuentra sujeto a diferentes esfuerzos, entre los cuales se encuentran: cargas de tránsito, contracción y expansión del concreto (el concreto al endurecer ocupa menos volumen que cuando está fresco) y diferencias de temperatura o humedad entre la fibra superior y la inferior, entre otras. Con el fin de contrarrestar estos esfuerzos, no es suficiente el proporcionar un espesor adecuado, sino proyectar juntas longitudinales y transversales que impiden un fisuramiento temprano del concreto, estas juntas deben estar diseñadas técnicamente, mediante el empleo de los siguientes criterios:

***Espaciamiento de Juntas***

- ✓ La separación de las juntas transversales se encuentra en función del espesor del pavimento, mediante la relación:

$$S = (21 \text{ a } 24)\, d$$

*Ecuación 1*

Donde,
S = Separación de la junta
d = espesor del pavimento

21 = Para valores máximos de fricción entre la base y el pavimento.
24 = Para valores normales de fricción entre la base y el pavimento.

*Para el espesor del CIV11003901 de 16 cm la separación máxima entre juntas transversales es de: 2.60m.*
La relación entre el largo y el ancho de la losa debe encontrarse entre un intervalo de 1 y 1,25.

$$1,0<largo/ancho<1,25$$

En función del espesor de la losa, la longitud de la losa debe ser máximo 25 veces el valor del espesor.

$$L \leq 25\ H$$
$$L_{pp} \leq 5,0$$
$$L_{pl} \leq 7,5$$

Donde
L: Longitud de la Losa
H: Espesor de la Losa (m)

Teniendo en cuenta que el segmento vial tiene un ancho aproximado de 5.2 (2.60 por losa) metros la relación de esbeltez, igual a 1,0 la longitud es de 2.60, para losas de espesores de 16 cm. Sin embargo, es importante aclarar que la longitud y ancho de la losa están en función de la geometría de la vía, considerando los criterios antes citados en términos de esbeltez.

**Transferencia Mecánica de Carga**

Aunque es preciso reconocer que los agregados ofrecen mediante su trabazón un grado de transferencia de carga; debido al tráfico de la vía en estudio es necesario implementar una transferencia de carga mecánica mediante la disposición de dovelas (barras de acero lisas insertadas en las juntas) que buscan transferir cargas sin restringir el movimiento horizontal.

Pasadores: Considerando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para una losa cuyos espesores de 160 mm se requiere el empleo de pasadores lisos, constituidos por Barras de 3/4" de diámetro, de 35 cm de longitud y separación entre centros de 30 cm.

TABLA 5-11 PASADORES SEGÚN PCA

| ESPESOR DE LOSA (pulg) | DIAMETRO DEL PASADOR (pulg) | LONGITUD (pulg) | ESPACIAMIENTO (pulg) |
|---|---|---|---|
| 4 | 5/8 | 12 | 12 pulgs o centro |
| 6 | 1 | 14 | |
| 7 | 7/8 | 14 | |
| 8 | 1 | 14 | |
| 9 | 1 1/8 | 16 | |
| 10 | 1 1/4 | 18 | |
| 11 | 1 3/8 | 18 | |
| 12 | 1 1/2 | 20 | |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Barras de anclaje: Tomando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para un ancho de carril de 2.60 m y un espesor de losa de 18 cm, en las juntas longitudinales se emplearán barras corrugadas de ½" pulgada de diámetro, de fy = 280.0 MPa, con una longitud de 0,60 m y una separación entre las mismas de 0.60 m

TABLA 5-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA

| Espesor losa (mm) | Varillas de ½" | |
|---|---|---|
| | Long (mm) | Separación entre centros (m) |
| | | Carril 3.80 m |
| 150 | 600 | 0.80 |
| 175 | | 0.60 |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Es fundamental asegurar la correcta alineación y nivelación de pasadores y dovelas para garantizar una transferencia de carga eficiente y evitar concentraciones de esfuerzo.

Durante la construcción, se debe verificar la correcta colocación y fijación de los pasadores y dovelas antes del vertido del concreto.

**Esfuerzo y deformación:**

**Parámetros iniciales:**

**Espesor de la losa (h):** 18 cm.
**Módulo de ruptura del concreto (MR):** 4.1 MPa.
**Módulo de elasticidad del concreto (E):** 31,000 MPa.
**Relación de Poisson (v):** 0.15.
**Módulo de reacción de la subrasante (k):** 42.8 MPa/m.

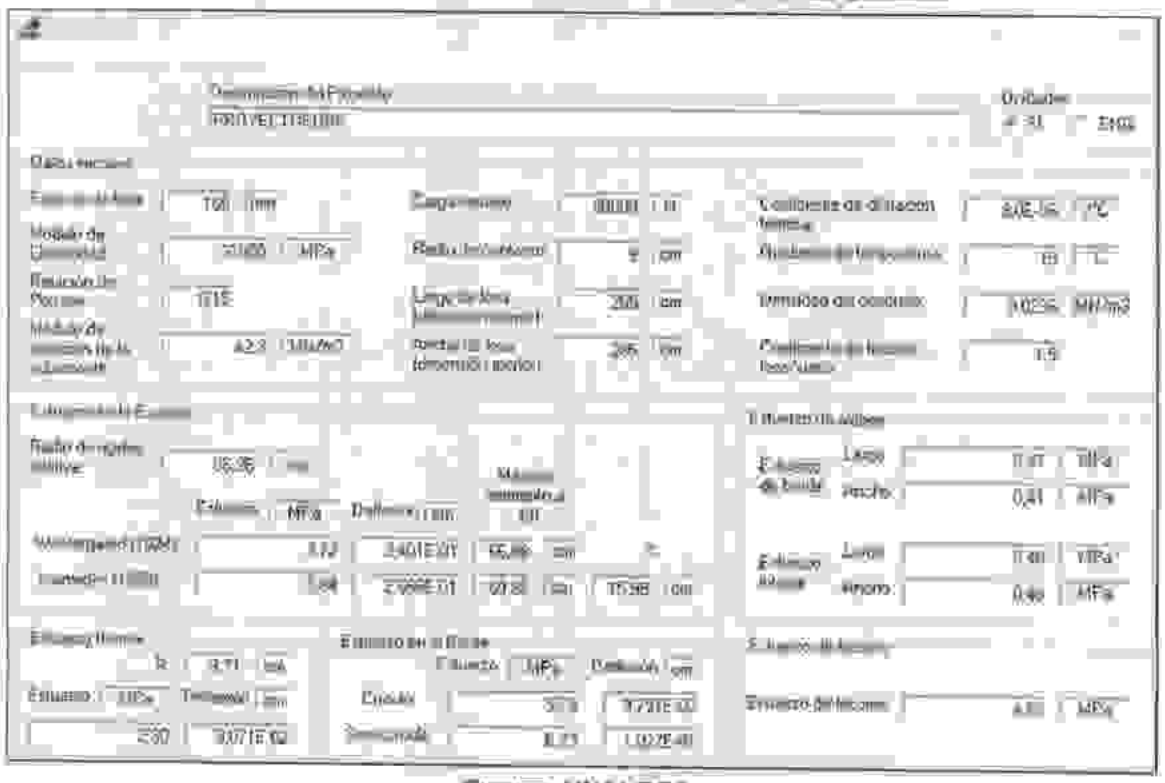


Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

**Carga aplicada (P):** 8.2 Toneladas
**Radio de contacto de la carga (a):** aproximadamente 150 mm.

Asimismo, mediante el software especializado UNALOSA, se lleva a cabo la verificación de los estados de esfuerzo y deformación asociados a una losa de pavimento con espesor de 16 cm.

**TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA**




**FUENTE: UNALOSA**

## Conclusión

Bajo una carga de 80 kN, la losa de concreto de 16 cm de espesor, con un MR de 4.1 MPa, apoyada sobre una subbase granular de 15 cm y una subrasante con k = 42.8 MPa/m, experimentaría un esfuerzo interior máximo de aproximadamente 2.80 MPa y una deflexión máxima de 0.30 mm. Ambos valores están dentro de los límites aceptables, indicando un diseño estructural adecuado para las condiciones planteadas.

# 6 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO

En el presente apartado, se desarrolla el diseño de pavimentos para los andenes teniendo en cuenta las caracteristicas geotécnicas de la subrasante, los materiales de la estructura y los espesores mínimos permitidos. Este diseño, se llevará a cabo de acuerdo con lo establecido en la Cartilla de Andenes de la Secretaría Distrital de Planeación (SDP modificación 07-06-2018).
En concordancia con la propuesta de diseño urbanistico, se plantea una de estructura de andén, en concreto estampado.
Con base en los resultados de la exploración geotécnica realizada para las vias a intervenir, se caracteriza de la misma manera el suelo de subrasante para las estructuras de los andenes pertinentes, de acuerdo con lo establecido en el apartado de Procesos Constructivos de la Cartilla de Andenes (Mod. 2018), para asi mismo establecer una estructura tipica para los mismos. A continuación, se define el tipo de subrasante en función de los valores de CBR natural en condición de inmersión.

TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR

| TIPO DE SUBRASANTE | CBR en (condición de inmersión) |
|---|---|
| S1 | Mayor o igual a 3% |
| S2 | Menor de 3% |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

Con base a lo anterior, conservando para el diseño de andenes el CBR de diseño de los segmentos viales vehiculares, se obtiene un suelo Tipo S2, lo cual indica que se requieren actividades de mejoramiento.

TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR

| Tipo de Suelo encontrado en la Subrasante | Clasificación AASHTO | Clasificación SUCS | CBR | Proceso a seguir |
|---|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.



Calle 35 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

103

De acuerdo con la tabla anterior, se define la clasificación AASHTO del suelo existente, el cual funcionara como subrasante en función del CBR y se determinó que se deba mejorar la subrasante, teniendo en cuenta las condiciones del suelo la alternativa de mejoramiento se realizará reemplazando 20 cm de espesor del material inadecuado de la subrasante por material granular con CBR mínimo de 10%..

Posteriormente se establecen los criterios de diseño de acuerdo con el tipo de superficie y el usos posible del espacio público, para este proyecto se tomó el criterio de Diseño 1, de la Cartilla de Andenes Bogotá D.C. de la Secretaría Distrital de Planeación, la cual dice textualmente: "Para el espacio público peatonal y la red de ciclorruta a nivel de andén, por donde no circula ningún tipo de vehículo pesado, se propusieron espesores mínimos de construcción, con subbase granular tipo SBG_ PEA_B, según Especificación IDU o vigente. Aplica para estructuras articuladas y flexibles, y acceso vehicular de vivienda (máximo 2 vehículos livianos)".

Teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados, se propone la estructura de pavimento peatonal con sus espesores.

**ILUSTRACIÓN 1 ESTRUCTURA DE ESPACIO PÚBLICO PEATONAL**

*Estructuras para Espacio Público Peatonal y Red de ciclorrutas (a nivel de andén) para Subrasante - Tipo S2 y Criterio de diseño 1*




Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P

Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:

TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1600 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorado |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA", se puede concluir que para la estructura de pavimento de la zona peatonal se dispone de una sola zona homogénea, y con la cual se proyectó la estructura mostrada en la tabla anterior.

## 8.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR

De acuerdo con la Cartilla de Andenes Bogotá D.C, las rampas no solo dan acceso vehicular a los predios sino también el acceso de las personas con movilidad reducida a los andenes y zonas peatonales que serán construidos con el desarrollo del proyecto.

Para un suelo S2 con CBR < 3%, tránsito de vehículos livianos y paso ocasional de vehículos comerciales tipo C2, se obtuvieron los espesores de las rampas vehiculares al proyecto de acuerdo a los criterios de la Cartilla de Andenes– DADP.

ILUSTRACIÓN 2 ESTRUCTURA PARA RAMPA DE ACCESO VEHICULAR




Fuente: Cartilla de Andenes SDP , 2015



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 15 | Placa de Concreto MR 41 kg/cm² |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 50 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

El concreto hidráulico se recomienda con módulo de rotura de 41 kg/cm conformado con la granulometría AG-1 (Tamaño máximo del pétreo de 2½ pulgadas), presentada en la Sección 500 Pavimento de Concreto Hidráulico.

En los lugares donde sea necesario completar niveles se hará con un material seleccionado por capas no mayores a 0.20 m logrando una densidad mínima del 95%, estos materiales seleccionados deben cumplir con características geotécnicas tales como IP menor o igual a 10%, contenido de finos menor o igual a 25%, CBR del 10%, tamaño máximo de 3", esto de acuerdo con el las especificaciones ET-IC-01.

# 7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

La propuesta de diseño contempla la construcción de capas estructurales de pavimento compuestas por materiales tales como mezclas asfálticas y materiales granulares. Atendiendo las especificaciones técnicas válidas en el desarrollo del presente proyecto y las cuales corresponden a las Especificaciones técnicas de construcción del Instituto Nacional de Vías - INVIAS, se presenta a continuación la caracterización de cada una de estos materiales.

- **CONCRETO HIDRÁULICO**

El concreto hidráulico, tiene la particularidad de ofrecer a la estructura una alta resistencia a la compresión que se necesita para soportar y absorber las cargas que circulan. Dicha mezcla deberá cumplir con las características especificadas en IDU-800-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MATERIALES GRANULARES:**

Los materiales granulares deberán cumplir con las especificaciones establecidas en la Especificación Técnica: Capas granulares de base y subbase del capítulo IDU-500-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE**

Los materiales de mejoramiento de subrasante deberán cumplir con las características especificadas en el capítulo IDU-410-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

# 8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES

Para garantizar que los parámetros mecánicos de cada uno de los materiales empleados en el diseño de pavimentos, cumplan con los requisitos establecidos en las Especificaciones Técnicas, su versión o actualización vigente, para la modelación de la estructura de pavimento y puedan ser suministrados por los proveedores adscritos en la base de datos vigente en la página web del IDU, se realizó un análisis de las fuentes de suministro de materiales y mezclas asfálticas, con los cuales se construirán las estructuras de pavimento y espacio público asociado con base en el diseño recomendado.

A continuación, se presentan los proveedores de mezclas asfálticas, agregados pétreos y concreto hidráulico seleccionado por su experiencia y teniendo en que se encuentren vigentes en el "Listado de Proveedores" en la página del IDU.

TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| AGREGADOS PÉTREOS | OPERADOR DEL TITULO MINERO N° EHD-131. KM 3.8 ZONA INDUSTRIAL BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 295 DE 2009 | **DROMOS** |
| AGREGADOS PÉTREOS | KILÓMETRO 10 DE LA VÍA MULTIFAMILIAR LOS CENTAUROS. PUENTE CAÍDO VEREDA EL COCUY PREDIO SAN LUIS SOBRE EL RÍO GUAYURIBA - VILLAVICENCIO | IDU 432 DE 2016 | **REX VILLAVO** |
| AGREGADOS PÉTREOS | CARRERA 6 #153 A- 60 EN LA LOCALIDAD USAQUÉN -BOGOTÁ | IDU 435 DE 2016 | **REX BTA** |
| AGREGADOS PÉTREOS | Av. CRA 7 # 160A-06 SAN CRISTÓBAL NORTE, LOCALIDAD USAQUÉN - BOGOTÁ | IDU 568 DE 2020 | **REX BTA 7MA** |



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| AGREGADOS PÉTREOS | KILÓMETRO 3,5 VEREDA BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 455 DE 2017 | INCOMINERI |
| AGREGADOS PÉTREOS | KM 4 VÍA LA MESA - MONDOÑEDO- MOSQUERA | IDU 582 DE 2020 | LA ROCA |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1.5 VÍA AUTOPISTA MEDELLÍN COSTADO SUR - COTA | IDU 486 DE 2015 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | PREDIO DENOMINADO LOTE 10, EN LA VEREDA SAN JOSE - MOSQUERA | IDU 510 DE 2019 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1,5 VÍA BOGOTÁ- MEDELLÍN, COSTADO OCCIDENTAL VEREDA VUELTA GRANDE - COTA | IDU 582 DE 2020 | GRECO |
| ASFALTO | PREDIO VISTA HERMOSA, VEREDA BALSILLAS - KILOMETRO 25 VIA LA MESA - PLANTA DE ASFALTO CMI | IDU 26 DE 2002 | AA |
| ASFALTO | KM 3,8 EN LA ZONA INDUSTRIAL, VEREDA BALSILLAS MOSQUERA | IDU 187 DE 2005 | DROMOS |
| ASFALTO | KM 17+200 DE LA CARRETERA CENTRAL DEL NORTE (CRA 7 DE BOGOTÁ) | IDU 164 DE 2004 | CTU |



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861467 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| CONCRETO | KR 62 No. 19 - 04 INT. 5, LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA | IDU 22 DE 2002 | HOLCÍM |
| CONCRETO | PLANTA NEREIDAS - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55 A SUR - 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 216 DE 2006 | TREMIX |
| CONCRETO | PLANTA SUR - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55A SUR – 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 439 DE 2016 | POLMIX |

**Zodmes:**

A continuación, se presentan las posibles zonas de depósito para materiales sobrantes de construcción para el Proyecto. Los sitios escogidos como botaderos o zonas de depósito servirán para disponer los materiales estériles y/o sobrantes procedentes de las excavaciones de las vías

Considerando adicionalmente parámetros como capacidad de almacenamiento y condiciones geológicas-geomorfológicas, se escogieron nueve (9) zonas para la disposición de materiales de excavación o botaderos que permitirán almacenar el volumen de material estéril o sobrante en la fase de construcción de la vía (Ver Tabla 13.4).

TABLA 8-2 ZODMES

| CATEGORÍA | NOMBRE – RAZÓN SOCIAL | MUNICIPIO | PREDIO O LOTE |
|---|---|---|---|
| 1. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | CEMEX DE COLOMBIA S.A. | BOGOTA D.C. | Reserva ecológica privada la Fiscala Capacidad. 5.000.000 m3 |
| 2. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE | RECICLADOS INDUSTRIALES | COTA | Lote la Britania Vega. en la Vereda Siberia. Municipio de Cota. |



Calle 38 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

| | | | |
|---|---|---|---|
| CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | DE COLOMBIA S.A.S. | | Cundinamarca Capacidad: 40.000 m3 |
| 3. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | Lotes 2, 3, 4 de los predios identificados con cédulas catastrales N° 00-02-0002-0166; 00-02-0002-0164-000 y 00-02-0002-0163-000, ubicados en la Vereda Panamá del Municipio de Soacha Capacidad 4 000 000 m3 |
| 4. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | RESIESCOL S.A.S ESP | MOSQUERA | Predio denominado Lote 4 A, matrícula inmobiliaria N° 50c - 1433092, ubicado en la Vereda Balsillas del Municipio de Mosquera, Cundinamarca |
| 5. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | MATERIALES Y LOGÍSTICA S.A.S. MYLSA | MADRID | Predios denominados Finca el Paraíso, el Valle de las Mercedes y Finca la Zulia, ubicados en las Veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid Cundinamarca Capacidad: 1 000 000 m3 |
| 6. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | CICLOMAT S.A.S. | COTA | Predio ubicado 600 metros al sur de la Autopista Medellín (calle 80) entrada PRADO-DIDACOL Vía Siberia – Bogotá, Vereda Siberia del Municipio de Cota, Cundinamarca. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | En el predio el Vinculo (Polígono 3) del Municipio de Soacha-km 14 de la Vía Soacha – Sibaté. |
| 8. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | RELLENOS DE COLOMBIA S.A.S EN LIQUIDACIÓN | MOSQUERA | Vereda balsillas. km 3 vía la mesa,, Mosquera, Cundinamarca |
| 9. DISPOSICIÓN DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | MAQUINAS AMARILLAS S.A.S. – MARILLA S.A.S. | BOGOTA D.C. | Plan de manejo y recuperación ambiental de la mina las Manas y Santa Inés en el área del contrato de concesión minera 8151 a nombre de la empresa HOLCIM COLOMBIA S.A (Perfil o-o' sector Nor-Este) Tunjuelito-Bogotá. |

La evaluación de las áreas definidas para boladeros corresponden a superficies suavizadas planas a moderadamente inclinadas en depósitos aluviales recientes de llanura aluvial de los ríos Bogotá, Subachoque y Tunjuelito, así como de los depósitos de terrazas altas de la Sabana de Bogotá, los cuales corresponden a planicies extensas de aspecto aterrazado y morfología ondulada suavemente inclinada y limitada hacia los cauces por escarpes de 2 – 20 m de altura; se encuentran constituidos de arcillas grises, localmente con intercalaciones de arenas finas y delgados niveles de gravas y turbas, en capas paralelas producto de la acumulación de materiales en la cuenca ocupada por el antiguo lago de la Sabana de Bogotá, con espesores de 20 - 300 m.

Estas superficies en depósitos de la llanura aluvial y los depósitos de terrazas de la Sabana de Bogotá pueden presentar una buena condición de estabilidad, teniendo en cuenta la morfología de estas áreas, así como la pendiente y la composición de los materiales que la constituyen Cabe resaltar que el área que conforma la ZODME ubicado en la finca El Paraíso, el valle de las Mercedes y finca La Zulia, de las veredas Puente Piedra y La Cuesta jurisdicción del Municipio de Madrid en Cundinamarca, se encuentra sobre superficies onduladas a inclinadas en laderas de la Formación Arenisca Dura del Grupo Guadalupe y en contacto con los depósitos aluviales de terrazas altas de la Sabana de Bogotá. Estas áreas deben ser evaluadas con trabajo de campo para determinar las condiciones morfodinámicas y de estabilidad de estas superficies. La localización de las ZODMES se presenta en la Figura 13.1, en la cual también se han ubicado las fuentes de materiales.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

112

# 9 ANÁLISIS DE RIESGOS

El análisis de los posibles riesgos en la ejecución del proyecto permite tener un panorama realista donde se considere las posibles eventualidades y su potencial consecuencia, esto permitira establecer planes de contingencia en caso de que se presenten cualquiera de las situaciones citadas.

Para el caso de estudio, se prevén los siguientes riesgos, asociados a la etapa de construcción consecutiva a la etapa de diseño.

TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO

| RIESGO | TIPO DE FALLA | CAUSAS POSIBLES | CONSECUENCIAS |
|---|---|---|---|
| Imprecisión en la determinación del CBR de diseño | Menor resistencia de la subrasante | Muestro Insuficiente | Disminución de la vida útil de la estructura, Falla prematura por deformación de la subrasante |
| | | Errores en el procesamiento de la información | |
| | | Afectaciones climáticas | |
| | | daños en el sistema de drenaje | |
| | | errores en la caracterización del material | |
| Aumentos en los niveles de tránsito | Aumento en el número de ejes equivalentes esperados | Cambios de uso de la vía por desvío | Estructura deficiente para las cargas esperadas, falla prematura de la carpeta asfáltica |
| | | Implementación de nuevas rutas en el corredor vial | |
| | | Aumento de las cargas de los vehículos de transporte | |
| | | Errores en el conteo para establecer el TPD | |
| | | Aumentos inesperados por tránsito atraído/generado | |



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fallas en los materiales | Daños por mala calidad en los materiales instalados | Malos procesos constructivos | Falla de zonas puntuales de la estructura. |
| | | Cambios en la humedad por daños en el drenaje | |
| | | deficiencias en los controles de calidad | |

## 10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las propuestas de intervención RECOMENDADA como parte de las actividades a ejecutar en el proyecto de la referencia, consisten en:

**Alternativa**

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR: 4,1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

Se recomienda el uso del geotextil NT1800 en la estructura de pavimento entre el suelo natural y material de mejoramiento con rajón, para evitar la contaminación entre capas y asegurar la estabilidad de la estructura.

TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura | |
|---|---|---|---|
| | | Descripción | Espesor (cm) |
| Rígida | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón ET 410-18 de forma puntual en un espesor de 30 cm. Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub-base granular. | Concreto hidráulico | 16 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con rajón | 30 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

(*) Tener presente que en la actual etapa NO se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos

De igual forma, se presenta el siguiente gráfico con la estructura de pavimento recomendada:

TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11003901)

| Descripción | Espesor (cm) |
|---|---|
| Concreto hidráulico | 16 |
| Sub-base granular | 15 |
| Mejoramiento con rajón | 30 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La estructura de pavimento recomendada es en flexible, en función de garantizar la distribución de esfuerzos y el empalme con los materiales presentes en cada segmento vial. La alternativa es pavimento rígido es viable des del punto de vista técnico, sin embargo, la modificacion de rigidez de los materiales presentes en la zona puede generar un impacto negativo en la distribución de presiones, además, los costos asociados son muy superiores a la de pavimento flexible y las condiciones de carga no lo ameritan.
Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:

**TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO**

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

La revisión y propuesta se hace de acuerdo a lo presentando en el informe de pavimento del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se tuvieron en cuenta los parámetros geotécnicos, tránsito y consideraciones generales. Sin embargo, se presenta una alternativa de rodadura en concreto hidráulico que garantice la durabilidad y que cuenta con las siguientes ventajas:

- Permite simular adoquines, piedra natural, ladrillo, madera u otros acabados, mejorando notablemente el aspecto visual del entorno urbano o residencial.
- Al estar hecho de concreto hidráulico, soporta cargas vehiculares y condiciones climáticas extremas sin perder su forma ni integridad.
- No se deforma ni se hunde como otros pavimentos modulares; solo requiere limpieza periódica y, en algunos casos, reaplicación del sellador.
- Una vez vaciado el concreto, el estampado se realiza mientras el concreto aún está fresco, lo que ahorra tiempo frente a métodos tradicionales como adoquines o losas prefabricadas.
- Continuidad superficial: Al no tener juntas como los adoquines, evita el crecimiento de maleza y reduce los accidentes.
- Al tener textura superficial, ofrece buen desempeño antideslizante, tanto en zonas peatonales como en pasos vehiculares, incluso en condiciones húmedas.


Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

116

- Aunque su instalación puede ser ligeramente más costosa que el concreto convencional, su vida útil y bajo costo de mantenimiento representan un ahorro a mediano y largo plazo.
- Puede adaptarse a parques, ciclovías, pasos peatonales, calles residenciales, andenes, glorietas, entre otros.

**VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA PLATAFORMA**

Para al caso donde se presenten deformaciones plásticas (mayores a 1cm) ante una prueba de carga (como el paso de volqueta cargada en varios recorridos sobre la plataforma de trabajo), se realizarán mejoramientos puntuales en la subrasante con material tipo tolerable ART 230 INV 2013, resolución 1376 del 26 de mayo de 2014. La prueba de carga se puede hacer con cualquier elemento que cumpla las condiciones de seguridad en función de la sección de la excavación.

- En los sectores en donde existan hundimientos y fisuras severas (h≥20mm) se recomienda ante la existencia de árboles laterales, realizar un tratamiento particular, mediante la tala o restitución de las especies existentes.

## 11 PROCESO CONSTRUCTIVO

### RECOMENDACIONES GENERALES

Dado que los suelos naturales presentan valores de CBR inferiores a 3% se hace necesario estabilizar mecánicamente la subrasante con un material tipo "rajón".

Una vez finalizada la excavación y alcanzado el suelo de subrasante, el material del cuerpo del mejoramiento se colocará en capas sensiblemente paralelas a la superficie de la explanación, de espesor uniforme y lo suficientemente reducido, para que, con los medios disponibles, los vacíos entre los fragmentos más grandes se llenen con las partículas más pequeñas del mismo material, de modo que se obtenga el nivel de densificación deseado.

El rajón, este se colocará directamente sobre la subrasante, evitando su vertido desde alturas mayores a dos metros (2.0 m), con el fin de reducir su segregación. Deberá extenderse con procedimientos manuales ó con equipos livianos debido a las condiciones de la subrasante. Su compactación podrá realizarse con pasadas de buldózer o retroexcavadora, de manera que las puntas del rajón penetren parcialmente en el terreno natural. Posteriormente se realizará la instalación del sello de rajón, el cual puede componerse de un material tipo SBG_C, el conjunto de rajón y sello de 10 cm conformarán el total de espesor de mejoramiento.

La construcción de la capa de rajón deberá adelantarse siguiendo los lineamientos establecidos en la Sección 321-11 de las Especificaciones Técnicas

### INSTALACIÓN DE CAPAS DE BASE Y SUBBASE GRANULAR

La instalación de las capas de base y subbase granular se realizarán cuando la superficie sobre la cual quedarán apoyadas presente la calidad, densidad, cotas y secciones indicadas dentro de los documentos del proyecto, previamente deberá estar concluido todo lo relacionado con los sistemas de drenaje recomendados de acuerdo con el Estudio y Diseño de Redes.

La superficie donde se dispondrá el material se deberá encontrar suficientemente seca y compacta para evitar que se produzcan ahuellamientos o desplazamientos en ella. El material se extenderá en todo el ancho previsto, en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

La cantidad de material extendido será tal, que el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos (2) ó más capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). En este caso, se aplicarán para cada capa los procedimientos de ejecución y control acá descritos. El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes.



Calle 38 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

Una vez que el material de la capa granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo adecuado, hasta alcanzar la densidad especificada.

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo aprobado y/o que normalmente se utiliza, se podrán compactar por otros medios adecuados, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

Una vez terminada la compactación, el Constructor perfilará la superficie de la capa granular, ajustándola a los perfiles longitudinales y transversales del proyecto.

## INSTALACIÓN DE CAPAS DE CONCRETO HIDRÁULICO

El proceso constructivo para pavimento en concreto hidráulico inicia con la limpieza y nivelación del terreno, seguida de la compactación de la rasante. Posteriormente, se coloca y compacta la subbase y, la base hidráulica. Se instalan las formaletas laterales o guías de nivel, y se procede a colocar el refuerzo de acero. El concreto es vaciado, extendido y vibrado para garantizar su adecuada consolidación, luego se alisa y texturiza la superficie según el acabado requerido. Una vez terminado, se realizan los cortes de juntas de contracción y construcción, y se aplica el curado mediante compuestos químicos o métodos húmedos por un mínimo de siete días. Finalmente, se inspecciona la calidad de la obra y se permite el tránsito vehicular/peatonal de acuerdo con los tiempos de fraguado y resistencia establecidos en el diseño.

## 12 FUENTES DE CONSULTA


- INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO-IDU. ANEXO TÉCNICO DE DIAGNÓSTICO PARA CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL PARA BOGOTÁ. Version 5.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS AASHTO. Guide for design of pavement structures. Washington: AASHTO, 1993.
- Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción del Innstituto Nacional De Vías – 2013.
- Normas de ensayos de materiales INVIAS-2013. Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014.
- Shell International Petroleum Company Limited. Addendum to the Shell Pavement Design Manual. London, 1985
- Yang H. Huang. Pavement Analysis and Design. Second Edition. Pearson Prentice Hall. UnitedStates of America. 2004.
- HIGUERA SANDOVAL, CARLOS HERNANDO. Nociones sobre métodos de diseño de pavimentos para carreteras. UPTC. Tunja, 2008.
- IDU, INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO. Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción, para proyectos de infraestructura vial y de espacio público, para Bogotá D.C. 2019.




Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

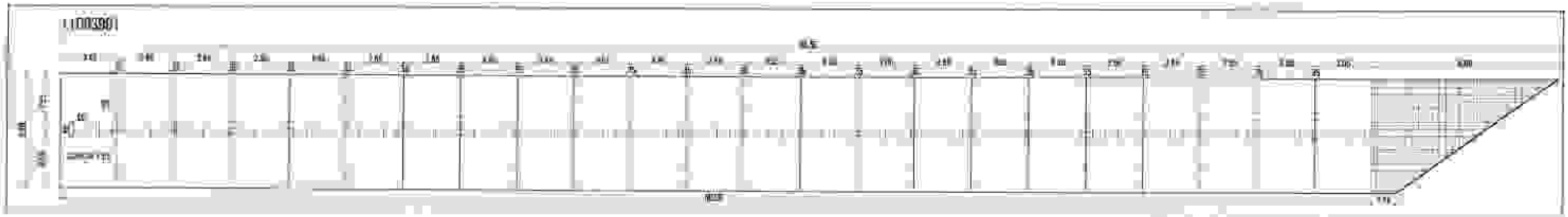
**DISENO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA**
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**
**Software : BS-PCA**

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 149 PCI (lb/pulg3)
Espesor Losa : 160 mm
Modulo de Rotura : 42 Kg/cm2
Bermas : NO
Pasadores : SI
Factor de Seguridad Cargas : 1
Factor de Mayoración Repeticiones : 1

Resultados :

| Carga Tn | Carga FS kN | Repeticiones Esperadas | Repeticiones Admisib_Fatiga | Consumo Fatiga % | Repeticiones Admisi_Erosion | Consumo Erosion % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **JES SIMPLES** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | Factor Erosion: 0,0000 | | |
| 6,00 | 58,80 | 776.134 | 27.138.702 | 2,86 | 21.171.820 | 3,67 |
| **EJES TANDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | Factor Erosion: 0,0000 | | |
| **EJES TRIDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | Factor Erosion: 0,0000 | | |
| | | | Total : | 2,86 | | 3,67 |

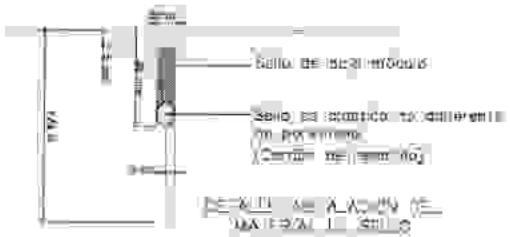


DETALLE No. 1



DETALLE DE JUNTA TRANSVERSAL
CON PASADORES
Según normativa

DETALLE No. 2




DETALLE DE APLICACIÓN DE
MATERIAL DE SELLO

DETALLE No. 3



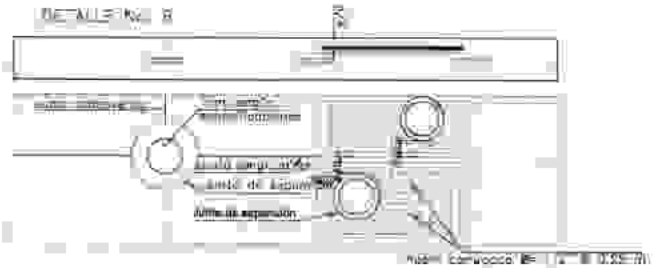
Junta de expansión impuesta de un mínimo de
40mm en material flexible y sellada
con un producto de alta elasticidad

DETALLE No. 4

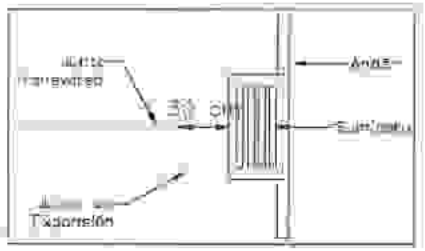


DETALLE DE JUNTA LONGITUDINAL
CON BARRAS DE ANCLAJE

DETALLE No. 5



DETALLE No. 6

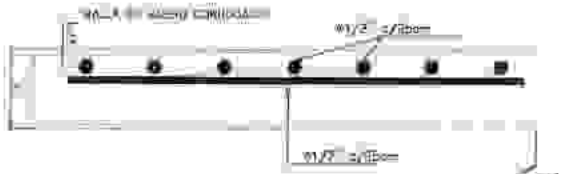



DETALLE No. 7

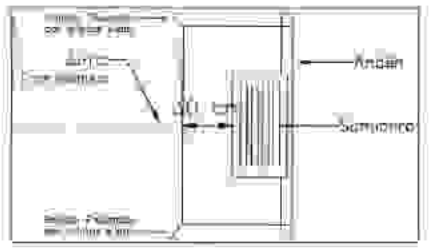


DETALLE JUNTA DE EXPANSIÓN CON PASADOR
Cada 100 metros aproximadamente
en curvas y pendientes pronunciadas

DETALLE No. 8




ESQUEMA DE UBICACIÓN DE LA BARRA HORIZONTAL
PARA REFUERZO EN PAVIMENTOS ESPECIALES



# CONSORCIO SUBA MT

NIT. 901902578-2

COP 1013-2024-LP (119224)

**CONSORCIO SUBA MT**
**GRUPO 3**

**REVISION Y AJUSTE A DISEÑO DE PAVIMENTOS DEL CONTRATO DE CONSULTORIA 345 DE 2018**

**OBJETO DEL CONTRATO: EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO (GRUPO 1) EN LA LOCALIDAD DE SUBA EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO**

**CIV 11003641**

**SEGMENTO VIAL SOBRE LA CALLE 138 A ENTRE LA CARRERA 155 Y CARRERA 157**

**BOGOTÁ D.C, JUNIO DE 2025**

Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861467 – 3115850207

## CONTROL DE DOCUMENTOS

| ESTADO REVISIÓN Y APROBACIÓN | NOMBRE | CARGO | FIRMA | FECHA |
|---|---|---|---|---|
| **POR EL CONTRATISTA DE OBRA** | | | | |
| Realizo | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | MAO SEBASTIAN BERMEO | | JUNIO 2025 |
| **POR LA INTERVENTORIA DE OBRA** | | | | |
| V°. B°. INTERVENTORIA | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | Ing. Everardo Pardo Guio | | JUNIO 2025 |

**MODIFICACIONES**

| FECHA | VERSIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN |
|---|---|---|
| 04-06-2025 | 00 | Versión Inicial N° 00 |
| 24-06-2025 | 1.0 | Atención de observaciones de acuerdo a comunicado FRO-085-146-2025. |
| 12-07-2025 | 2.0 | Atención de observaciones de acuerdo a comunicado FRO-085-184-2025. |

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 7

1. OBJETIVOS Y ALCANCE 8

1.1. OBJETIVOS GENERALES 8
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8
1.3. ALCANCE 8

2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA 10

2.1. LOCALIZACIÓN 10
2.2. CLIMA 11

3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO 13

3.1. PCA 13
3.2. AASHTO 14
3.2.1. SUBRASANTE 14
3.2.2. TRANSITO 15
3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA 15
3.2.4. SERVICIABILIDAD 15
3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD 15
3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 16
3.2.7. CONFIABILIDAD 17
3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J): 17

4. ESTUDIOS PREVIOS 18

4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA 18
4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO 19
4.3. TRANSITO 19
4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO 20
4.5. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO CONTRÁCTILES 21
4.6. CONCLUSIONES 22

5. ESTUDIO DE TRANSITO 23

6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 27

5.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO 27
6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN: 27
6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 28
6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 30
6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD 30
6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 30
6.1.3. CONFIABILIDAD 30
6.1.2 MÓDULO RESILIENTE 31
6.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO 34
ALTERNATIVA PCA (CIV11003641): 35
ALTERNATIVA AASHTO (CIV11003641): 36

6 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO 41

9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR 43

7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES 45

- CONCRETO HIDRÁULICO 45

- MATERIALES GRANULARES: 45

- MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE 45

8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES 46

9 ANÁLISIS DE RIESGOS 51

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 53

11 PROCESO CONSTRUCTIVO 56

12 FUENTES DE CONSULTA 58

## LISTADO DE TABLAS

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO ..... 10
TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE ..... 14

TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA..14
TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA.....15
TABLA 3-4 ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD.....16
TABLA 3-5 VALORES DE CD RECOMENDADOS.....16
TABLA 3-6 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO.....17
TABLA 4-1CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANÁLISIS.....18
TABLA 4-2 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUÍA – GRUPO DE DISEÑO 2.....20
TABLA 4-3 NUMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V9 – GRUPO 1 - GUÍA BAJOS VOLÚMENES IDU.....20
TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR.....21
TABLA 5-1 TRÁNSITO DE DISEÑO.....23
TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142.....23
TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO.....24
TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS.....24
TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS NO. 1.....25
TABLA 5-6 TRAMBITO BAJO ANÁLISIS NO. 2.....25
TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO.....28
TABLA 6-2 VALORES DE CD RECOMENDADOS.....30
TABLA 6-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO.....31
Tabla 6-4 Análisis de CBR (%).....32
TABLA 6-5 MODULO RESILIENTE.....32
Tabla 6-6 Análisis de CBR (%).....33
Tabla 6-7 Valores de K conjunto a partir del capas granulares.....35
TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA.....35
TABLA 6-9 ALTERNATIVA AASHTO.....36
TABLA 6-10 TIPO DE MEJORAMIENTO.....37
TABLA 6-11 PASADORES SEGÚN PCA.....39
TABLA 6-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA.....39
TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA.....40
TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR.....41
TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR.....41
TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO.....43
TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES.....44
TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES.....46
TABLA 8-2 ZODMES.....48
TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO.....51
TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO.....53
TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11003641).....53
TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO.....54

TABLA 10-4 CALENDARIO DE ACTUACIONES POR AÑO ..... ¡Error! Marcador no definido.

## LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO ..... 10
FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TÉRMINOS DE PSI. ..... 13
FIGURA 4-1 UBICACIÓN DE SEGMENTO DE ACUERDO AL CORREDOR ..... 19
FIGURA 4-2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11003641 ..... 21
FIGURA 4-3 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO ..... 22

## LISTADO DE ANEXOS

**ANEXO 1.** INFORME PREVIO – contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA.

**ANEXO 2.** PLAN DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS.

**ANEXO 3.** MEMORIAS DE CALCULO.

## INTRODUCCIÓN

Se elabora un estudio para la EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE segmento vial CIV 11003641 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

Con el fin de obtener un diagnóstico del corredor, se tiene en cuenta estudios previos en el sector en donde se ejecutó el estudio geotécnico mediante la ejecución de apiques asociado a la evaluación del tránsito, en términos de ejes equivalentes de 80kN.

A partir de la evaluación geotécnica del tramo objeto de estudio realizado por el Consorcio Gevial en el año 2020 bajo el contrato ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL LOCAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA - FDLS-345-2018, se plantean las intervenciones a nivel de pavimentos para los segmentos viales en la localidad de Suba de la ciudad de Bogotá D.C., tomando en consideración las variables que se establecen en la metodología del anexo técnico, caracterizando el perfil estratigráfico por medio de la ejecución de apiques, las cuales son insumo para el diseño de pavimentos, tales como: CBR de la subrasante y el tránsito de diseño evaluado a un periodo de diseño a 10 años. Además de los parámetros implícitos en la metodología de diseño de pavimentos a emplear AASHTO/93.



130

# 1. OBJETIVOS Y ALCANCE

## 1.1. OBJETIVOS GENERALES

Plantear una propuesta integral de intervención de Pavimento para el segmento vial CIV 11003641 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

## 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Efectuar mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, la evaluación geotécnica de las capas que componen la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio.

A partir el uso de herramientas computacionales modelar las estructuras propuestas mediante la metodología AASHTO/93 y con el programa UNALOSA, conocer los esfuerzos y deformaciones actuantes en las estructuras diseñadas.

Plantear recomendaciones generales en cuanto a la conformación de una adecuada plataforma de trabajo, con el fin de garantizar el correcto desempeño de la estructura de pavimento propuesta.

Evaluar estrategias de mantenimiento para garantizar un adecuado comportamiento estructural del pavimento en servicio.

## 1.3. ALCANCE

Por medio del actual informe técnico es presentado el diseño de pavimentos, para el segmento vial CIV 11003641 sobre la Calle 138A entre la Carrera 155 y Carrera 157, de la localidad de Suba en la ciudad de Bogotá D.C.

Los capítulos que se incluyen en el presente informe son:

2. Descripción de la Metodología.
3. Metodología de estudio.
4. Trabajos de Campo.
   - ✓ Evaluación geotécnica del tramo de estudio.
5. Estudio de Tránsito.
6. Diseño de la Estructura de Pavimentos.
7. Secciones Transversales.

8. Caracterización de materiales.
9. Conclusiones y Recomendaciones.

Se plantearán las intervenciones necesarias a nivel de pavimento.

# 2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

El presente informe se desarrolla como parte de la ejecución del contrato cuyo objeto corresponde al DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE EL SEGMENTO VIAL CIV 11003641 – LOCALIDAD DE SUBA – BOGOTÁ D.C.

## 2.1. LOCALIZACIÓN

El segmento vial CIV 11003641 de la localidad de Suba se encuentra en Bogotá D.C. A continuación, se presenta la localización del sitio objeto de estudio:

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO



FUENTE. GOOGLE.COM

A continuación, se presentan los segmentos a intervenir:

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO

| CIV | Ubicación |
|---|---|
| 11003641 | Calle 138ª entre la Carrera 155 y Carrera 157 |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

## 2.2. CLIMA

Bogotá D.C. tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C, son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)1.

| | | |
|---|---|---|
| Temperatura promedio | = | 20 °C |
| Precipitación media anual | = | 1258 mm/año |

### 2.2.1. CLIMA SUBA

El clima en Suba, Bogotá, se caracteriza por ser fresco y variable, con temperaturas que oscilan entre los 10°C y 20°C, y con alta probabilidad de lluvia, especialmente en las tardes. La localidad también experimenta días nublados y con variaciones en la intensidad del viento. 2.

- **Temperatura:**

Generalmente se mantiene entre 10°C y 20°C, con sensaciones térmicas que pueden ser más bajas por la humedad y el viento.

- **Lluvias:**

Es común la presencia de lluvia, especialmente por las tardes, y puede haber días con alta nubosidad.

- **Viento:**

El viento suele ser variable, con velocidades que pueden alcanzar hasta 13 km/h, y puede provenir del suroeste o el este.

- **Humedad:**

La humedad puede ser alta, especialmente en días de lluvia, lo que puede afectar la sensación térmica.

- **Calidad del aire:**

La calidad del aire en Suba suele ser buena, pero puede haber variaciones.

[1] ESTACION IDEAM 3120522 - UNIVERSIDAD NACIONAL
[2] Página AccuWeather

## 2.2.2. CLASIFICACIÓN DEL CLIMÁTICA

Teniendo en cuenta el manual de diseño de pavimentos asfálticos del INVIAS, se considera que la zona de diseño se encuentre en una región R2 – Región templado semihúmedo; como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 2-2 REGIONES CLIMATICAS SEGÚN LA TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN

| No | Region | Temperatura TMAP (°C) | Precipitacion media anual (mm) |
|---|---|---|---|
| R1 | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| R2 | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| R3 | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| R4 | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| R5 | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| R6 | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

FUENTE. MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS DEL INVIAS.

Partiendo de esta región, el manual de diseño recomienda las condiciones de humedad para el ensayo de CBR, parámetro fundamental de diseño. En este caso, la tabla 3 del manual, recomienda que el ensayo se realice en una condición sumergido, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 2-3 PRECIPITACIÓN Y CONDICIONES DE HUMEDAD PARA EL ENSAYO

| No | REGION | TEMPERATURA TMAP (°C) | PRECIPITACION MEDIA ANUAL (mm) | CONDICIONES DE HUMEDAD PARA EL ENSAYO |
|---|---|---|---|---|
| R1 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| R2 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| R3 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| R4 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| R5 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| R6 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

FUENTE. MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS DEL INVIAS.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

# 3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

## 3.1. PCA

La metodología relacionada a continuación corresponde al tramo vial objeto de estudio, resaltando como objetivo principal la definición de las estrategias de intervención a nivel de pavimento.

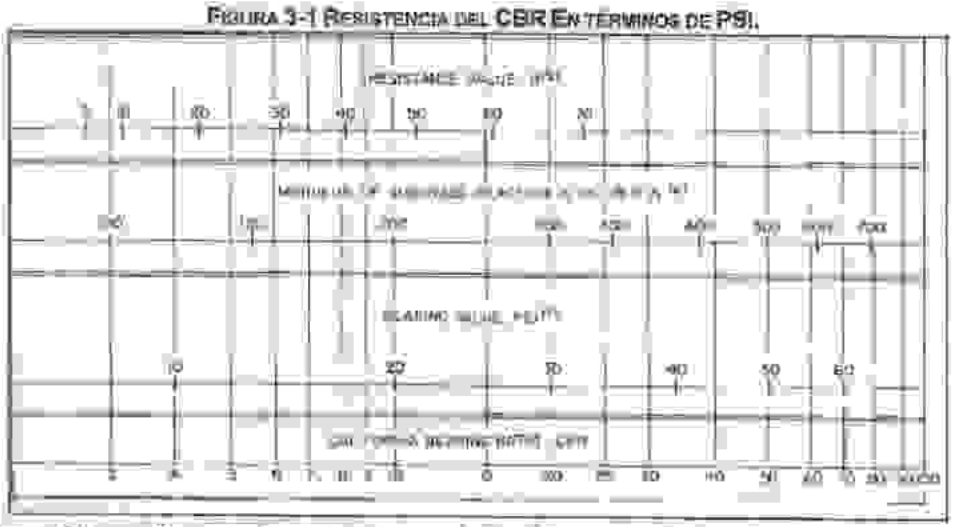
En general se considera que la intervención característica a realizar será la de diseño de la estructura del pavimento.

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga. 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Modulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.

FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TÉRMINOS DE PSI.



Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984

TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE

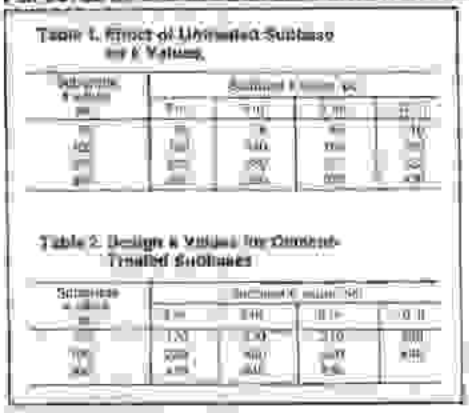


Table 1. Effect of Untreated Subbase on k Values

| Subgrade k value, pci | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Thin | Thick | Thin | Thick |
| 50 | 65 | 75 | 85 | 110 |
| 100 | 130 | 145 | 170 | 220 |
| 200 | 260 | 290 | 340 | 440 |
| 400 | 520 | 580 | 670 | 870 |

Table 2. Design k Values for Cement-Treated Subbases

| Subgrade k value, pci | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2 in | 4 in | 6 in | 8 in |
| 50 | 120 | 140 | 210 | 300 |
| 100 | 220 | 260 | 340 | 450 |
| 200 | 410 | 480 | 590 | 720 |
| 400 | 720 | 820 | 960 | 1110 |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984

## 3.2. AASHTO

A continuación, se describe las variables que se consideran en el método AASHTO

### 3.2.1. SUBRASANTE

Caracterizada a través del módulo de reacción de la subrasante K (en pci). Si la losa se apoya directamente sobre la subrasante, el K que se utiliza en el diseño es aquel que se obtenga de la subrasante. Sin embargo, cuando la losa se apoya sobre una capa granular de subbase o base o sobre un material estabilizado con cementante hidráulico, el K de manera obvia incrementa.

TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA

| K subrasante | | Valores de K | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Capa granular no tratada | | | | | | | |
| | | 10 cm | | 15 cm | | 22.5 cm | | 30 cm | |
| Mínimo | Máx | Mínimo | Máx | Mínimo | Máx | Mínimo | Máx | Mínimo | Máx |
| 20 | 38 | 85 | 95 | 88 | 98 | 92 | 117 | 98 | 140 |
| 40 | 142 | 95 | 185 | 102 | 190 | 97 | 210 | 108 | 265 |
| 85 | 220 | 158 | 235 | 165 | 245 | 170 | 280 | 185 | 335 |
| 140 | 295 | 197 | 320 | 210 | 330 | 190 | 370 | 217 | 440 |
| K subrasante | | Capa estabilizada con cementante hidráulico | | | | | | | |
| Mínimo | Máx | 10 cm | | 15 cm | | 20 cm | | 25 cm | |
| 20 | 70 | 80 | 220 | 80 | 300 | 105 | 400 | 130 | 500 |
| 80 | 147 | 100 | 370 | 130 | 500 | 185 | 680 | 230 | 850 |
| 130 | 220 | 140 | 520 | 185 | 700 | 265 | 950 | | |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

157

### 3.2.2. TRANSITO

Esta variable es difícil de establecer y caracterizar ya que los vehículos que circulan por una vía presentan diferentes magnitudes, configuraciones de ejes, presiones de inflado, velocidad de circulación y número de llantas. Por lo general se caracteriza a través del número de ejes equivalentes de 8.2 o 13 toneladas que circulan en el carril y el periodo de diseño (N) 3. De igual forma, se precisa que los cálculos y los desarrollos se sustentan en número de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas.

### 3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA

Los parámetros mecánicos con los cuales se caracteriza la losa de concreto son el módulo elástico Ec y el de rotura MR en psi, medidos a los 28 días.

### 3.2.4. SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Índice de serviciabilidad (ΔPSI=Po -Pf). Valores recomendados para determinar el valor de Pf para pavimento rígido se presentan en la tabla:

TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA

| Tipo de Carretera | Periodo de Diseño (Años) |
|---|---|
| Urbana de tránsito elevado | 30 – 50 |
| Interurbana de tránsito elevado | 20 – 50 |
| Pavimentada de baja intensidad de tránsito | 15 – 25 |
| De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava | 10 – 20 |

Fuente: AASHTO. Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Inicialmente esta condición se cuantificó a través de la opinión de los conductores, cuyas respuestas se tabulaban en la escala de 5 a 1:

[3] Pavimentos, materiales, Hugo Rondon



Calle 30 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

TABLA 3-4 ÍNDICE DE SEVICIABILIDAD

| Índice de Servicialidad (PSI) | Calificación |
|---|---|
| 5 – 4 | Muy bueno |
| 4 – 3 | Bueno |
| 3 – 2 | Regular |
| 2 – 1 | Malo |
| 1 – 0 | Muy malo |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final. El índice de servicio inicial po depende del diseño y de la calidad de la construcción. En los pavimentos flexibles estudiados por la AASHTO, el pavimento nuevo alcanzó un valor medio de po = 4,2.

### 3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

TABLA 3-5 VALORES DE Cd RECOMENDADOS

| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 – 5% | 5 – 25% | Más de 25% |
| Excelente | 1.25 – 1.20 | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 |
| Muy malo | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 – 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogota D.C. – Colombia Tels.: 3125861467 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

### 3.2.7. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla:

TABLA 3-8 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R [%] | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Colectoras | 80.0 – 95.0 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R [%] | 50 | 60 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 99.9 | 99.99 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zr | 0.000 | -0.253 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -1.751 | -1.881 | -2.054 | -2.327 | -3.090 | -3.750 |

| Proyecto de pavimento | S |
|---|---|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J):

Es un parámetro adimensional que tiene en cuenta la capacidad que tienen los pasadores en una estructura de pavimento rígido de transferir o distribuir cargas en la zona más propensa a fallar (juntas). Este parámetro adicionalmente tiene en cuenta el efecto que genera sobre las juntas y sobre la transferencia de carga el confinamiento lateral de la losa.

Para juntas con pasadores, el valor recomendado de J es 2.7 y 3.2, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente. Para juntas sin pasadores, los valores de J pueden llegar a aumentar hasta 4.2 y 4.4, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente.

El espesor de la losa de concreto (D, en pulgadas) que compone la estructura del pavimento rígido se determina a través de la ecuación:





Calle 38 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

## 4. ESTUDIOS PREVIOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta la evaluación geotécnica de la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio. A continuación, se presenta lo relacionado:

### 4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA

La subrasante del corredor, está conformado por arcilla de baja compresibilidad CL

Las arcillas de baja plasticidad CL se evidencian como materiales plásticos, con porcentaje de pasa 200% de 74.5% y porcentaje de arena de 15.40%. El CBR de este material en condiciones de inmersión es de 0.74% sin potencial expansivo.

Como es común en los suelos de esta localidad es necesario la estabilización y/o mejoramiento del mismo, esto, con el fin de tener una capacidad de soporte adecuada para la estructura del pavimento y el tránsito proyectado, dado que el **CBR promedio y de diseño es 0.74%**; es decir, se evidencia un material de una capacidad baja. Las propiedades anteriormente descritas se pueden evidenciar en la siguiente tabla:

TABLA 4-1CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANALISIS

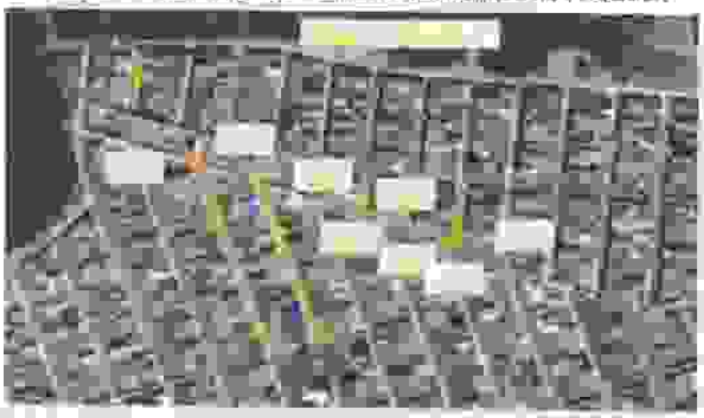


FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA

## 4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO

Los corredores de diseño 3 se encuentran conformados cada uno por dos segmentos viales. Por su parte, el corredor 3 se compone de cinco (5) segmentos viales, mientras que los corredores 4, 5, 6 y 7 por tres (3) CIVs respectivamente y, finalmente el corredor 8 por cuatro (4) segmentos, según se muestra a continuación:

FIGURA 4-1 UBICACION DE SEGMENTO DE ACUERDO AL CORREDOR



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

**Grupo 3**: Localizado en la Calle 138 entre la Carrera 155 y Carrera 157 y se encuentra conformado por el segmento vial 11003841.

## 4.3. TRANSITO

Del Informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 3, el cual en su gran mayoría son vías peatonales (V9) es menor, en términos de ejes equivalentes de 8.2 T, al mínimo indicado por la Guía de diseño pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías Locales para Bogotá D.C, por lo tanto se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 615.000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 4-2 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUÍA – GRUPO DE DISEÑO 2

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO

Del informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 3:

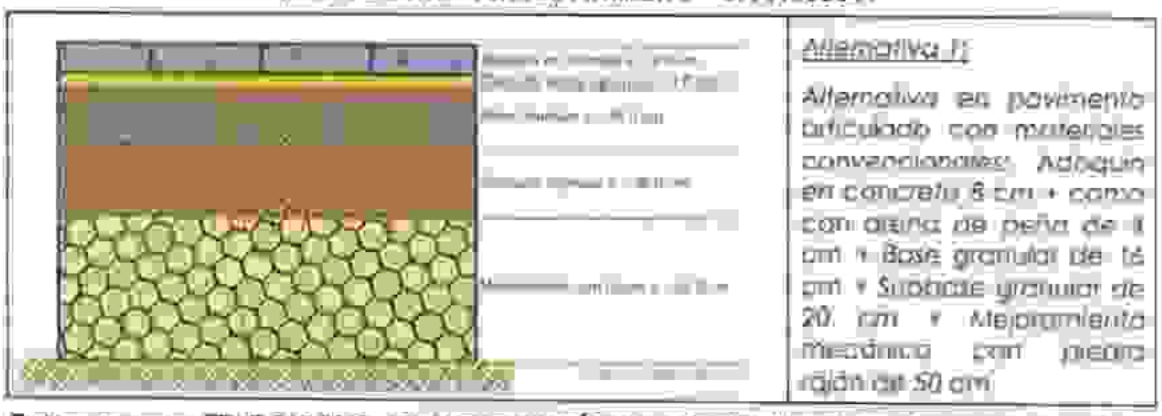
TABLA 4-3 NUMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V0 – GRUPO 1 - GUÍA BAJOS VOLÚMENES IDU

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor:

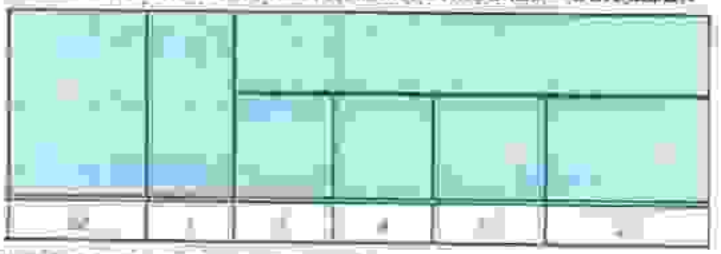
FIGURA 4-2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11003641




FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor:

TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR



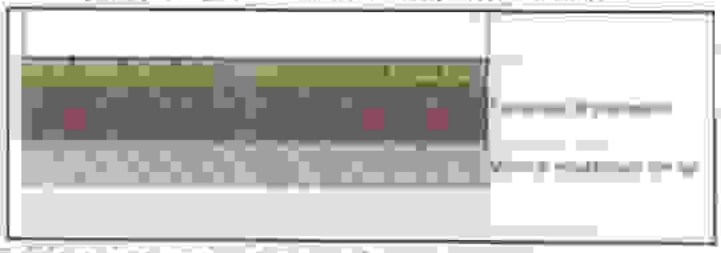
FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.5. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO CONTRÁCTILES

Si bien en los capítulos anteriores se presentaron las zonas en las cuales se detectó la presencia de suelos con susceptibilidad contracto expansiva, es necesario que durante la etapa de construcción de las obras se evalúe de forma constante y permanente la calidad y tipología de los suelos de Subrasante con el objetivo de detectar zonas adicionales con presencia de suelos expansivos, ya que de darse esta situación deberá darse, también, el tratamiento que se indica en el presente capítulo.

- Construir la estructura de pavimento definida en los estudios, contemplando el material de mejoramiento correspondiente.

FIGURA 4-3 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.6. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" se presentan las siguientes conclusiones.

- La gran mayoría de las vías de este grupo de diseño son vías V9 las cuales son peatonales, lo que implica un diseño tendiente a pavimento articulado por el menor costo que esta alternativa representa. Por su parte, en las vías vehiculares se propone una estructura de pavimento flexible convencional.
- Se llevaron a cabo apiques o calicatas en cada CIV de diseño de donde se obtiene el perfil estratigráfico y se tomaron muestras para la caracterización principalmente de los suelos de subrasante. Los ensayos que se realizaron corresponden a humedad natural, gradación, límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico), eventualmente ensayos de límites de contracción y CBR s inalterado de la subrasante.
- De acuerdo con los resultados de la información geotécnica, apiques y ensayos de laboratorio, los suelos de subrasante son muy pobres y de muy baja capacidad de soporte y además en algunos casos los suelos han presentado características expanso contráctil dado por la expansión en ensayos de CBR y límites de contracción.
- Existe una perfecta correlación entre la Geología Regional del sector específico de Suba y las condiciones de subrasante obtenidas de la caracterización de la subrasante.
- El dimensionamiento de las estructuras de pavimento corresponde al diseño con el CBR en condiciones saturadas que a pesar de que es la condición más crítica, esta situación se evidencia por la cercanía al río Bogotá.
- Se plantean dos (2) alternativas de diseño enfocadas en el tipo de estabilización de la subrasante, pero sin cambiar la tipología de las estructuras, lo que se da en beneficio directo del proyecto.
- El dimensionamiento de las estructuras de pavimento se llevó a cabo bajo la metodología de la Guía de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C., para el caso de vías en pavimento articulado y la metodología AASHTO-93 para el dimensionamiento de las estructuras en pavimento flexible.

## 5. ESTUDIO DE TRANSITO

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta el tránsito para el segmento vial CIV 11003641:

Del informe de "Estudio de Tránsito V2" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 2, se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 615.000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 5-1 TRÁNSITO DE DISEÑO

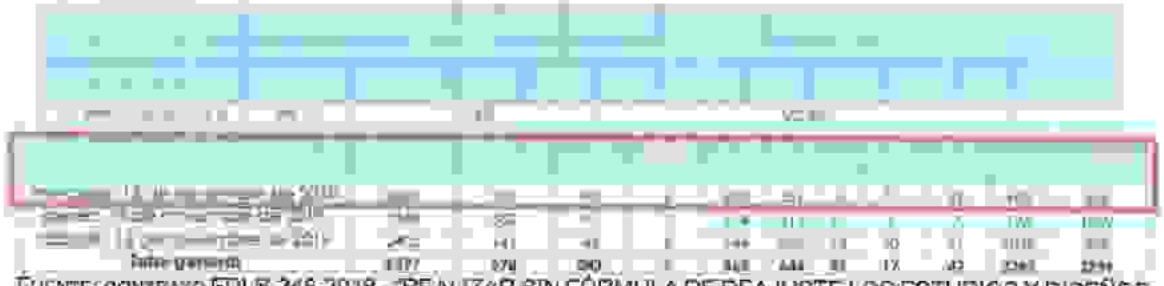
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 11003641 | CRA 143 B | CLL 139C | CLL 139D | V-9E | 8.145+05 |
| 11003641 | CLL 86 A | CRA 138 B | CRA 138 C | V-9 | 8.135+05 |
| 11003642 | CLL 86 A | CRA 138 C | CRA 138 D | V-9 | 8.135+05 |
| 11003643 | CLL 86 A | CRA 138 C | CRA 137 | V-9 | 8.135+05 |
| 11003644 | CLL 86 A | CRA 137 | CRA 137 | V-9 | 8.135+05 |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

**Análisis 1:**

De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un conteo que se relaciona con la estación No. 2, ubicada en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 142 hasta la Calle 139 y se reportaron los siguientes resultados:

TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"



Calle 16 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

146

Teniendo en cuenta que el tránsito de estudio previos obedece a 650.000 ejes equivalentes de 8.2, se presenta la siguiente equivalencia para estimar el tránsito en repeticiones esperadas por tipo de vehículo, es necesario aplicar factores de equivalencia de carga (FEC) específicos para cada vehículo. Estos factores reflejan el daño relativo que cada tipo de vehículo genera al pavimento en comparación con un eje estándar de 8.2 toneladas. A continuación, se presenta la siguiente estimación de composición vehicular:

TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO

| | |
|---|---|
| Autos | 0 |
| Motocicletas | 0.0 |
| Buseta | 0.4 |
| Bus intermunicipales | 1.0 |
| C2P | 1.14 |
| C2G | 3.44 |
| C3-C4 | 3.76 |
| C5 | 4.4 |
| >C5 | 4.72 |

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE MEDIOS Y ALTOS VOLUMENES DE TRANSITO COLOMBIA

Teniendo en cuenta la tabla anterior, se utilizan los FEC por cada vehículo y se obtienen los siguientes resultados

TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS

| Tipo | Cantidad | FEC estimado | Repeticiones equivalentes |
|---|---|---|---|
| Automóvil | 2026 | 0 | 0 |
| Microbús | 235 | 0,4 | 94 |
| Buseta | 110 | 0,4 | 44 |
| Bus Inter | 2 | 1 | 2 |
| C2P | 215 | 1,14 | 245,1 |
| C2G | 151 | 3,44 | 519,44 |
| C3 | 5 | 3,76 | 18,8 |
| C3-S2 | 0 | 3,76 | 0 |
| C3-S3 | 29 | 3,76 | 109,04 |
| Moto | 943 | 0 | 0 |
| Bicicleta | 882 | 0 | 0 |
| **Total Repeticiones Día** | | | 1032,38 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Con una proyección de periodo de diseño se tiene para 20 años, crecimiento del tráfico anual del 3%, y 365 días al año.

Se usa esta fórmula para estimar las repeticiones acumuladas:



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

147

$$N = EPS_{mensual} \times 365 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

N=10.125.259 repeticiones equivalentes de 8.2 toneladas.

El valor estimado de repeticiones acumuladas a 20 años se derivó del aforo vehicular realizado el miércoles 19 de noviembre de 2019 en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 139, correspondiente a la estación No. 2 del estudio de tránsito. Para el diseño de la estructura de pavimento del segmento CIV 11003641, y con el fin de evitar una sobredimensión innecesaria, se adopta un enfoque de diseño conservador pero seguro, basado en datos reales. En consecuencia, se considera únicamente el 8% del volumen total registrado en dicho aforo, dado que los datos corresponden a una intersección con un flujo vehicular elevado en comparación con el tramo objeto de análisis. Esta proporción se justifica por la necesidad de ajustar el diseño a condiciones operativas más representativas del segmento vial intervenido, manteniendo al mismo tiempo un margen de seguridad estructural.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se presenta la siguiente tabla resumen con las repeticiones estimadas:

TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS NO. 1

| Paso (toneladas) | Repeticiones |
|---|---|
| 8.2 | 810.020 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**Análisis 2:**

De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un tránsito 650.000 ejes equivalentes de 8.2 para la estimación que se hizo en el informe del año 2019. A continuación, se presenta el análisis a considerar.

TABLA 5-6 TRANSITO BAJO ANÁLISIS NO. 2

| Tasa de crecimiento: 3% | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Año 2019 | Año 2020 | Año 2021 | Año 2022 | Año 2023 | Año 2024 | Año 2025 |
| 650000 | 669500 | 689585 | 710273 | 731581 | 753528 | 776134 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La tabla presentada se construyó a partir de las estimaciones de tránsito reportadas en los estudios previos del componente de tránsito correspondientes al año 2019. No obstante, considerando que el año base para el análisis es 2025, se realizó una proyección del volumen de tránsito aplicando una tasa de crecimiento anual del 3% (informe de tránsito



Calle 38 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

148

de: FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA). Esta proyección tiene como objetivo establecer un criterio de diseño bajo condiciones conservadoras y seguras, sin incurrir en una sobredimensión innecesaria de la estructura del pavimento.

Finalmente, es importante resaltar que el presente análisis se basa en los estudios previos desarrollados en el marco del contrato No. 345-2018, específicamente en la información contenida en el estudio de tránsito elaborado en dicha consultoría. Con fundamento en estos antecedentes y considerando los datos de volúmenes vehiculares y composición del tráfico reportados, se proyecta un valor de tránsito acumulado de **776.134 vehículos equivalentes** para el horizonte de diseño. Este valor constituye la base para el dimensionamiento estructural, en concordancia con los lineamientos técnicos establecidos en las metodologías de diseño vial vigente



Calle 38 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubasmt@gmail.com

# 6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

En el desarrollo del presente estudio se diseñará la alternativa de diseño:

- Pavimento rígido mediante el método de la Portland Cement Association PCA 84.
- Pavimento rígido mediante el método AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

## 6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO

Al presentar una propuesta de diseño del pavimento, es necesario considerar tres variables fundamentales, como lo son, la exploración geotécnica (determinar las características del perfil estratigráfico existente), la evaluación estructural del pavimento (evaluación del deterioro superficial), diseño geométrico (rasante) y las cargas de tránsito proyectadas en el periodo de intervención.

Como fue indicado en el Alcance del documento, este informe busca definir la propuesta de intervención a nivel de pavimento para el CIV11003641

- **MATERIALES**

Los materiales deberán cumplir con las especificaciones IDU-18, resolución 010910 del 27 de diciembre de 2019 de la siguiente manera:

- Capas de concreto hidráulico. IDU-800-18.
- Capas de material granular. IDU-500-18.
- Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales. IDU-410-18.

### 6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN:

**Alternativa**

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR: 4.1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

(*) Tener presente que en la actual etapa **NO** se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos.

TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Tramo de Estudio | Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) |
|---|---|---|
| CIV11003641 | Rígido | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón en un espesor 34 cm, incluye sello de 10 cm de material granular. |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **CLIMA Y TEMPERATURA**

Bogotá D.C. tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C, son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)4.

Temperatura promedio = 20 °C
Precipitación media anual = 1258 mm/año

## 6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga

[4] ESTACIÓN IDEAM 2120822-UNIVERRIDAD NACIONAL

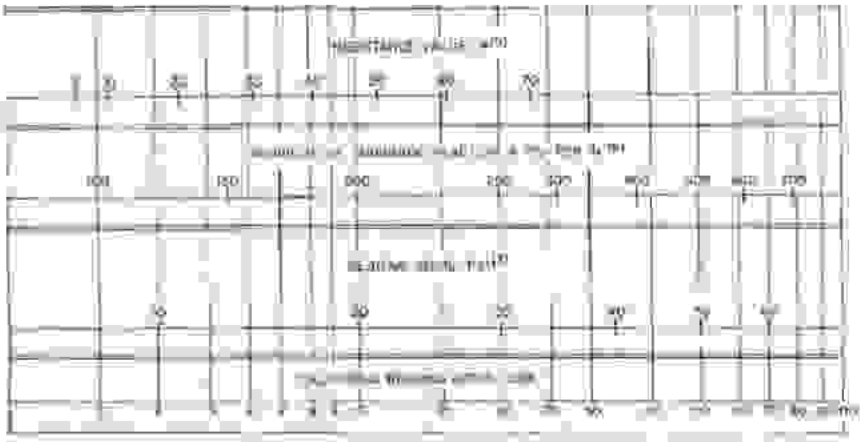


Calle 35 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

151

- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el modulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.



Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

**Table 1. Effect of Untreated Subbase on *k* Values.**

| Subgrade *k* value, pci | Subbase *k* value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in | 6 in | 9 in | 12 in |
| 50 | 65 | 75 | 85 | 110 |
| 100 | 130 | 140 | 160 | 180 |
| 200 | 220 | 230 | 270 | 310 |
| 300 | 320 | 330 | 370 | 420 |

**Table 2. Design *k* Values for Cement-Treated Subbases**

| Subgrade *k* value, pci | Subbase *k* value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in | 6 in | 9 in | 12 in |
| 50 | 170 | 200 | 310 | 360 |
| 100 | 380 | 400 | 520 | 640 |
| 200 | 470 | 490 | 600 | |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

### 6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGIDO

Para el diseño del pavimento rigido se mediante el método AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Periodo de diseño **20 años.**

### 6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Indice de Serviciabilidad 4.2 – 2.0

### 6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd: 0.90 – Regular, para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las caracteristicas del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construira la estructura del pavimento y los 365 días del año.

TABLA 6-2 VALORES DE Cd RECOMENDADOS

| Caracteristicas del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad proxima a la saturación | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 – 5% | 5 – 25% | Más de 25% |
| Excelente | 1.25 – 1.20 | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 |
| Muy pobre | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 – 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 6.1.3. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o) se obtiene de la siguiente tabla:

TABLA 8-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R [%] | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Autopistas | 80.0 – 99.9 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R [%] | 50 | 60 | 70 | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 98 | 99.99 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Z | 0.000 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -2.054 | -3.750 |

| Proyecto de pavimento | $S_o$ | |
|---|---|---|
| | Rígidos | Rígidos |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Valor So: 0.35

Modulo de elasticidad concreto: 4.228.920 psi

$f'_c$ = 5500 psi.

$$E = 57.000 \sqrt{f'_c}$$

E = módulo de elasticidad en psi

$f'_c$ = resistencia a compresión del concreto en psi

Módulo de rotura concreto: 4.1 MPa = 594 PSI.

Coeficiente de transferencia de carga (J): 2.7 para juntas con pasadores.

### 8.1.2 MÓDULO RESILIENTE

De acuerdo con Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" efectuada en el tramo objeto de estudio, el módulo Resiliente- MR, corresponderá a los valores de resistencia de la subrasante obtenidos en los ensayos de CBR en inmersión, los cuales fueron registrados en el capítulo de Estudios previos:

El valor de **CBR promedio y de diseño es 0.74%**



154

TABLA 6-4 ANÁLISIS DE CBR (%)

| CBR DE DISEÑO |
|---|
| 0.74 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con lo anterior, el módulo se correlaciona con el valor promedio de los valores de CBR de laboratorio en inmersión (Capítulo de Estudios Previos), teniendo en cuenta la ecuación-14, para CBR<10%, de la Guía para diseño de estructuras de pavimento de AASHTO/1993.

$$Mr = 1500 * CBR, \text{(psi)} \quad (14)$$

SI CBR<10%

TAELA 6-5 MÓDULO RESILIENTE

| Tramo de Estudio | CBR diseño (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|
| CIV 11003841 | 0.74 | 1110 | 7.65 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, se requiere realizar un mejoramiento de la subrasante, para lo cual se propone la realización de un mejoramiento con material tipo rajón (IDU No. ET-410-18), al que se le establecen las siguientes características.

- Espesor de mejoramiento mínimo: 34 cm

Con base en estas características, se determina las características del CBR mejorado con la metodología de IVANOV, de acuerdo a la siguiente formulación, donde:

Eequiv: Módulo Resiliente compuesto de la subrasante mejorada

Einf: Módulo Resiliente capa inferior

N: Parámetro de rigidez, determinado a partir de los módulos de las capas inferior y superior

A: Radio de carga

H: Espesor de la capa de mejoramiento o capa superior

$$h = \frac{2A}{N} * \tan\left[\frac{1 - Einf/Equiv}{\frac{2}{\pi} * \left(1 - 1/N^{3.5}\right)}\right] \quad (15)$$

$$N = \left[\frac{E\,sup}{E\,inf}\right]^{\frac{1}{3}}$$

El módulo de la cada inferior es estimado a partir de la siguiente expresión:

$$E = 10 * CBR(\%) \quad (16)$$

El módulo de la capa superior, tomando en consideración que el módulo de las capas granulares es dependiente del estado de esfuerzos y confinamiento de las capas, se determina a partir de la ecuación de Shell, en función del espesor de capa de mejoramiento y el módulo de la capa inferior mediante la expresión:

$$Esup = 0{,}204 * E\,inf * H^{0.45} \quad (17)$$

| CBR de subrasante | Módulo de subrasante | | Módulo de mejoramien | Espesor mejoramiento | Módulo combinado de Subrasante+Mejoramiento | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CBR de SBR (%) | Esr (MPa) | Esr (kg/cm²) | Eeq (MPa) | Hge (cm) | Eeq (kg/cm²) | Eeq (MPa) | CBR (%) |
| 0,74 | 7,40 | 75,5 | 76,9 | 34,0 | 308,6 | 30,3 | 3,03 |

TABLA 8-6 ANÁLISIS DE CBR (%)

| Tramo de Estudio | Mejoramiento de la subrasante (m) | CBR Equivalente (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|---|
| CIV11003641 | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasanta con material tipo rajón en un espesor 34 cm, incluye sello de 10 cm de material granular. | 3.00 | 4500 | 31.02 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 8.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO

Es este capítulo se presentan las estructuras de pavimento definidas para las vías del proyecto y el espacio público. Se incluyen las estructuras de pavimentos y los espesores de sus capas. En el Anexo se presentan las memorias de cálculo del diseño..

- Pavimento rígido con losas de concreto apoyadas sobre sub-base granular.

Para el diseño del pavimento rígido se empleará la metodología PCA 84 y se realizará la realizará la verificación de esfuerzos y deformaciones con el software EverFe

**PARÁMETROS DE DISEÑO**

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Período de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU MR41.
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga, 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

**MÓDULO DE REACCIÓN k DE LA SUPERFICIE DE LA SUBRASANTE**

El valor de k se puede determinar mediante la siguiente correlación con el CBR:

$$k_{[libras/pulg^3]} = 0.25 + 5.15 \log CBR$$

$$k_{[libras/pulg^3]} = 36.85\, k_{[kg/cm^3]} \qquad (14)$$

k= 97.59 lb/pulg3

El valor mostrado anteriormente se obtiene a partir del CBR mostrado anteriormente correspondiente a 3.0%, teniendo en cuenta el valor de mejoramiento con razón en un espesor de 34 cm, con sello de 10 cm de material granular.

**ALTERNATIVA PCA (CIV11003641):**

La sub-base se recomienda para prevenir el fenómeno de bombeo, y su presencia aumenta la capacidad de soporte de pavimento optimizando el espesor de la losa de concreto. A continuación, se presenta el incremento que se puede obtener mediante la instalación de 15 cm de sub-base:

**TABLA 8-7 VALORES DE K CONJUNTO A PARTIR DEL CAPAS GRANULARES**

| Valor de K para subrasante | | Valor de K para sub base granular | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100 mm | | 150 mm | | 225 mm | | 300 mm | |
| Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 |
| 20 | 72 | 23 | 85 | 28 | 99 | 32 | 112 | 35 | 125 |
| 40 | 147 | 45 | 165 | 49 | 180 | 57 | 210 | 60 | 245 |
| 60 | 220 | 64 | 235 | 68 | 245 | 76 | 280 | 80 | 295 |
| 80 | 295 | 87 | 320 | 90 | 330 | 100 | 370 | 117 | 430 |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

De acuerdo con el valor de k obtenido a partir de un CBR de 3.0%, ingresamos con el valor de 97.69 lb/pulg3 (26.74 Mpa/m) para obtener el valor de k conjunto de = 33.4 MPa/m (124 lb/pulg3) mediante la aplicación de una capa de sub granular de 15 cm.

Teniendo en cuenta lo citado anteriormente y a partir de la utilización del software computacional BS-PCA se obtiene un espesor de losa de 16 cm, tal como se muestra a continuación:

**TABLA 8-8 ALTERNATIVA PCA**




**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

En el anexo se encuentra la memoria de cálculo.

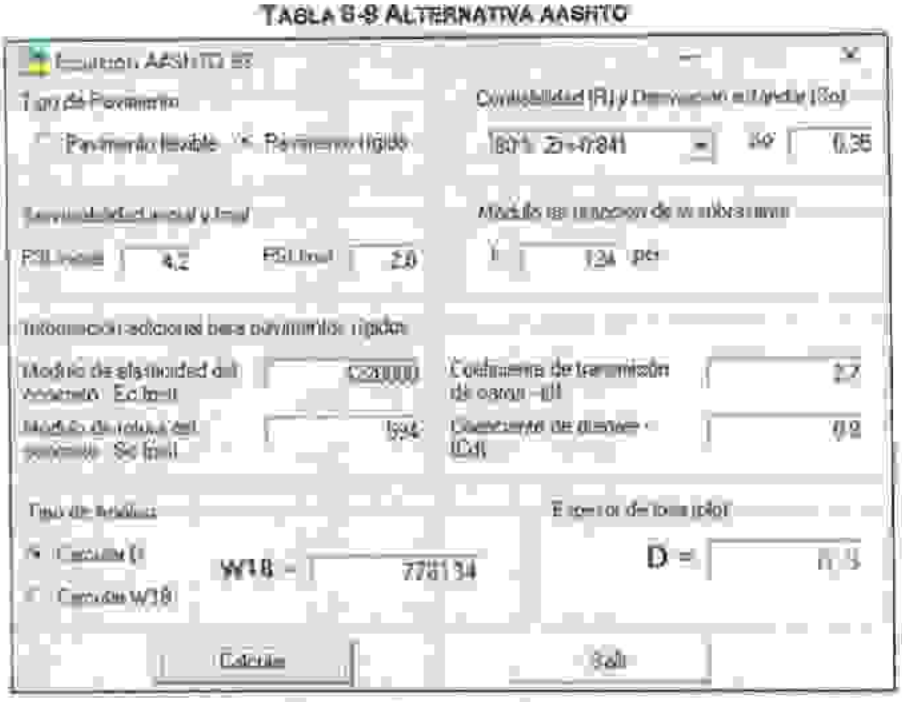


Calle 35 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

## ALTERNATIVA AASHTO (CIV11003641):

La alternativa para la metodología AASHTO, presenta el siguiente resultado:

**TABLA 6-9 ALTERNATIVA AASHTO**




**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

Teniendo en cuenta la metodología AASHTO, el espesor de la losa es de 16 cm.

### Calidad del concreto

La resistencia a la flexión se expresa en su Módulo de Rotura. Para el presente diseño, se propone un módulo de rotura de 4.1 MPa.

### Transferencia de Carga

Se considera el diseño con pasadores.

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR: 4.1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con lo anterior, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125851487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

154

TABLA 6-10 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura (*) | |
|---|---|---|---|
| Rígida | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón ET 410-18 de forma puntual en un espesor de 34 cm. Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub-base granular. | Descripción | Espesor (cm) |
| | | Concreto Hidráulico | 16 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con roca | 34 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

(*) Generalmente, la metodología PCA tiende a arrojar un espesor de losa mayor que la metodología AASHTO. Esto se debe a que PCA evalúa directamente los esfuerzos que actúan sobre la losa (tracción, flexión y tensiones térmicas), considerando condiciones críticas como carga en el borde, expansión térmica, fricción entre losas y gradientes de temperatura, lo cual conduce a diseños más conservadores en ciertos contextos, especialmente en aplicaciones industriales o con alta variabilidad térmica.
En cambio, AASHTO se basa en modelos empíricos, ajustados a condiciones de prueba específicas (AASHO Road Test), por lo cual sus resultados pueden ser menos conservadores, especialmente fuera de los rangos para los cuales se calibró la ecuación.

**Modulación de losas:**

El concreto hidráulico como superficie de rodadura, se encuentra sujeto a diferentes esfuerzos, entre los cuales se encuentran: cargas de tránsito, contracción y expansión del concreto (el concreto al endurecer ocupa menos volumen que cuando está fresco) y diferencias de temperatura o humedad entre la fibra superior y la inferior, entre otras. Con el fin de contrarrestar estos esfuerzos, no es suficiente el proporcionar un espesor adecuado, sino proyectar juntas longitudinales y transversales que impiden un fisuramiento temprano del concreto, estas juntas deben estar diseñadas técnicamente, mediante el empleo de los siguientes criterios.

***Espaciamiento de Juntas***

- ✓ La separación de las juntas transversales se encuentra en función del espesor del pavimento, mediante la relación:

$$S = (21 \text{ a } 24)\, d$$

*Ecuación 1*

Donde,
S = Separación de la junta
d = espesor del pavimento



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosuba@gmail.com

160

21 = Para valores máximos de fricción entre la base y el pavimento.
24 = Para valores normales de fricción entre la base y el pavimento.

*Para el espesor del CIV11003641 de 160 mm la separación máxima entre juntas transversales es de: 2.60m.*
La relación entre el largo y el ancho de la losa debe encontrarse entre un intervalo de 1 y 1,25.

$$1.0<largo/ancho<1.25$$

En función del espesor de la losa, la longitud de la losa debe ser máximo 25 veces el valor del espesor.

$$L \leq 25\ H$$
$$L_{pp} \leq 5.0$$
$$L_{pp} \leq 7.5$$

Donde
L: Longitud de la Losa
H: Espesor de la Losa (m)

Teniendo en cuenta que el segmento vial tiene un ancho aproximado de 5.2 (2.60 por losa) metros la relación de esbeltez, igual a 1.0 la longitud es de 2.60, para losas de espesores de 16 cm. Sin embargo, es importante aclarar que la longitud y ancho de la losa están en función de la geometría de la vía, considerando los criterios antes citados en términos de esbeltez.

**Transferencia Mecánica de Carga**

Aunque es preciso reconocer que los agregados ofrecen mediante su trabazón un grado de transferencia de carga; debido al tráfico de la vía en estudio es necesario implementar una transferencia de carga mecánica mediante la disposición de dovelas (barras de acero lisas insertadas en las juntas) que buscan transferir cargas sin restringir el movimiento horizontal.

Pasadores: Considerando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para una losa cuyos espesores de 160 mm se requiere el empleo de pasadores lisos, constituidos por Barras de 3/4" de diámetro, de 35 cm de longitud y separación entre centros de 30 cm



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

161

TABLA 6-11 PASADORES SEGÚN PCA

| ESPESOR DE LOSA (pulg) | DIAMETRO DEL PASADOR (pulg) | LONGITUD (pulg) | ESPACIAMIENTO (pulg) |
|---|---|---|---|
| 6 | 5/8 | 12 | 12 centro a centro |
| 7 | 7/8 | 14 | |
| 8 | 1 | 14 | |
| 9 | 1 1/8 | 16 | |
| 10 | 1 ¼ | 18 | |
| 11 | 1 3/8 | 18 | |
| 12 | 1 ½ | 20 | |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Barras de anclaje: Tomando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para un ancho de carril de 2,60 m y un espesor de losa de 16 cm, en las juntas longitudinales se emplearán barras corrugadas de ½" pulgada de diámetro, de fy = 280,0 MPa, con una longitud de 0,60 m y una separación entre las mismas de 0.60 m.

TABLA 6-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA

| Espesor losa (mm) | Varillas de ½" | |
|---|---|---|
| | Long (mm) | Separación entre centros (m) |
| | | Carril 2,60 m |
| 150 | 600 | 0,60 |
| 175 | | 0,60 |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Es fundamental asegurar la correcta alineación y nivelación de pasadores y dovelas para garantizar una transferencia de carga eficiente y evitar concentraciones de esfuerzo.

Durante la construcción, se debe verificar la correcta colocación y fijación de los pasadores y dovelas antes del vertido del concreto.

**Esfuerzo y deformación:**

**Parámetros iniciales:**

**Espesor de la losa (h):** 16 cm
**Módulo de ruptura del concreto (MR):** 4.1 MPa.
**Módulo de elasticidad del concreto (E):** 31,000 MPa
**Relación de Poisson (v):** 0.15.
**Módulo de reacción de la subrasante (k):** 33 MPa/m



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

167

**Carga aplicada (P):** 8.2 Toneladas
**Radio de contacto de la carga (a):** aproximadamente 150 mm.

Asimismo, mediante el software especializado UNALOSA, se lleva a cabo la verificación de los estados de esfuerzo y deformación asociados a una losa de pavimento con espesor de 16 cm:

**TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA**



**FUENTE: UNALOSA**

## Conclusión

Bajo una carga de 80 kN, la losa de concreto de 16 cm de espesor, con un MR de 4.1 MPa, apoyada sobre una subbase granular de 15 cm y una subrasante con k = 33 MPa/m, experimentaría un esfuerzo interior máximo de aproximadamente 2.86 MPa y una deflexión máxima de 0.34 mm. Ambos valores están dentro de los límites aceptables, indicando un diseño estructural adecuado para las condiciones planteadas.



Calle 35 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861467 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

163

# 8 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO

En el presente apartado, se desarrolla el diseño de pavimentos para los andenes teniendo en cuenta las caracteristicas geotécnicas de la subrasante, los materiales de la estructura y los espesores mínimos permitidos. Este diseño, se llevará a cabo de acuerdo con lo establecido en la Cartilla de Andenes de la Secretaría Distrital de Planeación (SDP modificacion 07-06-2018).
En concordancia con la propuesta de diseño urbanístico, se plantea una de estructura de andén, en concreto estampado.
Con base en los resultados de la exploración geotécnica realizada para las vías a intervenir, se caracteriza de la misma manera el suelo de subrasante para las estructuras de los andenes pertinentes, de acuerdo con lo establecido en el apartado de Procesos Constructivos de la Cartilla de Andenes (Mod. 2018), para así mismo establecer una estructura típica para los mismos. A continuación, se define el tipo de subrasante en función de los valores de CBR natural en condición de inmersión

**TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR**

| TIPO DE SUBRASANTE CBR en (condición de inmersión) | |
|---|---|
| S1 | Mayor o igual a 3% |
| S2 | Menor de 3% |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C – S.D.P

Con base a lo anterior, conservando para el diseño de andenes el CBR de diseño de los segmentos viales vehiculares, se obtiene un suelo Tipo S2, lo cual indica que se requieren actividades de mejoramiento.

**TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR**

| [illegible] | Clasificación AASHTO | Clasificación AASHTO | CBR | Proceso a seguir |
|---|---|---|---|---|
| [illegible] | Tipos A1, A2, A3 | Excelentes a buenos | > 3% | [illegible] |
| [illegible] | Tipos A4 | Regular a Malo | > 3% | Perfilar |
| [illegible] | Tipos A4 y A5 | Regular a Malo | < 3% | [illegible] |
| [illegible] | Tipos A6 y A7 | Regular a Malo | < 3% | [illegible] |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.



Calle 35 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125881487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

164

De acuerdo con la tabla anterior, se define la clasificación AASHTO del suelo existente, el cual funcionará como subrasante en función del CBR y se determinó que se debe mejorar la subrasante, teniendo en cuenta las condiciones del suelo la alternativa de mejoramiento se realizará reemplazando 20 cm de espesor del material inadecuado de la subrasante por material granular con CBR mínimo de 10%.

Posteriormente se establecen los criterios de diseño de acuerdo con el tipo de superficie y el usos posible del espacio público, para este proyecto se tomó el criterio de Diseño 1, de la Cartilla de Andenes Bogotá D.C. de la Secretaría Distrital de Planeación, la cual dice textualmente: "Para el espacio público peatonal y la red de ciclorruta a nivel de andén, por donde no circula ningún tipo de vehículo pesado, se propusieron espesores mínimos de construcción, con subbase granular tipo SBG_ PEA_B, según Especificación IDU o vigente. Aplica para estructuras articuladas y flexibles, y acceso vehicular de vivienda (máximo 2 vehículos livianos)".

Teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados, se propone la estructura de pavimento peatonal con sus espesores.

**ILUSTRACIÓN 1 ESTRUCTURA DE ESPACIO PÚBLICO PEATONAL**

*Estructuras para Espacio Público Peatonal y Red de ciclorrutas (a nivel de andén) para Subrasante Tipo S2 y Criterio de diseño 1*

MATERIAL DE SUPERFICIE SEGÚN CASO

SUBBASE GRANULAR SBG-PEA
Sección 400 de IDU-ET-2017 o Vigente

SUBRASANTE MEJORADA

SUBRASANTE NATURAL

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

165

TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA", se puede concluir que para la estructura de pavimento de la zona peatonal se dispone de una sola zona homogénea, y con la cual se proyectó la estructura mostrada en la tabla anterior

## 9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR

De acuerdo con la Cartilla de Andenes Bogotá D.C, las rampas no solo dan acceso vehicular a los predios sino también el acceso de las personas con movilidad reducida a los andenes y zonas peatonales que serán construidos con el desarrollo del proyecto

Para un suelo S2 con CBR ≤ 3%, tránsito de vehículos livianos y paso ocasional de vehículos comerciales tipo C2, se obtuvieron los espesores de las rampas vehiculares el proyecto de acuerdo a los criterios de la Cartilla de Andenes– DADP.

ILUSTRACIÓN 2 ESTRUCTURA PARA RAMPA DE ACCESO VEHICULAR




Fuente: Cartilla de Andenes SDP 2015

TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 15 | Placa de Concreto MR 41 kg/cm² |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 50 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

El concreto hidráulico se recomienda con módulo de rotura de 41 kg/cm conformado con la granulometría AG-1 (Tamaño máximo del pétreo de 2½ pulgadas), presentada en la Sección 500 Pavimento de Concreto Hidráulico.

En los lugares donde sea necesario completar niveles se hará con un material seleccionado por capas no mayores a 0.20 m logrando una densidad mínima del 95%, estos materiales seleccionados deben cumplir con características geotécnicas tales como IP menor o igual a 10%, contenido de finos menor o igual a 25%, CBR del 10%, tamaño máximo de 3", esto de acuerdo con el las especificaciones ET-IC-01.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125851487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

# 7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

La propuesta de diseño contempla la construcción de capas estructurales de pavimento compuestas por materiales tales como mezclas asfálticas y materiales granulares. Atendiendo las especificaciones técnicas válidas en el desarrollo del presente proyecto y las cuales corresponden a las Especificaciones técnicas de construcción del Instituto Nacional de Vías - INVIAS. se presenta a continuación la caracterización de cada una de estos materiales.

- **CONCRETO HIDRÁULICO**

El concreto hidráulico, tiene la particularidad de ofrecer a la estructura una alta resistencia a la compresión que se necesita para soportar y absorber las cargas que circulan. Dicha mezcla deberá cumplir con las características especificadas en IDU-800-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MATERIALES GRANULARES:**

Los materiales granulares deberán cumplir con las especificaciones establecidas en la Especificación Técnica: Capas granulares de base y subbase del capítulo IDU-500-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE**

Los materiales de mejoramiento de subrasante deberán cumplir con las características especificadas en el capítulo IDU-410-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

# 8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES

Para garantizar que los parámetros mecánicos de cada uno de los materiales empleados en el diseño de pavimentos, cumplan con los requisitos establecidos en las Especificaciones Técnicas, su versión o actualización vigente, para la modelación de la estructura de pavimento y puedan ser suministrados por los proveedores adscritos en la base de datos vigente en la página web del IDU, se realizó un análisis de las fuentes de suministro de materiales y mezclas asfálticas, con los cuales se construirán las estructuras de pavimento y espacio público asociado con base en el diseño recomendado.

A continuación, se presentan los proveedores de mezclas asfálticas, agregados pétreos y concreto hidráulico seleccionado por su experiencia y teniendo en que se encuentran vigentes en el "Listado de Proveedores" en la página del IDU.

TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| AGREGADOS PÉTREOS | OPERADOR DEL TITULO MINERO N° EHO-131, KM 3,8 ZONA INDUSTRIAL BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 295 DE 2009 | DROMOS |
| AGREGADOS PÉTREOS | KILÓMETRO 10 DE LA VÍA MULTIFAMILIAR LOS CENTAUROS, PUENTE CAÍDO VEREDA EL COCUY PREDIO SAN LUIS SOBRE EL RÍO GUAYURIBA - VILLAVICENCIO | IDU 432 DE 2018 | REX VILLAVO |
| AGREGADOS PÉTREOS | CARRERA 8 #153 A- 60 EN LA LOCALIDAD USAQUÉN -BOGOTÁ | IDU 435 DE 2016 | REX BTA |
| AGREGADOS PÉTREOS | Av. CRA 7 # 180A-06 SAN CRISTÓBAL NORTE, LOCALIDAD USAQUÉN - BOGOTÁ | IDU 568 DE 2020 | REX BTA 7MA |



Calle 35 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
| --- | --- | --- | --- |
| AGREGADOS PÉTREOS | KILÓMETRO 3.5 VEREDA BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 455 DE 2017 | INCOMINERI |
| AGREGADOS PÉTREOS | KM 4 VÍA LA MESA - MONDOÑEDO- MOSQUERA | IDU 582 DE 2020 | LA ROCA |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1.5 VÍA AUTOPISTA MEDELLÍN COSTADO SUR - COTA | IDU 486 DE 2018 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | PREDIO DENOMINADO LOTE 10, EN LA VEREDA SAN JOSE - MOSQUERA | IDU 510 DE 2019 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1,5 VÍA BOGOTÁ- MEDELLÍN, COSTADO OCCIDENTAL VEREDA VUELTA GRANDE - COTA | IDU 582 DE 2020 | GRECO |
| ASFALTO | PREDIO VISTA HERMOSA, VEREDA BALSILLAS - KILOMETRO 25 VÍA LA MESA - PLANTA DE ASFALTO CMI | IDU 28 DE 2002 | AA |
| ASFALTO | KM 3,8 EN LA ZONA INDUSTRIAL, VEREDA BALSILLAS MOSQUERA | IDU 187 DE 2005 | DROMOS |
| ASFALTO | KM 17+200 DE LA CARRETERA CENTRAL DEL NORTE (CRA 7 DE BOGOTÁ) | IDU 164 DE 2004 | CTU |



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. - Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| CONCRETO | KR 62 No. 19 - 04 INT. 5, LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA | IDU 22 DE 2002 | HOLCIM |
| CONCRETO | PLANTA NEREIDAS - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55 A SUR - 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 216 DE 2006 | TREMIX |
| CONCRETO | PLANTA SUR - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55A SUR – 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 439 DE 2016 | POLMIX |

***Zodmes:***

A continuación, se presentan las posibles zonas de depósito para materiales sobrantes de construcción para el Proyecto. Los sitios escogidos como botaderos o zonas de depósito servirán para disponer los materiales estériles y/o sobrantes procedentes de las excavaciones de las vías.

Considerando adicionalmente parámetros como capacidad de almacenamiento y condiciones geológicas-geomorfológicas, se escogieron nueve (9) zonas para la disposición de materiales de excavación o botaderos que permitirán almacenar el volumen de material estéril o sobrante en la fase de construcción de la vía (Ver Tabla 13.4).

TABLA 6-2 ZODMES

| CATEGORÍA | NOMBRE – RAZÓN SOCIAL | MUNICIPIO | PREDIO O LOTE |
|---|---|---|---|
| 1. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | CEMEX DE COLOMBIA S.A. | BOGOTA D.C. | Reserva ecológica privada la Fiscala Capacidad: 5.000.000 m3 |
| 2. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE | RECICLADOS INDUSTRIALES | COTA | Lote la Britania Vega, en la Vereda Siberia, Municipio de Cota. |



Calle 38 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125851487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

| | | | |
|---|---|---|---|
| CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | DE COLOMBIA S.A.S. | | Cundinamarca Capacidad: 40.000 m3 |
| 3. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | Lotes 2, 3, 4 de los predios identificados con cédulas catastrales N° 00-02-0002-0186; 00-02-0002-0184-000 y 00-02-0002-0183-000, ubicados en la Vereda Panamá del Municipio de Soacha Capacidad: 4.000.000 m3 |
| 4. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | RESIESCOL S.A.S ESP | MOSQUERA | Predio denominado Lote 4 A, matricula Inmobiliaria N° 50c-1433092, ubicado en la Vereda Balsillas del Municipio de Mosquera, Cundinamarca |
| 5. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | MATERIALES Y LOGÍSTICA S.A.S. MYLSA | MADRID | Predios denominados Finca el Paraíso, el Valle de las Mercedes y Finca la Zulia, ubicados en las Veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid Cundinamarca Capacidad: 1.000.000 m3 |
| 6. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | CICLOMAT S.A.S. | COTA | Predio ubicado 600 metros al sur de la Autopista Medellín (calle 80) entrada PRACO-DIDACOL Vía Siberia –Bogotá, Vereda Siberia del Municipio de Cota, Cundinamarca |



172

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | En el predio el Vínculo (Poligono 3) del Municipio de Soacha- km 14 de la Vía Soacha – Sibaté |
| 8. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | RELLENOS DE COLOMBIA S.A.S. EN LIQUIDACIÓN | MOSQUERA | Vereda balsillas, km 3 vía la mesa, Mosquera, Cundinamarca. |
| 9. DISPOSICIÓN DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | MAQUINAS AMARILLAS S.A.S. – MARILLA S.A.S. | BOGOTA D.C | Plan de manejo y recuperación ambiental de la mina las Manas y Santa Inés en el áreas del contrato de concesión minera 8151 a nombre de la empresa HOLCIM COLOMBIA S A (Perfil o-o' sector Nor-Este) Tunjuelito-Bogotá. |

La evaluación de las áreas definidas para botaderos corresponden a superficies suavizadas planas a moderadamente inclinadas en depósitos aluviales recientes de llanura aluvial de los ríos Bogotá, Subachoque y Tunjuelito, así como de los depósitos de terrazas altas de la Sabana de Bogotá, los cuales corresponden a planicies extensas de aspecto aterrazado y morfología ondulada suavemente inclinada y limitada hacia los cauces por escarpes de 2 – 20 m de altura; se encuentran constituidos de arcillas grises, localmente con intercalaciones de arenas finas y delgados niveles de gravas y turbas, en capas paralelas producto de la acumulación de materiales en la cuenca ocupada por el antiguo lago de la Sabana de Bogotá, con espesores de 20 - 300 m.

Estas superficies en depósitos de la llanura aluvial y los depósitos de terrazas de la Sabana de Bogotá pueden presentar una buena condición de estabilidad, teniendo en cuenta la morfología de estas áreas, así como la pendiente y la composición de los materiales que la constituyen. Cabe resaltar que el área que conforma la ZODME ubicado en la finca El Paraíso, el valle de las Mercedes y finca La Zulia, de las veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid en Cundinamarca, se encuentra sobre superficies onduladas a inclinadas en laderas de la Formación Arenisca Dura del Grupo Guadalupe y en contacto con los depósitos aluviales de terrazas altas de la Sabana de Bogotá. Estas áreas deben ser evaluadas con trabajo de campo para determinar las condiciones morfodinámicas y de estabilidad de estas superficies. La localización de las ZODMES se presenta en la Figura 13.1, en la cual también se han ubicado las fuentes de materiales.

# 9 ANÁLISIS DE RIESGOS

El análisis de los posibles riesgos en la ejecución del proyecto permite tener un panorama realista donde se considere las posibles eventualidades y su potencial consecuencia, esto permitirá establecer planes de contingencia en caso de que se presenten cualquiera de las situaciones citadas.

Para el caso de estudio, se prevén los siguientes riesgos, asociados a la etapa de construcción consecutiva a la etapa de diseño.

TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO

| RIESGO | TIPO DE CAUSA | CAUSAS POSIBLES | CONSECUENCIAS |
|---|---|---|---|
| Imprecisión en la determinación del CBR de diseño | Menor resistencia de la subrasante | Muestro insuficiente | Disminución de la vida útil de la estructura. Falla prematura por deformación de la subrasante |
| | | Errores en el procesamiento de la información | |
| | | Afectaciones climáticas | |
| | | daños en el sistema de drenaje | |
| | | errores en la caracterización del material | |
| Aumentos en los niveles de transito | Aumento en el número de ejes equivalentes esperados | Cambios de uso de la vía por desvío | Estructura deficiente para las cargas esperadas, falla prematura de la carpeta asfáltica. |
| | | Implementación de nuevas rutas en el corredor vial | |
| | | Aumento de las cargas de los vehículos de transporte | |
| | | Errores en el conteo para establecer el TPD | |
| | | Aumentos inesperados por transito atraído/generado | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fallas en los materiales | Daños por mala calidad en los materiales instalados | Malos procesos constructivos | Falla de zonas puntuales de la estructura |
| | | Cambios en la humedad por daños en el drenaje | |
| | | deficiencias en los controles de calidad | |

## 10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las propuestas de intervención RECOMENDADA como parte de las actividades a ejecutar en el proyecto de la referencia, consisten en:

**Alternativa**

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR: 4.1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

Se recomienda el uso del geotextil NT1800 en la estructura de pavimento entre el suelo natural y material de mejoramiento con rajón, para evitar la contaminación entre capas y asegurar la estabilidad de la estructura.

TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura | |
|---|---|---|---|
| Rígido | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón ET 410-18 de forma puntual en un espesor de 34 cm. Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub base granular. | Descripción | Espesor (cm) |
| | | Concreto Hidráulico | 16 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con rajón | 34 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

(*) Tener presente que en la actual etapa NO se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos.

De igual forma, se presenta el siguiente gráfico con la estructura de pavimento recomendada:

TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11003641)

| Descripción | Espesor (cm) |
|---|---|
| Concreto Hidráulico | 16 |
| Sub-base granular | 15 |
| Mejoramiento con rajón | 34 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125801487 – 3115650207
consorciosubamt@gmail.com

La estructura de pavimento recomendada es en flexible, en función de garantizar la distribución de esfuerzos y el empalme con los materiales presentes en cada segmento vial. La alternativa es pavimento rígido es viable des del punto de vista técnico, sin embargo, la modificación de rigidez de los materiales presentes en la zona puede generar un impacto negativo en la distribución de presiones, además, los costos asociados son muy superiores a la de pavimento flexible y las condiciones de carga no lo ameritan.
Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:

TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-FEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1600 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRAGANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

La revisión y propuesta se hace de acuerdo a lo presentando en el informe de pavimento del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se tuvieron en cuenta los parámetros geotecnicos, tránsito y consideraciones generales. Sin embargo, se presenta una alternativa de rodadura en concreto hidraulico que garantice la durabilidad y que cuenta con las siguientes ventajas:

- Permite simular adoquines, piedra natural, ladrillo, madera u otros acabados, mejorando notablemente el aspecto visual del entorno urbano o residencial.
- Al estar hecho de concreto hidráulico, soporta cargas vehiculares y condiciones climáticas extremas sin perder su forma ni integridad.
- No se deforma ni se hunde como otros pavimentos modulares; solo requiere limpieza periódica y, en algunos casos, reaplicación del sellador.
- Una vez vaciado el concreto, el estampado se realiza mientras el concreto aún está fresco, lo que ahorra tiempo frente a métodos tradicionales como adoquines o losas prefabricadas.
- Continuidad superficial: Al no tener juntas como los adoquines, evita el crecimiento de maleza y reduce los accidentes.
- Al tener textura superficial, ofrece buen desempeño antideslizante, tanto en zonas peatonales como en pasos vehiculares, incluso en condiciones húmedas.


Calle 38 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

- Aunque su instalación puede ser ligeramente más costosa que el concreto convencional, su vida útil y bajo costo de mantenimiento representan un ahorro a mediano y largo plazo.
- Puede adaptarse a parques, ciclovías, pasos peatonales, calles residenciales, andenes, glorietas, entre otros.

**VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA PLATAFORMA**

Para el caso donde se presenten deformaciones plásticas (mayores a 1cm) ante una prueba de carga (como el paso de volqueta cargada en varios recorridos sobre la plataforma de trabajo), se realizarán mejoramientos puntuales en la subrasante con material tipo tolerable ART 230 INV 2013, resolución 1376 del 26 de mayo de 2014. La prueba de carga se puede hacer con cualquier elemento que cumpla las condiciones de seguridad en función de la sección de la excavación.

- En los sectores en donde existan hundimientos y fisuras severas (h≥20mm) se recomienda ante la existencia de árboles laterales, realizar un tratamiento particular, mediante la tala o restitución de las especies existentes.

## 11 PROCESO CONSTRUCTIVO

### RECOMENDACIONES GENERALES

Dado que los suelos naturales presentan valores de CBR inferiores a 3% se hace necesario estabilizar mecánicamente la subrasante con un material tipo "rajón".

Una vez finalizada la excavación y alcanzado el suelo de subrasante, el material del cuerpo del mejoramiento se colocará en capas sensiblemente paralelas a la superficie de la explanación, de espesor uniforme y lo suficientemente reducido, para que, con los medios disponibles, los vacíos entre los fragmentos más grandes se llenen con las partículas más pequeñas del mismo material, de modo que se obtenga el nivel de densificación deseado.

El rajón, este se colocará directamente sobre la subrasante, evitando su vertido desde alturas mayores a dos metros (2.0 m), con el fin de reducir su segregación. Deberá extenderse con procedimientos manuales ó con equipos livianos debido a las condiciones de la subrasante. Su compactación podrá realizarse con pasadas de buldózer o retroexcavadora, de manera que las puntas del rajón penetren parcialmente en el terreno natural. Posteriormente se realizará la instalación del sello de rajón, el cual puede componerse de un material tipo SBG_C, el conjunto de rajón y sello de 10 cm conformarán el total de espesor de mejoramiento.

La construcción de la capa de rajón deberá adelantarse siguiendo los lineamientos establecidos en la Sección 321-11 de las Especificaciones Técnicas

### INSTALACIÓN DE CAPAS DE BASE Y SUBBASE GRANULAR

La instalación de las capas de base y subbase granular se realizarán cuando la superficie sobre la cual quedarán apoyadas presente la calidad, densidad, cotas y secciones indicadas dentro de los documentos del proyecto, previamente deberá estar concluido todo lo relacionado con los sistemas de drenaje recomendados de acuerdo con el Estudio y Diseño de Redes.

La superficie donde se dispondrá el material se deberá encontrar suficientemente seca y compacta para evitar que se produzcan ahuellamientos o desplazamientos en ella. El material se extenderá en todo el ancho previsto, en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

La cantidad de material extendido será tal, que el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos (2) ó más capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). En este caso, se aplicarán para cada capa los procedimientos de ejecución y control acá descritos. El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115851207
consorciosubamt@gmail.com

Una vez que el material de la capa granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo adecuado, hasta alcanzar la densidad especificada.

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo aprobado y/o que normalmente se utiliza, se podrán compactar por otros medios adecuados, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

Una vez terminada la compactación, el Constructor perfilará la superficie de la capa granular, ajustándola a los perfiles longitudinales y transversales del proyecto.

## INSTALACIÓN DE CAPAS DE CONCRETO HIDRÁULICO

El proceso constructivo para pavimento en concreto hidráulico inicia con la limpieza y nivelación del terreno, seguida de la compactación de la rasante. Posteriormente, se coloca y compacta la subbase y, la base hidráulica. Se instalan las formaletas laterales o guías de nivel y se procede a colocar el refuerzo de acero. El concreto es vaciado, extendido y vibrado para garantizar su adecuada consolidación, luego se alisa y texturiza la superficie según el acabado requerido. Una vez terminado, se realizan los cortes de juntas de contracción y construcción, y se aplica el curado mediante compuestos químicos o métodos húmedos por un mínimo de siete días. Finalmente, se inspecciona la calidad de la obra y se permite el tránsito vehicular/peatonal de acuerdo con los tiempos de fraguado y resistencia establecidos en el diseño.

## 12 FUENTES DE CONSULTA


- INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO-IDU. ANEXO TÉCNICO DE DIAGNÓSTICO PARA CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL PARA BOGOTÁ. Versión 5
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS AASHTO. Guide for design of pavement structures. Washington: AASHTO, 1993.
- Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción del Innstituto Nacional De Vías – 2013.
- Normas de ensayos de materiales INVIAS-2013, Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014.
- Shell International Petroleum Company Limited. Addendum to the Shell Pavement Design Manual. London, 1985
- Yang H. Huang. Pavement Analysis and Design. Second Edition. Pearson Prentice Hall. UnitedStates of America. 2004.
- HIGUERA SANDOVAL, CARLOS HERNANDO. Nociones sobre métodos de diseño de pavimentos para carreteras, UPTC, Tunja, 2008.
- IDU, INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO. Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción, para proyectos de infraestructura vial y de espacio público, para Bogotá D.C. 2019.




Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

181

**DISENO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA**
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**
**Software : BS-PCA**

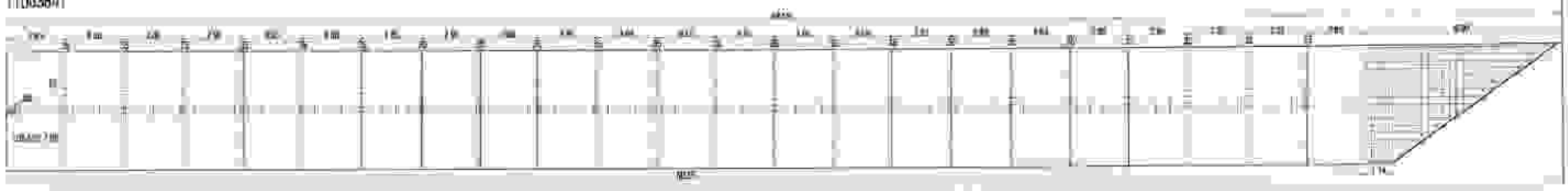
Datos :

| | |
|---|---|
| Resistencia K del Apoyo | : 124 PCI (lb/pulg3) |
| Espesor Losa | : 160 mm |
| Modulo de Rotura | : 42 Kg/cm2 |
| Bermas | : NO |
| Pasadores | : SI |
| Factor de Seguridad Cargas | : 1 |
| Factor de Mayoración Repeticiones | : 1 |

Resultados :

| Carga Tn | Carga FS kN | Repeticiones Esperadas | Repeticiones Admisib_Fatiga | Consumo Fatiga % | Repeticiones Admisi_Erosion | Consumo Erosion % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **EJES SIMPLES** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| 6,00 | 58,80 | 776.134 | 4.858.016 | 15,98 | 20.182.479 | 3,85 |
| **EJES TANDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| **EJES TRIDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| | | | Total : | 15,98 | | 3,85 |

11003641

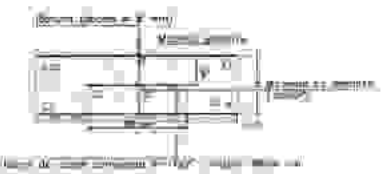


DETALLE No. 1



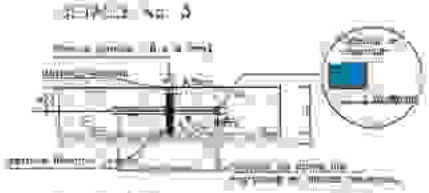
DETALLE No. 1 TIPO JUNTA TRANSVERSAL CON PASADORES
Sello Preformado

DETALLE No. 2



DETALLE DE JUNTA LONGITUDINAL CON BARRAS DE ANCLAJE

DETALLE No. 3



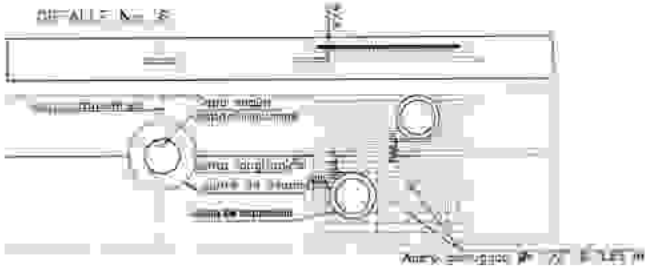
DETALLE JUNTA DE CONTRACCION CON PASADOR (Solo en unidos encontrados en curvas o proximidades a intersecciones

DETALLE No. 4



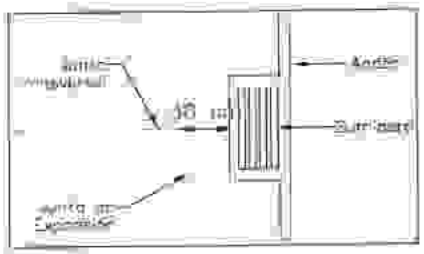

DETALLE ASENTADO DE MATERIAL DE SELLO

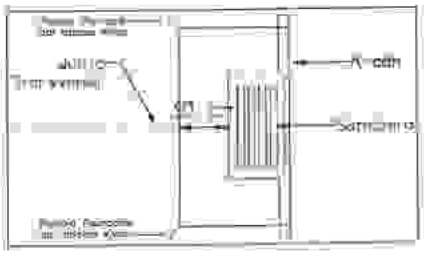
DETALLE No. 5



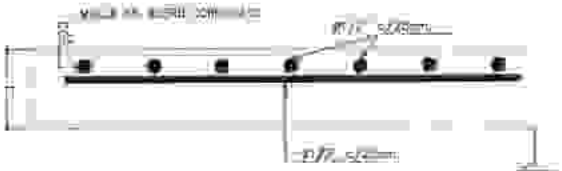
DETALLE No. 6







DETALLE No. 7



DETALLE DE UBICACION DE JUNTAS TRANSVERSALES EN LOSAS IRREGULARES O PAVIMENTOS CONTIGUOS

**CONSORCIO SUBA MT**
**GRUPO 3**

**REVISION Y AJUSTE A DISEÑO DE PAVIMENTOS DEL CONTRATO DE CONSULTORIA 345 DE 2018**

**OBJETO DEL CONTRATO: EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO (GRUPO 1) EN LA LOCALIDAD DE SUBA EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO**

**CIV 11003471**

**SEGMENTO VIAL SOBRE LA CARRERA 154B ENTRE LA CALLE 138ª Y CALLE 138B**

**BOGOTÁ D.C, JULIO DE 2025**

## CONTROL DE DOCUMENTOS

| ESTADO REVISIÓN Y APROBACION | NOMBRE | CARGO | FIRMA | FECHA |
|---|---|---|---|---|
| **POR EL CONTRATISTA DE OBRA** | | | | |
| Realizo | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | MAG SEBASTIAN BERMEO | | JUNIO 2025 |
| **POR LA INTERVENTORIA DE OBRA** | | | | |
| V° B° INTERVENTORÍA | DORECTOR DE INTERVENTORÍA | ING. ERNESTO PERDOMO | | JUNIO 2025 |

**MODIFICACIONES**

| FECHA | VERSIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN |
|---|---|---|
| 15-07-2025 | 00 | Version inicial N° 00 |

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 7

1. OBJETIVOS Y ALCANCE 8

1.1. OBJETIVOS GENERALES 8
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8
1.3. ALCANCE 8

2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA 10

2.1. LOCALIZACIÓN 10
2.2. CLIMA 11
2.2.1. CLIMA SUBA 11
2.2.2. CLASIFICACIÓN DEL CLIMÁTICA 12

3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO 13

3.1. PCA 13
3.2. AASHTO 14
3.2.1. SUBRASANTE 14
3.2.2. TRANSITO 15
3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA 15
3.2.4. SERVICIABILIDAD 15
3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD 15
3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 16
3.2.7. CONFIABILIDAD 17
3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J): 17

4. ESTUDIOS PREVIOS 18

4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA 18
4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO 18
4.3. TRANSITO 18
4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO 19
4.5. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO CONTRÁCTILES 21
4.6. CONCLUSIONES 21

5. ESTUDIO DE TRANSITO 23

6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 27

6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO 27
6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN: 27
6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 28
6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 30
6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD 30
6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 30
6.1.3. CONFIABILIDAD 30
6.1.2 MÓDULO RESILIENTE 31
6.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO 34
ALTERNATIVA PCA (CIV11003471): 35
ALTERNATIVA AASHTO (CIV11003471): 36

8 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO 41

9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR 43

7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES 45

• CONCRETO HIDRÁULICO 45

▪ MATERIALES GRANULARES: 45

* MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE 45

8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES 46

9 ANÁLISIS DE RIESGOS 51

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 53

11 PROCESO CONSTRUCTIVO 56

12 FUENTES DE CONSULTA 58

## LISTADO DE TABLAS

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO ..... 10
TABLA 2-2 REGIONES CLIMÁTICAS SEGÚN LA TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN ..... 12
TABLA 2-3 PRECIPITACIÓN Y CONDICIONES DE HUMEDAD PARA EL ENSAYO ..... 12
TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE ..... 14
TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA ..... 14
TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA ..... 15
TABLA 3-4 ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD ..... 16
TABLA 3-5 VALORES DE CD RECOMENDADOS ..... 16
TABLA 3-6 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 17
TABLA 4-1 CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANÁLISIS ..... 18
TABLA 4-2 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUÍA – GRUPO DE DISEÑO 2 ..... 19
TABLA 4-3 NUMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V0 – GRUPO 2 - GUÍA BAJOS VOLÚMENES IDU ..... 20
TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR ..... 20
TABLA 5-1 TRÁNSITO DE DISEÑO ..... 23
TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142 ..... 24
TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO ..... 24
TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS ..... 24
TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS NO. 1 ..... 25
TABLA 5-6 TRÁNSITO BAJO ANÁLISIS NO. 2 ..... 26
TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 28
TABLA 6-2 VALORES DE CD RECOMENDADOS ..... 30
TABLA 6-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 31
Tabla 6-4 Análisis de CBR (%) ..... 32
TABLA 6-5 MODULO RESILIENTE ..... 32
Tabla 6-6 Análisis de CBR (%) ..... 33
Tabla 6-7 Valores de K conjunto a partir del capas granulares ..... 35
TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA ..... 35
TABLA 6-9 ALTERNATIVA AASHTO ..... 36
TABLA 6-10 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 37
TABLA 6-11 PASADORES SEGÚN PCA ..... 39
TABLA 6-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA ..... 39
TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA ..... 40
TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR ..... 41
TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR ..... 41

TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 43
TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES ..... 44
TABLA 6-1 FUENTES DE MATERIALES ..... 46
TABLA 6-2 ZODMES ..... 48
TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO ..... 51
TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 53
TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11003471) ..... 53
TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 54

## LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO ..... 10
FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TÉRMINOS DE PSI. ..... 13
FIGURA 4-2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11003471 ..... 20
FIGURA 4-3 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO ..... 21

## LISTADO DE ANEXOS

**ANEXO 1.** INFORME PREVIO – contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA.

**ANEXO 2.** PLAN DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS.

**ANEXO 3.** MEMORIAS DE CALCULO.

## INTRODUCCIÓN

Se elabora un estudio para la EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE segmento vial CIV 11003471 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

Con el fin de obtener un diagnóstico del corredor, se tiene en cuenta estudios previos en el sector en donde se ejecutó el estudio geotécnico mediante la ejecución de apiques asociado a la evaluación del tránsito, en términos de ejes equivalentes de 80kN.

A partir de la evaluación geotecnica del tramo objeto de estudio realizado por el Consorcio Gevial en el año 2020 bajo el contrato ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL LOCAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA - FDLS-345-2018, se plantean las intervenciones a nivel de pavimentos para los segmentos viales en la localidad de Suba de la ciudad de Bogotá D.C., tomando en consideración las variables que se establecen en la metodología del anexo técnico, caracterizando el perfil estratigráfico por medio de la ejecución de apiques, las cuales son insumo para el diseño de pavimentos, tales como: CBR de la subrasante y el tránsito de diseño evaluado a un periodo de diseño a 10 años. Además de los parámetros implícitos en la metodología de diseño de pavimentos a emplear AASHTO/93.

# 1. OBJETIVOS Y ALCANCE

## 1.1. OBJETIVOS GENERALES

Plantear una propuesta integral de intervencion de Pavimento para el segmento vial CIV 11003471 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

## 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PUBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, la evaluación geotécnica de las capas que componen la estructura existente, con el fin de conocer las caracteristicas fisico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio.

A partir el uso de herramientas computacionales modelar las estructuras propuestas mediante la metodologia AASHTO/93 y con el programa UNALOSA, conocer los esfuerzos y deformaciones actuantes en las estructuras diseñadas.

Plantear recomendaciones generales en cuanto a la conformación de una adecuada plataforma de trabajo, con el fin de garantizar el correcto desempeño de la estructura de pavimento propuesta.

Evaluar estrategias de mantenimiento para garantizar un adecuado comportamiento estructural del pavimento en servicio.

## 1.3. ALCANCE

Por medio del actual informe técnico es presentado el diseño de pavimentos, para el segmento vial CIV 11003471 sobre la Carrera 154B entre la Calle 138ª y la Calle 138b, de la localidad de Suba en la ciudad de Bogotá D.C.

Los capitulos que se incluyen en el presente informe son:

2. Descripción de la Metodologia.
3. Metodologia de estudio.
4. Trabajos de Campo.
   - ✓ Evaluación geotécnica del tramo de estudio.
5. Estudio de Tránsito.
6. Diseño de la Estructura de Pavimentos.
7. Secciones Transversales.

8. Caracterización de materiales.
9. Conclusiones y Recomendaciones.

Se plantearán las intervenciones necesarias a nivel de pavimento.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

193

# 2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

El presente informe se desarrolla como parte de la ejecución del contrato cuyo objeto corresponde al DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE EL SEGMENTO VIAL CIV 11003471 – LOCALIDAD DE SUBA – BOGOTÁ D.C.

## 2.1. LOCALIZACIÓN

El segmento vial CIV 11003471 de la localidad de Suba se encuentra en Bogotá D.C. A continuación, se presenta la localización del sitio objeto de estudio.

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO



FUENTE. GOOGLE.COM

A continuación, se presentan los segmentos a intervenir:

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO

| CIV | Ubicación |
|---|---|
| 11003471 | Carrera 154B entre la Calle 138a y la Calle 138b |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

## 2.2. CLIMA

Bogotá D.C. tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 16 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C, son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)1.

| | | |
|---|---|---|
| Temperatura promedio | = | 20 °C |
| Precipitación media anual | = | 1258 mm/año |

### 2.2.1. CLIMA SUBA

El clima en Suba, Bogotá, se caracteriza por ser fresco y variable, con temperaturas que oscilan entre los 10°C y 20°C, y con alta probabilidad de lluvia, especialmente en las tardes. La localidad también experimenta días nublados y con variaciones en la intensidad del viento. 2.

- **Temperatura:**

Generalmente se mantiene entre 10°C y 20°C, con sensaciones térmicas que pueden ser más bajas por la humedad y el viento.

- **Lluvias:**

Es común la presencia de lluvia, especialmente por las tardes, y puede haber días con alta nubosidad.

- **Viento:**

El viento suele ser variable, con velocidades que pueden alcanzar hasta 13 km/h, y puede provenir del suroeste o al este.

- **Humedad:**

La humedad puede ser alta, especialmente en días de lluvia, lo que puede afectar la sensación térmica.

- **Calidad del aire:**

La calidad del aire en Suba suele ser buena, pero puede haber variaciones.

[1] ESTACION IDEAM 2120022: UNIVERSIDAD NACIONAL
[2] Pagina AccuWeather

## 2.2.2. CLASIFICACIÓN DEL CLIMÁTICA

Teniendo en cuenta el manual de diseño de pavimentos asfálticos del INVIAS, se considera que la zona de diseño se encuentra en una región *R2 – Región templado semihumedo*; como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 2-2 REGIONES CLIMÁTICAS SEGÚN LA TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN

| No. | Región | Temperatura media anual (°C) | Precipitación media anual (mm) |
|---|---|---|---|
| R1 | Frío seco y frío semihumedo | < 13 | < 2000 |
| R2 | Templado seco y templado semihumedo | 13-24 | < 2000 |
| R3 | Cálido seco y cálido semihumedo | >24 | < 2.000 |
| R4 | Templado húmedo | 13-24 | 2.000-4.000 |
| R5 | Cálido húmedo | >24 | 2.000-4.000 |
| R6 | Cálido muy húmedo | >24 | > 4.000 |

FUENTE. MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS DEL INVIAS.

Partiendo de esta región, el manual de diseño recomienda las condiciones de humedad para el ensayo de CBR, parámetro fundamental de diseño. En este caso, la tabla 3 del manual, recomienda que el ensayo se realice en una condición sumergido, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 2-3 PRECIPITACIÓN Y CONDICIONES DE HUMEDAD PARA EL ENSAYO

| No | REGIÓN | TEMPERATURA MEDIA (°C) | PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm) | CONDICIONES DE HUMEDAD PARA EL ENSAYO |
|---|---|---|---|---|
| R1 | Frío seco | < 13 | < 1000 | Sin inmersión, empleando las humedades de equilibrio de la zona |
| | Frío | | | |
| R2 | Templado seco | 13 – 24 | < 1000 | Sin inmersión, empleando las humedades de equilibrio de la zona |
| | Templado semihúmedo | 13 – 24 | 1000 – 2000 | Sumergido |
| R3 | Cálido seco | > 24 | < 1000 | Sin inmersión, empleando las humedades de equilibrio de la zona |
| | Cálido semihúmedo | > 24 | 1000 – 2000 | Sumergido |
| R4 | Templado húmedo | 13 – 24 | 2000 – 4000 | Sumergido |
| R5 | Cálido húmedo | > 24 | 2000 – 4000 | Sumergido |
| R6 | Cálido muy húmedo | > 24 | > 4000 | Sumergido |

FUENTE. MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS DEL INVIAS.

# 3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

## 3.1. PCA

La metodología relacionada a continuación corresponde al tramo vial objeto de estudio, resaltando como objetivo principal la definición de las estrategias de intervención a nivel de pavimento.

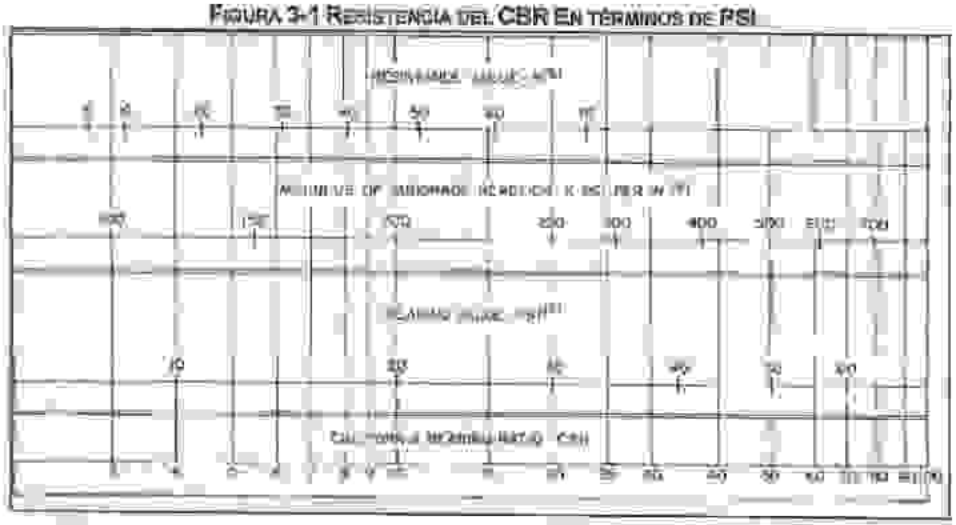
En general se considera que la intervención característica a realizar será la de diseño de la estructura del pavimento.

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.

FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TÉRMINOS DE PSI



Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements. Portland Cement Association, 1984

TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE

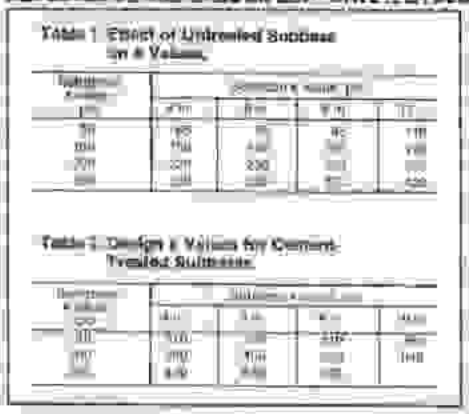

Table 1. Effect of Untreated Subbase on k Values.

Table 2. Design k Values for Cement-Treated Subbase.

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984

## 3.2. AASHTO

A continuación, se describe las variables que se consideran en el método AASHTO:

### 3.2.1. SUBRASANTE

Caracterizada a través del módulo de reacción de la subrasante K (en pci). Si la losa se apoya directamente sobre la subrasante, el K que se utiliza en el diseño es aquel que se obtenga de la subrasante. Sin embargo, cuando la losa se apoya sobre una capa granular de subbase o base o sobre un material estabilizado con cementante hidráulico, el K de manera obvia incrementa.

TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA

| K subrasante | | Valores de K | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Capa granular no tratada | | | | | | | |
| | | 10 cm | | 15 cm | | 22.5 cm | | 30 cm | |
| MN/m | pci | MN/m | pci | MN/m | pci | MN/m | pci | MN/m | pci |
| 20 | 75 | 25 | 95 | 29 | 110 | 32 | 117 | 38 | 140 |
| 40 | 147 | 55 | 202 | 63 | 230 | 67 | 239 | 68 | 245 |
| 60 | 220 | 84 | 235 | 96 | 245 | 76 | 280 | 90 | 330 |
| 80 | 294 | 87 | 320 | 96 | 330 | 102 | 370 | 117 | 430 |
| K subrasante | | Capa estabilizada con cementante hidraulico | | | | | | | |
| MN/m | pci | 10 cm | | 15 cm | | 20 cm | | 25 cm | |
| 20 | 73 | 80 | 220 | 80 | 300 | 105 | 400 | 135 | 500 |
| 40 | 147 | 100 | 370 | 130 | 500 | 185 | 680 | 240 | 880 |
| 60 | 220 | 130 | 320 | 190 | 700 | 245 | 900 | | |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993



Calle 35 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

### 3.2.2. TRANSITO

Este variable es difícil de establecer y caracterizar ya que los vehículos que circulan por una vía presentan diferentes magnitudes, configuraciones de ejes, presiones de inflado, velocidad de circulación y número de llantas. Por lo general se caracteriza a través del número de ejes equivalentes de 8.2 o 13 toneladas que circulan en el carril y el periodo de diseño (N) 3. De igual forma, se precisa que los cálculos y los desarrollos se sustentan en número de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas.

### 3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA

Los parametros mecánicos con los cuales se caracteriza la losa de concreto son el módulo elástico Ec y el de rotura MR en psi, medidos a los 28 días.

### 3.2.4. SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Índice de serviciabilidad (ΔPSI=Po -Pf). Valores recomendados para determinar el valor de Pf pare pavimento rígido se presentan en la tabla:

TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA

| Tipo de Carretera | Periodo de Diseño (Años) |
|---|---|
| Urbana de tránsito elevado | 30 – 50 |
| Interurbana de tránsito elevado | 20 – 50 |
| Pavimentada de baja intensidad de tránsito | 15 – 25 |
| De baja intensidad de tránsito, pavimentada con grava | 10 – 20 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Inicialmente esta condición se cuantificó a través de la opinión de los conductores, cuyas respuestas se tabulaban en la escala de 5 a 1:

[3] Pavimentos Materiales, Hugo Rondon



Calle 38 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. - Colombia Tels.: 3125861487 – 3115650207
consorciosubamt@gmail.com

200

TABLA 3-4 ÍNDICE DE SEVICIABILIDAD

| Índice de Servicialibilidad (PSI) | Calificación |
|---|---|
| 5 – 4 | Muy Buena |
| 4 – 3 | Buena |
| 3 – 2 | Regular |
| 2 – 1 | Mala |
| 1 – 0 | Muy mala |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final. El índice de servicio inicial po depende del diseño y de la calidad de la construcción. En los pavimentos flexibles estudiados por la AASHTO, el pavimento nuevo alcanzó un valor medio de po = 4,2.

### 3.2.5. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

TABLA 3-5 VALORES DE CD RECOMENDADOS

| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 – 5% | 5 – 25% | Más de 25% |
| Excelente | 1.25 – 1.20 | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 |
| Buena | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 |
| Muy mala | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 – 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

### 3.2.7. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla:

TABLA 3-8 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R (%) | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Autopistas | 85.0 – 99.9 | 75.0 – 99.9 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R (%) | 50 | 60 | 70 | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 96 | 99.99 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zr | -0.000 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -2.054 | -3.750 |

| Proyecto de pavimento | $S_o$ | |
|---|---|---|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapa | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J):

Es un parámetro adimensional que tiene en cuenta la capacidad que tienen los pasadores en una estructura de pavimento rígido de transferir o distribuir cargas en la zona más propensa a fallar (juntas). Este parámetro adicionalmente tiene en cuenta el efecto que genera sobre las juntas y sobre la transferencia de carga el confinamiento lateral de la losa.

Para juntas con pasadores, el valor recomendado de J es 2.7 y 3.2, si la losa se encuentra confinada y no confinada, respectivamente. Para juntas sin pasadores, los valores de J pueden llegar a aumentar hasta 4.2 y 4.4, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente.

El espesor de la losa de concreto (D, en pulgadas) que compone la estructura del pavimento rígido se determina a través de la ecuación:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \cdot S_o + 7.35 \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624\times10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22-0.32\,p_t)\log_{10}\left(\frac{S'_c \cdot C_d \cdot (D^{0.75}-1.132)}{215.63 \cdot J \cdot \left(D^{0.75}-\frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{k}\right)^{0.25}}\right)}\right)$$



Calle 38 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

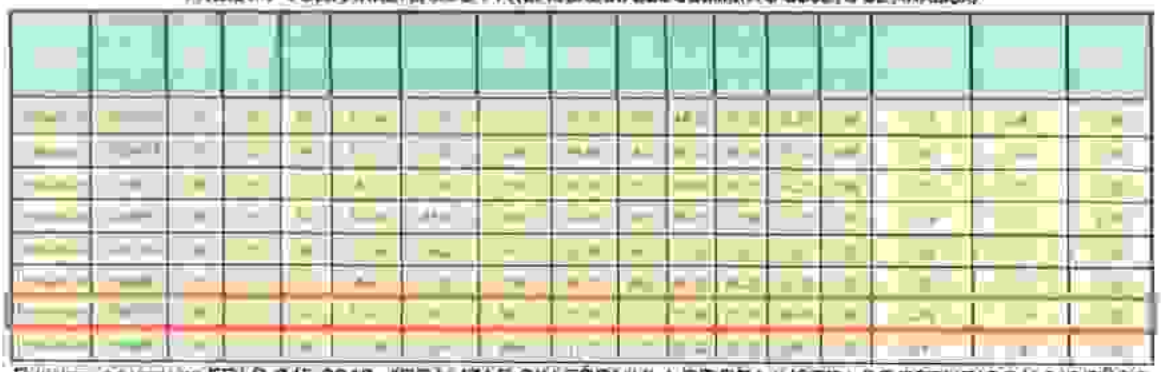
# 4. ESTUDIOS PREVIOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta la evaluación geotécnica de la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio. A continuación, se presenta lo relacionado:

## 4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA

El tipo de suelo para el presente segmento es una arena arcillosa SC, el cual tiene material fino pasa 200 de 11.20% y la proporción de arena en el ensayo granulométrico resultó de 45.60%. De los resultados de los límites de Atterberg se concluye que el límite líquido de 31.60%, índice de plasticidad de 18.50% con lo cual se cataloga de alta plasticidad. Por su parte el CBR en condiciones de inmersión es de 1.39% y su expansión en CBR es de 0.80%.

TABLA 4-1 CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANÁLISIS



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO

Grupo 2: Localizado en la Carrera 154B entre la Calle 138a y Calle 138b y se encuentra conformado por el segmento vial 11003471.

## 4.3. TRANSITO

Del informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 3, el cual en su gran mayoría son vías peatonales (V9) es menor, en términos de ejes equivalentes de 8.2 T, al mínimo indicado por la Guía de diseño pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías Locales para Bogotá D.C, por lo tanto se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 815.000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 4-2 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUIA – GRUPO DE DISEÑO 2



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO

Del informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el transito de diseño del Grupo 2:

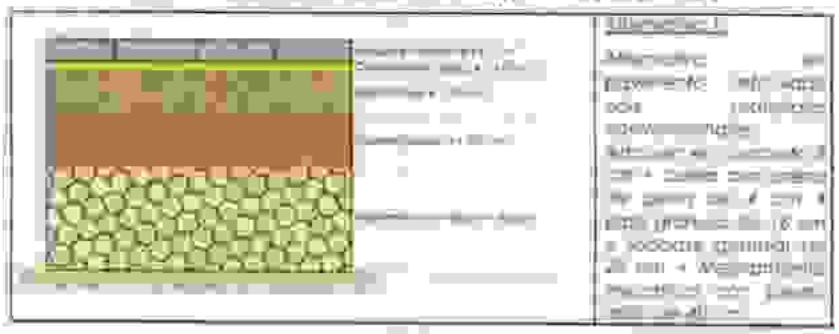
TABLA 4-3 NUMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V9 – GRUPO 2 - GUÍA BAJOS VOLÚMENES IDU



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 – "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor:

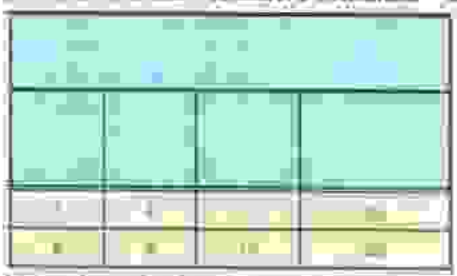
FIGURA 4-1 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11003471



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 – "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor:

TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 – "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"



Calle 35 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

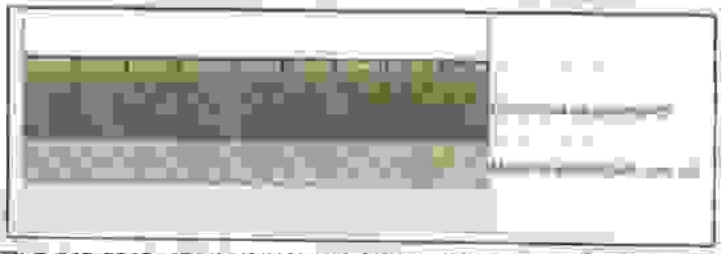
205

## 4.5. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO CONTRÁCTILES

Si bien en los capítulos anteriores se presentaron las zonas en las cuales se detectó la presencia de suelos con susceptibilidad contracto expansiva, es necesario que durante la etapa de construcción de las obras se evalúe de forma constante y permanente la calidad y tipología de los suelos de Subrasante con el objetivo de detectar zonas adicionales con presencia de suelos expansivos, ya que de darse esta situación deberá darse, también, el tratamiento que se indica en el presente capítulo.

- Construir la estructura de pavimento definida en los estudios, contemplando el material de mejoramiento correspondiente.

FIGURA 4-2 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018- "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PUBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.6. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" se presentan las siguientes conclusiones:

* La gran mayoría de las vías de este grupo de diseño son vías V9 las cuales son peatonales, lo que implica un diseño tendiente a pavimento articulado por el menor costo que esta alternativa representa. Por su parte, en las vías vehiculares se propone una estructura de pavimento flexible convencional.

* Se llevaron a cabo apiques o calicatas en cada CIV de diseño de donde se obtiene el perfil estratigráfico y se tomaron muestras para la caracterización principalmente de los suelos de subrasante. Los ensayos que se realizaron corresponden a humedad natural, gradación, límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico), eventualmente ensayos de límites de contracción y CBR's inalterado de la subrasante.

* De acuerdo con los resultados de la información geotécnica, apiques y ensayos de laboratorio, los suelos de subrasante son muy pobres y de muy baja capacidad de soporte y además en algunos casos los suelos han presentado características expanso contráctil dado por la expansión en ensayos de CBR y límites de contracción.

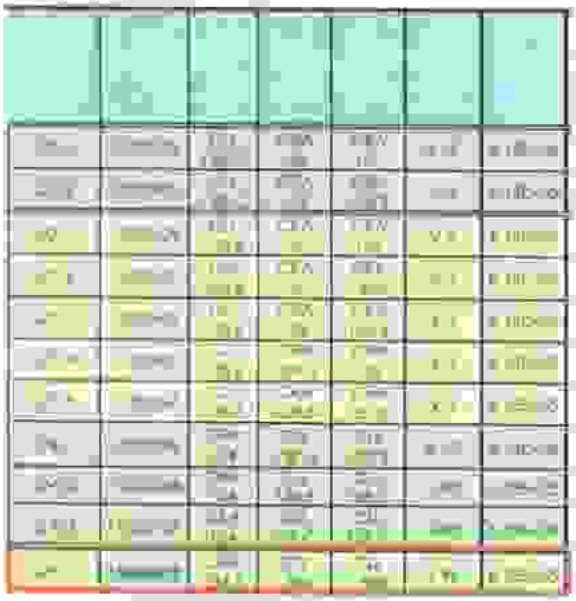
- Existe una perfecta correlación entre la Geología Regional del sector específico de Suba y las condiciones de subrasante obtenidas de la caracterización de la subrasante.
- El dimensionamiento de las estructuras de pavimento corresponde al diseño con el CBR en condiciones saturadas que a pesar de que es la condición más crítica, esta situación se evidencia por la cercanía al río Bogotá.
- Se plantean dos (2) alternativas de diseño enfocadas en el tipo de estabilización de la subrasante, pero sin cambiar la tipología de las estructuras, lo que se da en beneficio directo del proyecto.
- El dimensionamiento de las estructuras de pavimento se llevó a cabo bajo la metodología de la Guía de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C., para el caso de vías en pavimento articulado y la metodología AASHTO-93 para el dimensionamiento de las estructuras en pavimento flexible.

## 5. ESTUDIO DE TRANSITO

Efectuar mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta el tránsito para el segmento vial CIV 11003471:

Del informe de "Estudio de Tránsito V2" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 2, se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 343.000 ejes equivalentes de 8,2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño.

TABLA 5-1 TRÁNSITO DE DISEÑO

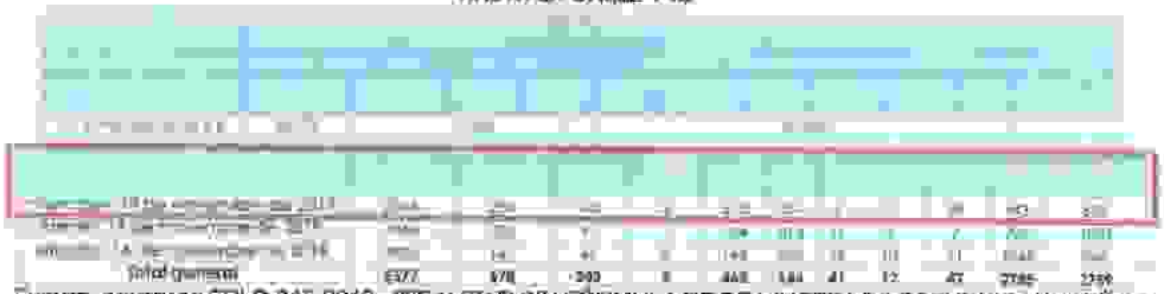


FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

### Análisis 1:

De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un conteo que se relaciona con la estación No. 2, ubicada en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 142 hasta la Calle 139 y se reportaron los siguientes resultados:

TABLA 5-2 VOLUMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 – "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

Teniendo en cuenta que el tránsito de estudio previos obedece a 650.000 ejes equivalentes de 8.2, se presenta la siguiente equivalencia para estimar el tránsito en repeticiones esperadas por tipo de vehículo, es necesario aplicar factores de equivalencia de carga (FEC) específicos para cada vehículo. Estos factores reflejan el daño relativo que cada tipo de vehículo genera al pavimento en comparación con un eje estándar de 8.2 toneladas. A continuación, se presenta la siguiente estimación de composición vehicular:

TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO

| | |
|---|---|
| Autos | 0 |
| Microbuses | 0.4 |
| Busetas | 0.4 |
| Bus Intermunicipales | 1.0 |
| C2F | 1.11 |
| C2G | 3.44 |
| C3-C4 | 3.76 |
| C5 | 4.4 |
| >C5 | 4.72 |

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE MEDIOS Y ALTOS VOLUMENES DE TRANSITO COLOMBIA

Teniendo en cuenta la tabla anterior, se utilizan los FEC por cada vehículo y se obtienen los siguientes resultados:

TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS

| Tipo | Cantidad | FEC estimado | Repeticiones equivalentes |
|---|---|---|---|
| Automóvil | 2026 | 0 | 0 |
| Microbús | 235 | 0,4 | 94 |
| Buseta | 110 | 0,4 | 44 |
| Bus Inter | 2 | 1 | 2 |



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

| Tipo | Cantidad | FEC estimado | Repeticiones equivalentes |
|---|---|---|---|
| C2P | 215 | 1,14 | 245,1 |
| C2G | 151 | 3,44 | 519,44 |
| C3 | 5 | 3,76 | 18,8 |
| C3-S2 | 0 | 3,76 | 0 |
| C3-S3 | 29 | 3,76 | 109,04 |
| Moto | 943 | 0 | 0 |
| Bicicleta | 882 | 0 | 0 |
| **Total Repeticiones Día** | | | 1032,38 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Con una proyección de periodo de diseño se tiene para 20 años, crecimiento del tráfico anual del 3%, y 365 días al año.

Se usa esta fórmula para estimar las repeticiones acumuladas:

$$N = EPS_{Diario} \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

N=10.125.259 repeticiones equivalentes de 8.2 toneladas.

El valor estimado de repeticiones acumuladas a 20 años se derivó del aforo vehicular realizado el miércoles 19 de noviembre de 2018 en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 139, correspondiente a la estación No. 2 del estudio de tránsito. Para el diseño de la estructura de pavimento del segmento CIV 11003471, y con el fin de evitar una sobredimensión innecesaria, se adopta un enfoque de diseño conservador pero seguro, basado en datos reales. En consecuencia, se considera únicamente el 8% del volumen total registrado en dicho aforo, dado que los datos corresponden a una intersección con un flujo vehicular elevado en comparación con el tramo objeto de análisis. Esta proporción se justifica por la necesidad de ajustar el diseño a condiciones operativas más representativas del segmento vial intervenido, manteniendo al mismo tiempo un margen de seguridad estructural.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se presenta la siguiente tabla resumen con las repeticiones estimadas:

TABLA 5-6 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS NO. 1

| Peso (toneladas) | Repeticiones |
|---|---|
| 8.2 | 810.020 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**Análisis 2:**

De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un tránsito 650.000 ejes equivalentes de 8.2 para la estimación que se hizo en el informe del año 2019. A continuación, se presenta el análisis a considerar.

TABLA 5-8 TRANSITO BAJO ANALISIS NO. 2

| Tasa de crecimiento: 3% | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Año 2019 | Año 2020 | Año 2021 | Año 2022 | Año 2023 | Año 2024 | Año 2025 |
| 650000 | 669500 | 689585 | 710273 | 731581 | 753528 | 776134 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La tabla presentada se construyó a partir de las estimaciones de tránsito reportadas en los estudios previos del componente de tránsito correspondientes al año 2019. No obstante, considerando que el año base para el análisis es 2025, se realizó una proyección del volumen de tránsito aplicando una tasa de crecimiento anual del 3% (informe de tránsito de: FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA). Esta proyección tiene como objetivo establecer un criterio de diseño bajo condiciones conservadoras y seguras, sin incurrir en una sobredimensión innecesaria de la estructura del pavimento.

Finalmente, es importante resaltar que el presente análisis se basa en los estudios previos desarrollados en el marco del contrato No. 345-2018, específicamente en la información contenida en el estudio de tránsito elaborado en dicha consultoría. Con fundamento en estos antecedentes y considerando los datos de volúmenes vehiculares y composición del tráfico reportados, se proyecta un valor de tránsito acumulado de **776.134 vehículos equivalentes** para el horizonte de diseño. Este valor constituye la base para el dimensionamiento estructural, en concordancia con los lineamientos técnicos establecidos en las metodologías de diseño vial vigente.

# 6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

En el desarrollo del presente estudio se diseñará la alternativa de diseño:

- Pavimento rígido mediante el método de la Portland Cement Association PCA 84.
- Pavimento rígido mediante el método AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

## 6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO

Al presentar una propuesta de diseño del pavimento, es necesario considerar tres variables fundamentales, como lo son: la exploración geotécnica (determinar las características del perfil estratigráfico existente), la evaluación estructural del pavimento (evaluación del deterioro superficial), diseño geométrico (rasante) y las cargas de tránsito proyectadas en el periodo de intervención.

Como fue indicado en el Alcance del documento, este informe busca definir la propuesta de intervención a nivel de pavimento para el CIV11003471.

- **MATERIALES**

Los materiales deberán cumplir con las especificaciones IDU-18, resolución 010910 del 27 de diciembre de 2018 de la siguiente manera:

- Capas de concreto hidráulico. IDU-800-18.
- Capas de material granular. IDU-500-18.
- Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales. IDU-410-18.

### 6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN:

**Alternativa**

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR: 4.1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

*De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.*

(*) Tener presente que en la actual etapa NO se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos.

TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Tramo de Estudio | Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) |
|---|---|---|
| CIV11003471 | Rígido | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón en un espesor 30 cm. Incluye sello de 10 cm de material granular. |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **CLIMA Y TEMPERATURA**

Bogotá D.C. tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C, son consultados en los calenderios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)4

Temperatura promedio = 20 °C
Precipitación media anual = 1258 mm/año

### 6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGIDO

Para el diseño del pavimento rigido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga

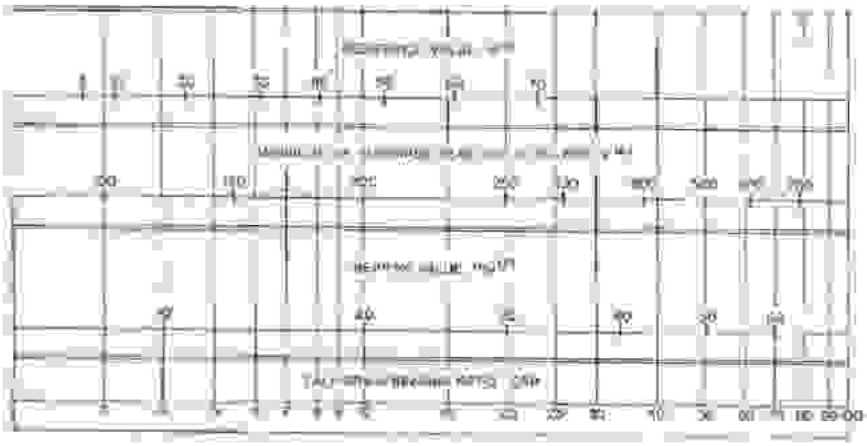
4 ERTACION IDEAM 2150832- UNIVERSIDAD NACIONAL



213

- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosion máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.



Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

**Table 1. Effect of Untreated Subbase on k Values**

| Subgrade k value, pci | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 9 in. | 12 in. |
| 50 | 65 | 75 | 85 | 110 |
| 100 | 130 | 140 | 150 | 170 |
| 200 | 220 | 230 | 250 | 280 |
| 300 | 320 | 340 | 370 | 430 |

**Table 2. Design k Values for Cement-Treated Subbases**

| Subgrade k value, pci | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 9 in. | 12 in. |
| 50 | 170 | 230 | 310 | 400 |
| 100 | 240 | 300 | 390 | 490 |
| 200 | 370 | 440 | 530 | 640 |
| 300 | 470 | 540 | 630 | |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.



2-19

### 6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGIDO

Para el diseño del pavimento rígido se mediante el método AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Periodo de diseño: **20 años.**

### 6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad: 4.2 – 2.0

### 6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd: 0.90 – Regular para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

TABLA 6-2 VALORES DE Cd RECOMENDADOS

| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento esta expuesta a grados de humedad proxima a la saturacion | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 – 5% | 5 – 25% | Mas de 25% |
| Excelente | 1.25 – 1.20 | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 |
| Muy malo | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 – 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 6.1.3. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla:

TABLA 6-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R [%] | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Colectoras | 80.0 - 95.0 | 75.0 - 95.0 |
| Locales | 50.0 - 80.0 | 50.0 - 80.0 |

| R [%] | 50 | 60 | 70 | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 98 | 99.99 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Z_R$ | -0.000 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -2.054 | -3.750 |

| Proyecto de pavimento | $S_o$ | |
|---|---|---|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 - 0.50 | 0.30 - 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Valor So: 0.35.
Modulo de elasticidad concreto: 4.228.920 psi.
$f_c'$ = 5500 psi.

$$E = 57{,}000 \cdot \sqrt{f_c'}$$

E = modulo de elasticidad en psi
$f_c'$ = resistencia a compresión del concreto en psi

Módulo de rotura concreto: 4.1 MPa = 594 PSI.
Coeficiente de transferencia de carga (J): 2.7 para juntas con pasadores.

### 6.1.2 MÓDULO RESILIENTE

De acuerdo con Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" efectuada en el tramo objeto de estudio, el módulo Resiliente- MR, corresponderá a los valores de resistencia de la subrasante obtenidos en los ensayos de CBR en inmersión, los cuales fueron registrados en el capítulo de Estudios previos:

El valor de **CBR promedio y de diseño es 1.39%**

TABLA 8-4 ANÁLISIS DE CBR (%)

| CBR DE DISEÑO |
|---|
| 1.39% |

FUENTE: ELABORACION PROPIA.

De acuerdo con lo anterior, el módulo se correlaciona con el valor promedio de los valores de CBR de laboratorio en Inmersión (Capítulo de Estudios Previos), teniendo en cuenta la ecuación 14, para CBR<10%, de la Guía para diseño de estructuras de pavimento de AASHTO/1993.

$$Mr = 1500 * CBR, \text{ (psi) (14)}$$

Si CBR<10%

TABLA 8-5 MODULO RESILIENTE

| Tramo de Estudio | CBR diseño (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|
| CIV 11003471 | 1.39 | 2085 | 14.37 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, se requiere realizar un mejoramiento de la subrasante, para lo cual se propone la realización de un mejoramiento con material tipo rajón (IDU No. ET-410-18), al que se le establecen las siguientes características:

- Espesor de mejoramiento mínimo: 30 cm

Con base en estas características, se determina las características del CBR mejorado con la metodología de IVANOV, de acuerdo a la siguiente formulación, donde:

Eequiv: Módulo Resiliente compuesto de la subrasante mejorada

Einf: Módulo Resiliente capa inferior

N: Parámetro de rigidez, determinado a partir de los módulos de las capas inferior y superior

A: Radio de carga

H: Espesor de la capa de mejoramiento o capa superior

$$h = \frac{2\Delta}{N} \times \tan\left[\frac{1 - Einf/Equivo}{\frac{2}{\pi} * \left(1 - 1/N^{3.5}\right)}\right] \quad (15)$$

$$N = \left(\frac{E\,sup}{E\,inf}\right)^{3}$$

El módulo de la cada inferior es estimado a partir de la siguiente expresión:

$$E = 10 * CBR(\%) \quad (16)$$

El módulo de la capa superior, tomando en consideración que el módulo de las capas granulares es dependiente del estado de esfuerzos y confinamiento de las capas, se determina a partir de la ecuación de Shell, en función del espesor de capa de mejoramiento y el módulo de la capa inferior mediante la expresión.

$$Esup = 0{,}204 * E\,inf * H^{0{,}45} \quad (17)$$

| CBR de subrasante | Módulo de subrasante | | Módulo de mejoramien | Espesor mejoramiento | Módulo combinado de Subrasante+Mejoramiento | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CBR de Sub (%) | Esi (MPa) | Esi (kg/cm²) | Emej (MPa) | Hmej (cm) | Eeq (kg/cm²) | Eeq (MPa) | CBR (%) |
| 1.39 | 13.90 | 141.7 | 76.9 | 30.0 | 388.4 | 38.1 | 3.81 |

TABLA 6-8 ANÁLISIS DE CBR (%)

| Tramo de Estudio | Mejoramiento de la subrasante (m) | CBR Equivalente (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|---|
| CIV11003471 | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rejón en un espesor 30 cm, incluye sello de 10 cm de material granular. | 3.81 | 5715 | 39.40 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 6.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO

Es este capítulo se presentan las estructuras de pavimento definidas para las vías del proyecto y el espacio público. Se incluyen las estructuras de pavimentos y los espesores de sus capas. En el Anexo se presentan las memorias de cálculo del diseño.

- Pavimento rígido con losas de concreto apoyadas sobre sub-base granular.

Para el diseño del pavimento rígido se empleará la metodología PCA 84 y se realizará la realizará la verificación de esfuerzos y deformaciones con el software EverFe

### PARÁMETROS DE DISEÑO

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Período de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU MR41.
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con berma y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

### MÓDULO DE REACCIÓN k DE LA SUPERFICIE DE LA SUBRASANTE

El valor de k se puede determinar mediante la siguiente correlación con el CBR.

$$k_{[lb/pulg^3]} = 0.25 + 5.15 \log CBR$$

$$k_{[kg/cm^3]} = 316.5\, k_{[lb/pulg^3]} \quad (14)$$

k= 116.87 lb/pulg3

El valor mostrado anteriormente se obtiene a partir del CBR mostrado anteriormente correspondiente a 3.81 %, teniendo en cuenta el valor de mejoramiento con rajón en un espesor de 30 cm, con sello de 10 cm de material granular.



219

**ALTERNATIVA PCA (CIV11003471):**

La sub-base se recomienda para prevenir el fenómeno de bombeo, y su presencia aumenta la capacidad de soporte de pavimento optimizando el espesor de la losa de concreto. A continuación, se presenta el incremento que se puede obtener mediante la instalación de 15 cm de sub-base:

**TABLA 6-7 VALORES DE K CONJUNTO A PARTIR DEL CAPAS GRANULARES**

| Valor de K para subrasante | Valor de K para sub base granular | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 100 mm | | 150 mm | | 225 mm | | 300 mm | | |
| Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 |
| 20 | 73 | 29 | 105 | 35 | 96 | 52 | 191 | 70 | 249 |
| 40 | 147 | 45 | 165 | 49 | 180 | 67 | 246 | 86 | 316 |
| 60 | 220 | 64 | 230 | 69 | 255 | 78 | 290 | 90 | 330 |
| 80 | 295 | 87 | 320 | 90 | 330 | 100 | 370 | 117 | 430 |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

De acuerdo con el valor de k obtenido a partir de un CBR de 3.81%, ingresamos con el valor de 116.87 lb/pulg3 (32.02 Mpa/m) para obtener el valor de k conjunto de = 39.0 MPa/m (142 lb/pulg3) mediante la aplicación de una capa de sub granular de 15 cm.

Teniendo en cuenta lo citado anteriormente y a partir de la utilización del software computacional BS-PCA se obtiene un espesor de losa de 16 cm, tal como se muestra a continuación:

**TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA**



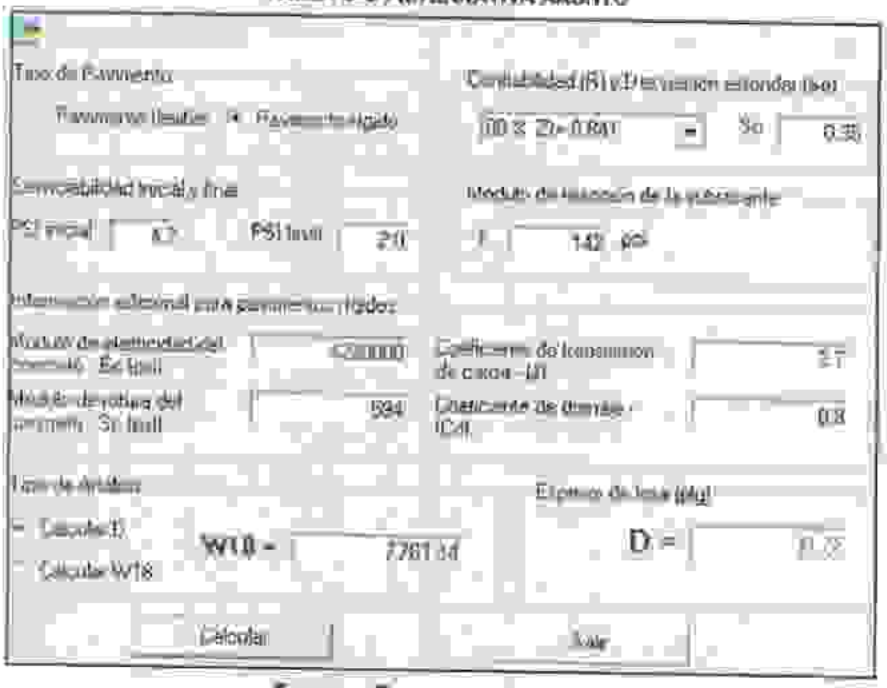

**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

En el anexo se encuentra la memoria de cálculo

## ALTERNATIVA AASHTO (CIV11003471):

La alternativa para la metodología AASHTO, presenta el siguiente resultado:

TABLA 6-9 ALTERNATIVA AASHTO




FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Teniendo en cuenta la metodología AASHTO, el espesor de la losa es de 16 cm.

### Calidad del concreto

La resistencia a la flexión se expresa en su Módulo de Rotura. Para el presente diseño, se propone un módulo de rotura de 4,1 MPa.

### Transferencia de Carga

Se considera el diseño con pasadores.

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR. 4.1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con lo anterior, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

TABLA 8-10 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura (*) | |
|---|---|---|---|
| Rígida | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo cajón ET 410-13 de forma puntual en un espesor de 30 cm Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub-base granular | Descripción | Espesor (cm) |
| | | Concreto Hidraulico | 18 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con cajon | 30 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

(*) Generalmente, la metodología PCA tiende a arrojar un espesor de losa mayor que la metodología AASHTO. Esto se debe a que PCA evalúa directamente los esfuerzos que actúan sobre la losa (tracción, flexión y tensiones térmicas), considerando condiciones críticas como carga en el borde, expansión térmica, fricción entre losas y gradientes de temperatura, lo cual conduce a diseños más conservadores en ciertos contextos, especialmente en aplicaciones industriales o con alta variabilidad térmica.
En cambio, AASHTO se basa en modelos empíricos, ajustados a condiciones de prueba específicas (AASHO Road Test), por lo cual sus resultados pueden ser menos conservadores, especialmente fuera de los rangos para los cuales se calibró la ecuación.

**Modulación de losas:**

El concreto hidráulico como superficie de rodadura, se encuentra sujeto a diferentes esfuerzos, entre los cuales se encuentran: cargas de tránsito, contracción y expansión del concreto (el concreto al endurecer ocupa menos volumen que cuando está fresco) y diferencias de temperatura ó humedad entre la fibra superior y la inferior, entre otras. Con el fin de contrarrestar estos esfuerzos, no es suficiente el proporcionar un espesor adecuado, sino proyectar juntas longitudinales y transversales que impiden un fisuramiento temprano del concreto, estas juntas deben estar diseñadas técnicamente, mediante el empleo de los siguientes criterios:

***Espaciamiento de Juntas***

- ✓ La separación de las juntas transversales se encuentra en función del espesor del pavimento, mediante la relación:

$$S = (21 \text{ a } 24)\, d$$

*Ecuación 1*

Donde,
S = Separación de la junta
d = espesor del pavimento

21 = Para valores máximos de fricción entre la base y el pavimento.
24 = Para valores normales de fricción entre la base y el pavimento.

*Para el espesor del CIV11003471 de 16 cm la separación máxima entre juntas transversales es de: 2.60m*

La relación entre el largo y el ancho de la losa debe encontrarse entre un intervalo de 1 y 1,25.

$$1.0<largo/ancho<1.25$$

En función del espesor de la losa, la longitud de la losa debe ser máximo 25 veces el valor del espesor.

$$L \leq 25\ H$$
$$L_{20} \leq 5,0$$
$$L_{30} \leq 7,5$$

Donde
L: Longitud de la Losa
H: Espesor de la Losa (m)

Teniendo en cuenta que el segmento vial tiene un ancho aproximado de 5.2 (2.60 por losa) metros la relación de esbeltez, igual a 1,0 la longitud es de 2.60, para losas de espesores de 16 cm. Sin embargo, es importante aclarar que la longitud y ancho de la losa están en función de la geometría de la vía, considerando los criterios antes citados en términos de esbeltez.

**Transferencia Mecánica de Carga**

Aunque es preciso reconocer que los agregados ofrecen mediante su trabazón un grado de transferencia de carga; debido al tráfico de la vía en estudio es necesario implementar una transferencica de carga mecánica mediante la disposición de doveles (barras de acero lisas insertadas en las juntas) que buscan transferir cargas sin restringir el movimiento horizontal.

Pasadores: Considerando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para una losa cuyos espesores de 16 cm se requiere el empleo de pasadores lisos, constituidos por Barras de 3/4" de diametro, de 35 cm de longitud y separación entre centros de 30 cm

TABLA 6-11 PASADORES SEGÚN PCA

| ESPESOR DE LOSA (pulg) | DIAMETRO DEL PASADOR (pulg) | LONGITUD (pulg) | ESPACIAMIENTO (pulg) |
|---|---|---|---|
| 6 | 5/8 | 12 | 12 centro a centro |
| 6 | 3/4 | 14 | |
| 7 | 7/8 | 14 | |
| 8 | 1 | 14 | |
| 9 | 1 1/8 | 16 | |
| 10 | 1 1/4 | 18 | |
| 11 | 1 3/8 | 18 | |
| 12 | 1 1/2 | 20 | |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Barras de anclaje: Tomando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para un ancho de carril de 2.60 m y un espesor de losa de 18 cm, en las juntas longitudinales se emplearán barras corrugadas de ½" pulgada de diámetro, de fy = 280.0 MPa, con una longitud de 0.60 m y una separación entre las mismas de 0.60 m

TABLA 6-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA

| Espesor losa (mm) | Varillas de ½" | |
|---|---|---|
| | Long (mm) | Separación entre centros (m) |
| | | Carril 2.60 m |
| 150 | 600 | 0.60 |
| 175 | | 0.50 |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Es fundamental asegurar la correcta alineación y nivelación de pasadores y dovelas para garantizar una transferencia de carga eficiente y evitar concentraciones de esfuerzo.

Durante la construcción, se debe verificar la correcta colocación y fijación de los pasadores y dovelas antes del vertido del concreto.

**Esfuerzo y deformación:**

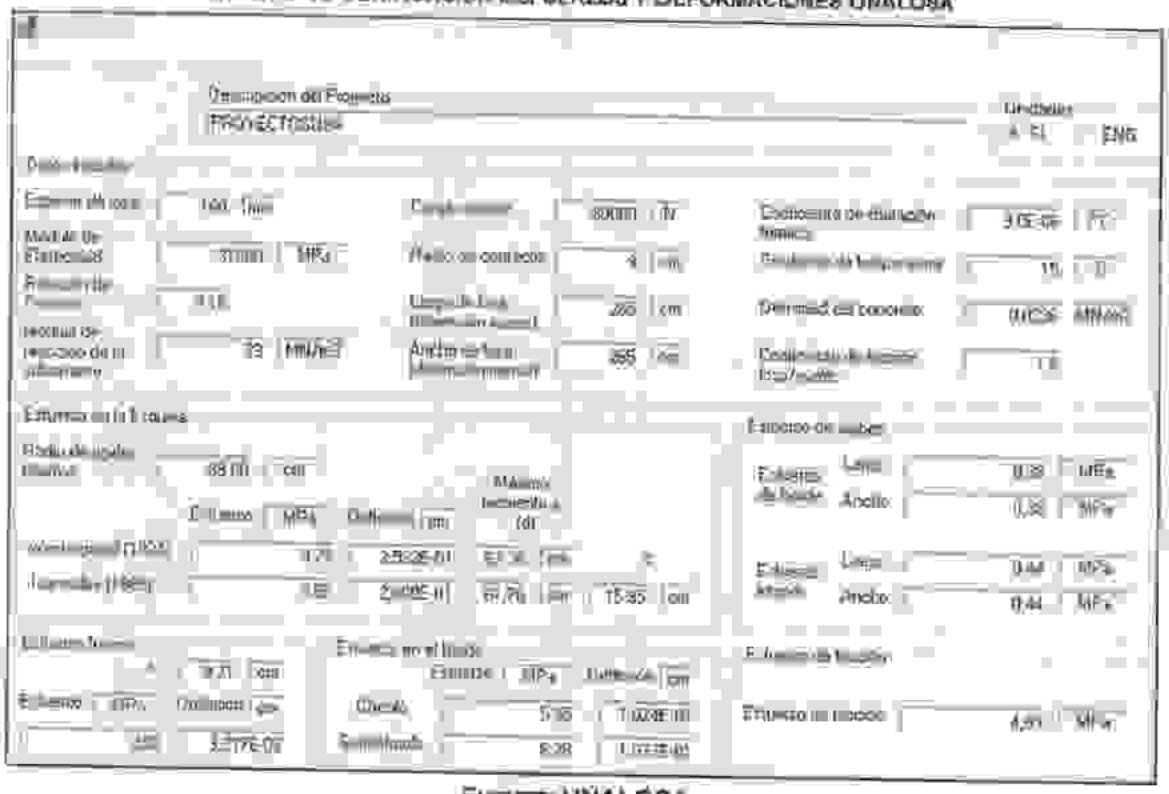
**Parámetros iniciales:**

**Espesor de la losa (h):** 18 cm.
**Módulo de ruptura del concreto (MR):** 4.1 MPa.
**Módulo de elasticidad del concreto (E):** 31,000 MPa.
**Relación de Poisson (v):** 0.15.
**Módulo de reacción de la subrasante (k):** 38 MPa/m.

**Carga aplicada (P):** 8.2 Toneladas
**Radio de contacto de la carga** (a): aproximadamente 150 mm.

Asimismo, mediante el software especializado UNALOSA, se lleva a cabo la verificación de los estados de esfuerzo y deformación asociados a una losa de pavimento con espesor de 16 cm:

TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA




FUENTE: UNALOSA

**Conclusión**

Bajo una carga de 80 kN, la losa de concreto de 16 cm de espesor, con un MR de 4.1 MPa, apoyada sobre una subbase granular de 15 cm y una subrasante con k = 41 MPa/m, experimentarle un esfuerzo interior máximo de aproximadamente 2.82 MPa y una deflexión máxima de 0.32 mm. Ambos valores están dentro de los límites aceptables, indicando un diseño estructural adecuado para las condiciones planteadas.

# 6 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO

En el presente apartado, se desarrolla el diseño de pavimentos para los andenes teniendo en cuenta las características geotecnicas de la subrasante, los materiales de la estructura y los espesores mínimos permitidos. Este diseño, se llevará a cabo de acuerdo con lo establecido en la Cartilla de Andenes de la Secretaría Distrital de Planeación (SDP modificación 07-06-2018)

En concordancia con la propuesta de diseño urbanístico, se plantea una de estructura de andén, en concreto estampado.

Con base en los resultados de la exploración geotécnica realizada para las vías a intervenir, se caracteriza de la misma manera el suelo de subrasante para las estructuras de los andenes pertinentes, de acuerdo con lo establecido en el apartado de Procesos Constructivos de la Cartilla de Andenes (Mod. 2018), para así mismo establecer una estructura típica para los mismos. A continuación, se define el tipo de subrasante en función de los valores de CBR natural en condición de inmersión.

TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR

| TIPO DE SUBRASANTE | CBR en (condición de inmersión) |
|---|---|
| S1 | Mayor o igual a 3% |
| S2 | Menor de 3% |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

Con base a lo anterior, conservando para el diseño de andenes el CBR de diseño de los segmentos viales vehiculares, se obtiene un suelo Tipo S2, lo cual indica que se requieren actividades de mejoramiento.

TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR

| Tipo de Suelo encontrado en la Subrasante | Clasificación AASHTO | Clasificación SUCS | CBR | Tratamiento a seguir |
|---|---|---|---|---|
| Suelos de Arcillas, Limos y Arenas | Tipos A-4, A-5 | Inadecuado o Malo | < 3% | Reemplazo y compactación de 0.30 m de espesor por material granular de buena calidad |
| Suelos Finos, Limosos y Arcillosos de baja plasticidad | Tipo A-4 | Regular a Malo | > 3% | Ninguno |
| Suelos Finos, Limosos y Arcillosos de baja plasticidad | Tipos A-6 y A-7 | Regular a Malo | < 3% | Remoción de 0.30 m con material con un CBR mínimo del 10% (Decreto 320 de 2021 - Bogotá) |
| Suelos Finos Arcillosos y limos de alta plasticidad | Tipos A-6 y A-7 | Regular a Malo | < 3% | Material de 0.30 m de Base granular estabilizado con cemento (Decreto 320 de 2021 - Bogotá) |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

De acuerdo con la tabla anterior, se define la clasificación AASHTO del suelo existente, el cual funcionara como subrasante en función del CBR y se determinó que se debe mejorar la subrasante, teniendo en cuenta las condiciones del suelo la alternativa de mejoramiento se realizará reemplazando 20 cm de espesor del material inadecuado de la subrasante por material granular con CBR mínimo de 10%.

Posteriormente se establecen los criterios de diseño de acuerdo con el tipo de superficie y el usos posible del espacio público, para este proyecto se tomo el criterio de Diseño 1, de la Cartilla de Andenes Bogotá D C de la Secretaría Distrital de Planeación, la cual dice textualmente: "Para el espacio público peatonal y la red de ciclorruta a nivel de andén, por donde no circula ningún tipo de vehículo pesado, se propusieron espesores mínimos de construcción, con subbase granular tipo SBG_ PEA_B, según Especificación IDU o vigente. Aplica para estructuras articuladas y flexibles, y acceso vehicular de vivienda (máximo 2 vehículos livianos)".

Teniendo en cuentá los criterios anteriormente mencionados, se propone la estructura de pavimento peatonal con sus espesores.

**ILUSTRACIÓN 1 ESTRUCTURA DE ESPACIO PÚBLICO PEATONAL**

*Estructura para Espacio Público Peatonal y Red de ciclorrutas (a nivel de andén) para Subrasante - Tipo S2 y Criterio de diseño 1*

**MATERIAL DE SUPERFICIE SEGÚN CASO**

SUBBASE GRANULAR SBG-PEA
Sección 400 de IDU-ET-2011 o vigente

SUBRASANTE MEJORADA

**SUBRASANTE NATURAL**

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:

TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Mejoramiento mínimo |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

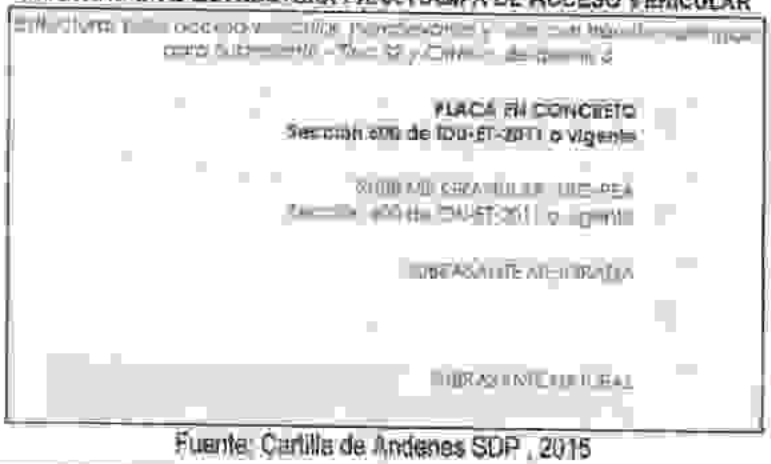
De acuerdo contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA", se puede concluir que para la estructura de pavimento de la zona peatonal se dispone de una sola zona homogénea, y con la cual se proyectó la estructura mostrada en la tabla anterior.

## 9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR

De acuerdo con la Cartilla de Andenes Bogotá D.C, las rampas no solo dan acceso vehicular a los predios sino también el acceso de las personas con movilidad reducida a los andenes y zonas peatonales que serán construidos con el desarrollo del proyecto.

Para un suelo S2 con CBR < 3%, tránsito de vehículos livianos y paso ocasional de vehículos comerciales tipo C2, se obtuvieron los espesores de las rampas vehiculares al proyecto de acuerdo a los criterios de la Cartilla de Andenes– DAPD.

ILUSTRACIÓN 2 ESTRUCTURA PARA RAMPA DE ACCESO VEHICULAR




Fuente: Cartilla de Andenes SDP , 2015



228

TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 15 | Placa de Concreto MR 41 kg/cm² |
| 15 | Subbase Granular (SBG-IPSA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Mejoramiento Seleccionado |
| | SUBRASANTE |
| 50 | TOTAL |

Fuente. Elaboración Propia

El concreto hidráulico se recomienda con módulo de rotura de 41 kg/cm conformado con la granulometría AG-1 (Tamaño máximo del pétreo de 2½ pulgadas), presentada en la Sección 500 Pavimento de Concreto Hidráulico.

En los lugares donde sea necesario completar niveles se hará con un material seleccionado por capas no mayores a 0.20 m logrando una densidad mínima del 95%, estos materiales seleccionados deben cumplir con características geotécnicas tales como IP menor o igual a 10%, contenido de finos menor o igual a 25%, CBR del 10%, tamaño máximo de 3", esto de acuerdo con el las especificaciones ET-IC-01.

# 7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

La propuesta de diseño contempla la construcción de capas estructurales de pavimento compuestas por materiales tales como mezclas asfálticas y materiales granulares. Atendiendo las especificaciones técnicas válidas en el desarrollo del presente proyecto y las cuales corresponden a las Especificaciones técnicas de construcción del Instituto Nacional de Vías - INVIAS, se presenta a continuación la caracterización de cada una de estos materiales.

- **CONCRETO HIDRÁULICO**

El concreto hidráulico, tiene la particularidad de ofrecer a la estructura una alta resistencia a la compresión que se necesita para soportar y absorber las cargas que circulan. Dicha mezcla deberá cumplir con las características especificadas en IDU-800-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MATERIALES GRANULARES:**

Los materiales granulares deberán cumplir con las especificaciones establecidas en la Especificación Técnica: Capas granulares de base y subbase del capítulo IDU-500-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE**

Los materiales de mejoramiento de subrasante deberán cumplir con las características especificadas en el capítulo IDU-410-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

# 8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES

Para garantizar que los parámetros mecánicos de cada uno de los materiales empleados en el diseño de pavimentos, cumplan con los requisitos establecidos en las Especificaciones Técnicas, su versión o actualización vigente, para la modelación de la estructura de pavimento y puedan ser suministrados por los proveedores adscritos en la base de datos vigente en la página web del IDU, se realizó un análisis de las fuentes de suministro de materiales y mezclas asfálticas, con los cuales se construirán las estructuras de pavimento y espacio público asociado con base en el diseño recomendado.

A continuación, se presentan los proveedores de mezclas asfálticas, agregados pétreos y concreto hidráulico seleccionado por su experiencia y teniendo en que se encuentran vigentes en el "Listado de Proveedores" en la página del IDU.

TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCION AMBIENTAL | NOMBRE |
| --- | --- | --- | --- |
| AGREGADOS PÉTREOS | OPERADOR DEL TITULO MINERO N° EHD-131. KM 3,8 ZONA INDUSTRIAL BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 295 DE 2009 | DROMOS |
| AGREGADOS PÉTREOS | KILÓMETRO 10 DE LA VÍA MULTIFAMILIAR LOS CENTAUROS, PUENTE CAÍDO VEREDA EL COCUY PREDIO SAN LUIS SOBRE EL RÍO GUAYURIBA - VILLAVICENCIO | IDU 432 DE 2018 | REX VILLAVO |
| AGREGADOS PÉTREOS | CARRERA 6 #153 A- 60 EN LA LOCALIDAD USAQUÉN -BOGOTÁ | IDU 435 DE 2018 | REX BTA |
| AGREGADOS PÉTREOS | Av. CRA 7 # 160A-08 SAN CRISTÓBAL NORTE, LOCALIDAD USAQUÉN - BOGOTÁ | IDU 568 DE 2020 | REX BTA 7MA |



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125881487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
| --- | --- | --- | --- |
| AGREGADOS PÉTREOS | KILÓMETRO 3.5 VEREDA BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 455 DE 2017 | INCOMINERI |
| AGREGADOS PÉTREOS | KM 4 VÍA LA MESA-MONDOÑEDO-MOSQUERA | IDU 582 DE 2020 | LA ROCA |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1.8 VÍA AUTOPISTA MEDELLIN COSTADO SUR - COTA | IDU 486 DE 2018 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | PREDIO DENOMINADO LOTE 10, EN LA VEREDA SAN JOSE - MOSQUERA | IDU 510 DE 2019 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1.5 VÍA BOGOTÁ- MEDELLÍN, COSTADO OCCIDENTAL VEREDA VUELTA GRANDE - COTA | IDU 582 DE 2020 | GRECO |
| ASFALTO | PREDIO VISTA HERMOSA, VEREDA BALSILLAS - KILOMETRO 25 VÍA LA MESA - PLANTA DE ASFALTO CMI | IDU 28 DE 2002 | AA |
| ASFALTO | KM 3.8 EN LA ZONA INDUSTRIAL, VEREDA BALSILLAS MOSQUERA | IDU 187 DE 2005 | DROMOS |
| ASFALTO | KM 17+200 DE LA CARRETERA CENTRAL DEL NORTE (CRA 7 DE BOGOTÁ) | IDU 164 DE 2004 | CTU |

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| CONCRETO | KR 62 No. 19 - 04 INT 5, LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA | IDU 22 DE 2002 | HOLCIM |
| CONCRETO | PLANTA NEREIDAS - CARRERA 1 (AV CARACAS) No. 55 A SUR - 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 216 DE 2006 | TREMIX |
| CONCRETO | PLANTA SUR - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55A SUR – 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 439 DE 2016 | POLMIX |

**Zodmes:**

A continuación, se presentan las posibles zonas de depósito para materiales sobrantes de construcción para el Proyecto. Los sitios escogidos como botaderos o zonas de depósito servirán para disponer los materiales estériles y/o sobrantes procedentes de las excavaciones de las vías.

Considerando adicionalmente parámetros como capacidad de almacenamiento y condiciones geológicas-geomorfológicas, se escogieron nueve (9) zonas para la disposición de materiales de excavación o botaderos que permitirán almacenar el volumen de material estéril o sobrante en la fase de construcción de la vía (Ver Tabla 13.4).

**TABLA 8-2 ZODMES**

| CATEGORÍA | NOMBRE – RAZÓN SOCIAL | MUNICIPIO | PREDIO O LOTE |
|---|---|---|---|
| 1. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | CEMEX DE COLOMBIA S.A. | BOGOTA D.C. | Reserva ecológica privada la Fiscala Capacidad 5.000.000 m3 |
| 2. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE | RECICLADOS INDUSTRIALES | COTA | Lote la Britania Vega, en la Vereda Siberia, Municipio de Cota. |



Calle 30 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

| | | | |
|---|---|---|---|
| CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | DE COLOMBIA S.A.S. | | Cundinamarca Capacidad: 40.000 m3 |
| 3. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | Lotes 2, 3, 4 de los predios identificados con cédulas catastrales N° 00-02-0002-0186; 00-02-0002-0184-000 y 00-02-0002-0183-000, ubicados en la Vereda Panamá del Municipio de Soacha Capacidad: 4 000 000 m3 |
| 4. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | RESIESCOL S.A.S ESP | MOSQUERA | Predio denominado Lote 4 A, matrícula Inmobiliaria N° 50c - 1433092, ubicado en la Vereda Balsillas del Municipio de Mosquera, Cundinamarca |
| 5. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | MATERIALES Y LOGÍSTICA S.A.S. MYLSA | MADRID | Predios denominados Finca el Paraíso, el Valle de las Mercedes y Finca la Zulia, ubicados en las Veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid Cundinamarca Capacidad: 1 000 000 m3 |
| 6. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | CICLOMAT S.A.S | COTA | Predio ubicado 600 metros al sur de la Autopista Medellín (calle 80) entrada PRACO-DIDACOL Vía Siberia –Bogotá, Vereda Siberia del Municipio de Cota, Cundinamarca |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | En el predio el Vinculo (Polígono 3) del Municipio de Soacha- km 14 de la Vía Soacha – Sibaté. |
| 8. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | RELLENOS DE COLOMBIA S.A.S. EN LIQUIDACIÓN | MOSQUERA | Vereda balsillas, km 3 vía la mesa, Mosquera, Cundinamarca. |
| 9. DISPOSICIÓN DE ESCOMBROS ESTERILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | MAQUINAS AMARILLAS S.A.S. – MARILLA S.A.S. | BOGOTA D.C. | Plan de manejo y recuperación ambiental de la mina las Manas y Santa Inés en el área del contrato de concesión minera 8151 a nombre de la empresa HOLCIM COLOMBIA S A (Perfil ó-o' sector Nor-Este) Tunjuelito- Bogotá. |

La evaluación de las áreas definidas para botaderos corresponden a superficies suavizadas planas a moderadamente inclinadas en depósitos aluviales recientes de llanura aluvial de los ríos Bogotá, Subachoque y Tunjuelito, así como de los depósitos de terrazas altas de la Sabana de Bogotá, los cuales corresponden a planicies extensas de aspecto aterrazado y morfología ondulada suavemente inclinada y limitada hacia los cauces por escarpes de 2 – 20 m de altura, se encuentran constituidos de arcillas grises, localmente con intercalaciones de arenas finas y delgados niveles de gravas y turbas, en capas paralelas producto de la acumulación de materiales en la cuenca ocupada por el antiguo lago de la Sabana de Bogotá, con espesores de 20 - 300 m.

Estas superficies en depósitos de la llanura aluvial y los depósitos de terrazas de la Sabana de Bogotá pueden presentar una buena condición de estabilidad, teniendo en cuenta la morfología de estas áreas, así como la pendiente y la composición de los materiales que la constituyen. Cabe resaltar que el área que conforma la ZODME ubicado en la finca El Paraíso, el valle de las Mercedes y finca La Zulia, de las veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid en Cundinamarca, se encuentra sobre superficies onduladas a inclinadas en laderas de la Formación Arenisca Dura del Grupo Guadalupe y en contacto con los depósitos aluviales de terrazas altas de la Sabana de Bogotá. Estas áreas deben ser evaluadas con trabajo de campo para determinar las condiciones morfodinámicas y de estabilidad de estas superficies. La localización de las ZODMES se presenta en la Figura 13.1, en la cual también se han ubicado las fuentes de materiales.

# 9 ANÁLISIS DE RIESGOS

El análisis de los posibles riesgos en la ejecución del proyecto permite tener un panorama realista donde se considere las posibles eventualidades y su potencial consecuencia, esto permitirá establecer planes de contingencia en caso de que se presenten cualquiera de las situaciones citadas.

Para el caso de estudio, se prevén los siguientes riesgos, asociados a la etapa de construcción consecutiva a la etapa de diseño.

TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO

| RIESGO | TIPO DE CAUSA | CAUSAS POSIBLES | CONSECUENCIAS |
|---|---|---|---|
| Imprecisión en la determinación del CBR de diseño | Menor resistencia de la subrasante | Muestro insuficiente | Disminución de la vida útil de la estructura. Falla prematura por deformación de la subrasante |
| | | Errores en el procesamiento de la información | |
| | | Afectaciones climáticas | |
| | | daños en el sistema de drenaje | |
| | | errores en la caracterización del material | |
| Aumentos en los niveles de transito | Aumento en el número de ejes equivalentes esperados | Cambios de uso de la vía por desvío | Estructura deficiente para las cargas esperadas, falla prematura de la carpeta asfáltica. |
| | | Implementación de nuevas rutas en el corredor vial | |
| | | Aumento de las cargas de los vehículos de transporte | |
| | | Errores en el conteo para establecer el TPD | |
| | | Aumentos inesperados por tránsito atraído/generado | |



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

| | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| Faltas en los materiales | Daños por mala calidad en los materiales instalados | Malos procesos constructivos | Falla de zonas puntuales de la estructura. |
| | | Cambios en la humedad por daños en el drenaje | |
| | | deficiencias en los controles de calidad | |

## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las propuestas de intervención RECOMENDADA como parte de las actividades a ejecutar en el proyecto de la referencia, consisten en:

**Alternativa**

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 18 cm de espesor (MR: 4,1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

Se recomienda el uso del geotextil NT1800 en la estructura de pavimento entre el suelo natural y material de mejoramiento con rajón, para evitar la contaminación entre capas y asegurar la estabilidad de la estructura.

TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura | |
|---|---|---|---|
| | | Descripción | Espesor (cm) |
| Rígida | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón ET 410-18 de forma puntual en un espesor de 30 cm. Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub-base granular. | Concreto Hidráulico | 16 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con rajón | 30 |

FUENTE: ELABORACION PROPIA

(*) Tener presente que en la actual etapa NO se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos.

De igual forma, se presenta el siguiente gráfico con la estructura de pavimento recomendada:

TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11003471)

| Descripción | Espesor (cm) |
|---|---|
| Concreto Hidráulico | 18 |
| Sub-base granular | 15 |
| Mejoramiento con rajón | 30 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

La estructura de pavimento recomendada es en flexible, en función de garantizar la distribución de esfuerzos y el empalme con los materiales presentes en cada segmento vial. La alternativa es pavimento rígido es viable des del punto de vista técnico, sin embargo, la modificación de rigidez de los materiales presentes en la zona puede generar un impacto negativo en la distribución de presiones, además, los costos asociados son muy superiores a la de pavimento flexible y las condiciones de carga no lo ameritan.
Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:

TABLA 10-3. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido MT-1800 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

La revisión y propuesta se hace de acuerdo a lo presentando en el informe de pavimento del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se tuvieron en cuenta los parámetros geotécnicos, tránsito y consideraciones generales. Sin embargo, se presenta una alternativa de rodadura en concreto hidráulico que garantice la durabilidad y que cuenta con las siguientes ventajas:

- Permite simular adoquines, piedra natural, ladrillo, madera u otros acabados, mejorando notablemente el aspecto visual del entorno urbano o residencial.
- Al estar hecho de concreto hidráulico, soporta cargas vehiculares y condiciones climáticas extremas sin perder su forma ni integridad.
- No se deforma ni se hunde como otros pavimentos modulares; solo requiere limpieza periódica y, en algunos casos, reaplicación del sellador
- Una vez vaciado el concreto, el estampado se realiza mientras el concreto aún esté fresco, lo que ahorra tiempo frente a métodos tradicionales como adoquines o losas prefabricadas.
- Continuidad superficial: Al no tener juntas como los adoquines, evita el crecimiento de maleza y reduce los accidentes.
- Al tener textura superficial, ofrece buen desempeño antideslizante, tanto en zonas peatonales como en pasos vehiculares, incluso en condiciones húmedas.

- Aunque su instalación puede ser ligeramente más costosa que el concreto convencional, su vida útil y bajo costo de mantenimiento representan un ahorro a mediano y largo plazo.
- Puede adaptarse a parques, ciclovías, pasos peatonales, calles residenciales, andenes, glorietas, entre otros.

VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA PLATAFORMA

Para el caso donde se presenten deformaciones plásticas (mayores a 1cm) ante una prueba de carga (como el paso de volqueta cargada en varios recorridos sobre la plataforma de trabajo), se realizarán mejoramientos puntuales en la subrasante con material tipo tolerable ART 230 INV 2013, resolución 1370 del 28 de mayo de 2014. La prueba de carga se puede hacer con cualquier elemento que cumpla las condiciones de seguridad en función de la sección de la excavación.

- En los sectores en donde existan hundimientos y fisuras severas (h≥20mm) se recomienda ante la existencia de árboles laterales, realizar un tratamiento particular, mediante la tala o restitución de las especies existentes.

## 11 PROCESO CONSTRUCTIVO

### RECOMENDACIONES GENERALES

Dado que los suelos naturales presentan valores de CBR inferiores a 3% se hace necesario estabilizar mecánicamente la subrasante con un material tipo "rajón".

Una vez finalizada la excavación y alcanzado el suelo de subrasante, el material del cuerpo del mejoramiento se colocará en capas sensiblemente paralelas a la superficie de la explanación, de espesor uniforme y lo suficientemente reducido, para que, con los medios disponibles, los vacíos entre los fragmentos más grandes se llenen con las partículas más pequeñas del mismo material, de modo que se obtenga el nivel de densificación deseado.

El rajón, éste se colocará directamente sobre la subrasante, evitando su vertido desde alturas mayores a dos metros (2,0 m), con el fin de reducir su segregación. Deberá extenderse con procedimientos manuales ó con equipos livianos debido a las condiciones de la subrasante. Su compactación podrá realizarse con pasadas de buldózer o retroexcavadora, de manera que las puntas del rajón penetren parcialmente en el terreno natural. Posteriormente se realizará la instalación del sello de rajón, el cual puede componerse de un material tipo SBG_C, el conjunto de rajón y sello de 10 cm conformarán el total de espesor de mejoramiento

La construcción de la capa de rajon deberá adelantarse siguiendo los lineamientos establecidos en la Sección 321-11 de las Especificaciones Técnicas

### INSTALACIÓN DE CAPAS DE BASE Y SUBBASE GRANULAR

La instalación de las capas de base y subbase granular se realizarán cuando la superficie sobre la cual quedarán apoyadas presente la calidad, densidad, cotas y secciones indicadas dentro de los documentos del proyecto, previamente deberá estar concluido todo lo relacionado con los sistemas de drenaje recomendados de acuerdo con el Estudio y Diseño de Redes.

La superficie donde se dispondrá el material se deberá encontrar suficientemente seca y compacta para evitar que se produzcan ahuellamientos o desplazamientos en ella. El material se extenderá en todo el ancho previsto, en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

La cantidad de material extendido será tal, que el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos (2) ó más capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). En este caso, se aplicarán para cada capa los procedimientos de ejecución y control acá descritos. El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes.



Calle 30 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850297
consorciosubamt@gmail.com

2 of 1

Una vez que el material de la capa granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo adecuado, hasta alcanzar la densidad especificada.

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo aprobado y/o que normalmente se utiliza, se podrán compactar por otros medios adecuados, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

Una vez terminada la compactación, el Constructor perfilará la superficie de la capa granular, ajustándola a los perfiles longitudinales y transversales del proyecto.

## INSTALACIÓN DE CAPAS DE CONCRETO HIDRÁULICO

El proceso constructivo para pavimento en concreto hidráulico inicia con la limpieza y nivelación del terreno, seguida de la compactación de la rasante. Posteriormente, se coloca y compacta la subbase y, la base hidráulica. Se instalan las formaletas laterales o guías de nivel, y se procede a colocar el refuerzo de acero. El concreto es vaciado, extendido y vibrado para garantizar su adecuada consolidación, luego se alisa y texturiza la superficie según el acabado requerido. Una vez terminado, se realizan los cortes de juntas de contracción y construcción, y se aplica el curado mediante compuestos químicos o métodos húmedos por un mínimo de siete días. Finalmente, se inspecciona la calidad de la obra y se permite el tránsito vehicular/peatonal de acuerdo con los tiempos de fraguado y resistencia establecidos en el diseño.

## 12 FUENTES DE CONSULTA


- INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO-IDU. ANEXO TÉCNICO DE DIAGNÓSTICO PARA CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL PARA BOGOTÁ. Versión 5.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS AASHTO. Guide for design of pavement structures. Washington: AASHTO, 1993.
- Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción del Innstituto Nacional De Vias - 2013.
- Normas de ensayos de materiales INVIAS-2013, Resolución 1376 del 28 de mayo de 2014.
- Shell International Petroleum Company Limited. Addendum to the Shell Pavement Design Manual. London, 1985
- Yang H. Huang; Pavement Analysis and Design. Second Edition. Pearson Prentice Hall. UnitedStates of America, 2004.
- HIGUERA SANDOVAL, CARLOS HERNANDO. Nociones sobre métodos de diseño de pavimentos para carreteras. UPTC. Tunja. 2008.
- IDU. INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO. Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción, para proyectos de infraestructura vial y de espacio público, para Bogotá D.C. 2019.

**DISENO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA**
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**
**Software : BS-PCA**

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 124 PCI (lb/pulg3)
Espesor Losa : 160 mm
Modulo de Rotura : 42 Kg/cm2
Bermas : NO
Pasadores : SI
Factor de Seguridad Cargas : 1
Factor de Mayoración Repeticiones : 1

Resultados :

| Carga Tn | Carga FS kN | Repeticiones Esperadas | Repeticiones Admisib_Fatiga | Consumo Fatiga % | Repeticiones Admisi_Erosion | Consumo Erosion % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **EJES SIMPLES** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| 6,00 | 58,80 | 776.134 | 4.858.016 | 15,98 | 20.182.479 | 3,85 |
| **EJES TANDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| **EJES TRIDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| | | | Total : | 15,98 | | 3,85 |

DISENO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Software : BS-PCA

ANALISIS DE SENSIBILIDAD
TRANSITO

| **** EJES SIMPLES **** Carga (Tn) | Repeticiones Esperadas | **** EJES TANDEM **** Carga (Tn) | Repeticiones Esperadas | **** EJES TRIDEM **** Carga (Tn) | Repeticiones Esperadas |
|---|---|---|---|---|---|
| 8,00 | 776.134 | | | | |

DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Software : BS-PCA

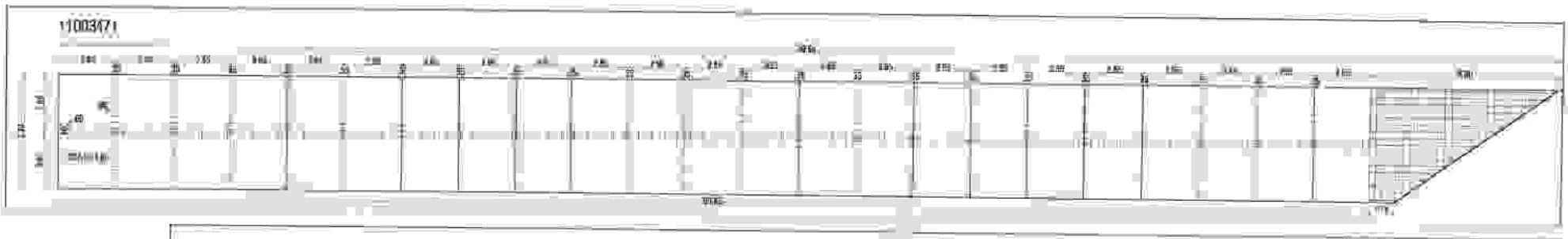
ANALISIS DE SENSIBILIDAD

| K Subrasante (PCI (lb/pulg3)) | Espesor (mm) | Modulo_Rotura (Mpa) | Factor May Repeticion | Consumo Fatiga | Consumo Erosion |
|---|---|---|---|---|---|
| 100,0 | 170,00 | 4,4 | 1,0 | 648,50 | 16,96 |
| 100,0 | 180,00 | 4,0 | 1,0 | 817,41 | 9,51 |
| 100,0 | 180,00 | 4,2 | 1,0 | 374,59 | 9,51 |
| 100,0 | 180,00 | 4,4 | 1,0 | 152,14 | 9,51 |
| 100,0 | 190,00 | 4,0 | 1,0 | 226,60 | 5,25 |
| 100,0 | 190,00 | 4,2 | 1,0 | 75,19 | 5,25 |
| 100,0 | 190,00 | 4,4 | 1,0 | 17,04 | 5,25 |
| 100,0 | 200,00 | 4,0 | 1,0 | 38,41 | 2,79 |
| 100,0 | 200,00 | 4,2 | 1,0 | 5,16 | 2,79 |
| 100,0 | 200,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 2,79 |
| 100,0 | 210,00 | 4,0 | 1,0 | 1,37 | 1,39 |
| 100,0 | 210,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 1,39 |
| 100,0 | 210,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 1,39 |
| 100,0 | 220,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,61 |
| 100,0 | 220,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,61 |
| 100,0 | 220,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,61 |
| 100,0 | 230,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,20 |
| 100,0 | 230,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,20 |
| 100,0 | 230,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,20 |
| 100,0 | 240,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,02 |
| 100,0 | 240,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,02 |
| 100,0 | 240,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,02 |
| 100,0 | 250,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,00 |
| 100,0 | 250,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,00 |
| 100,0 | 250,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,00 |
| 120,0 | 170,00 | 4,2 | 1,0 | 796,54 | 16,27 |
| 120,0 | 170,00 | 4,4 | 1,0 | 378,54 | 16,27 |
| 120,0 | 180,00 | 4,0 | 1,0 | 487,72 | 9,08 |
| 120,0 | 180,00 | 4,2 | 1,0 | 201,88 | 9,08 |
| 120,0 | 180,00 | 4,4 | 1,0 | 68,47 | 9,08 |
| 120,0 | 190,00 | 4,0 | 1,0 | 111,58 | 4,98 |
| 120,0 | 190,00 | 4,2 | 1,0 | 28,09 | 4,98 |
| 120,0 | 190,00 | 4,4 | 1,0 | 3,37 | 4,98 |
| 120,0 | 200,00 | 4,0 | 1,0 | 11,35 | 2,63 |
| 120,0 | 200,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 2,63 |
| 120,0 | 200,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 2,63 |
| 120,0 | 210,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 1,29 |
| 120,0 | 210,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 1,29 |
| 120,0 | 210,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 1,29 |
| 120,0 | 220,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,55 |
| 120,0 | 220,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,55 |
| 120,0 | 220,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,55 |
| 120,0 | 230,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,17 |
| 120,0 | 230,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,17 |
| 120,0 | 230,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,17 |

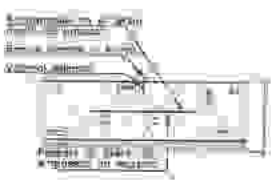
DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Software : BS-PCA

ANALISIS DE SENSIBILIDAD

| K_Subrasante (PCI (lb/pulg3)) | Espesor (mm) | Modulo_Rotura (Mpa) | Factor May Repeticion | Consumo Fatiga | Consumo Erosion |
|---|---|---|---|---|---|
| 120,0 | 240,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,01 |
| 120,0 | 240,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,01 |
| 120,0 | 240,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,01 |
| 120,0 | 250,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,00 |
| 120,0 | 250,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,00 |
| 120,0 | 250,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,00 |
| 140,0 | 160,00 | 4,4 | 1,0 | 931,64 | 28,23 |
| 140,0 | 170,00 | 4,2 | 1,0 | 513,37 | 15,73 |
| 140,0 | 170,00 | 4,4 | 1,0 | 225,08 | 15,73 |
| 140,0 | 180,00 | 4,0 | 1,0 | 300,78 | 8,74 |
| 140,0 | 180,00 | 4,2 | 1,0 | 109,15 | 8,74 |
| 140,0 | 180,00 | 4,4 | 1,0 | 29,40 | 8,74 |
| 140,0 | 190,00 | 4,0 | 1,0 | 53,97 | 4,76 |
| 140,0 | 190,00 | 4,2 | 1,0 | 9,19 | 4,76 |
| 140,0 | 190,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 4,76 |
| 140,0 | 200,00 | 4,0 | 1,0 | 2,48 | 2,49 |
| 140,0 | 200,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 2,49 |
| 140,0 | 200,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 2,49 |
| 140,0 | 210,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 1,21 |
| 140,0 | 210,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 1,21 |
| 140,0 | 210,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 1,21 |
| 140,0 | 220,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,50 |
| 140,0 | 220,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,50 |
| 140,0 | 220,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,50 |
| 140,0 | 230,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,15 |
| 140,0 | 230,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,15 |
| 140,0 | 230,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,15 |
| 140,0 | 240,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,01 |
| 140,0 | 240,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,01 |
| 140,0 | 240,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,01 |
| 140,0 | 250,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,00 |
| 140,0 | 250,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,00 |
| 140,0 | 250,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,00 |



DETALLE No. 1



DETALLE DE JUNTA TRANSVERSAL
CON PASADORES
Según modificación

DETALLE No. 2



DETALLE INSTALACIÓN DE
MALLA DE SELLO

DETALLE No. 3

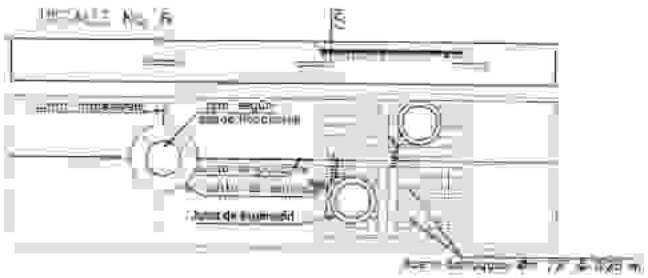


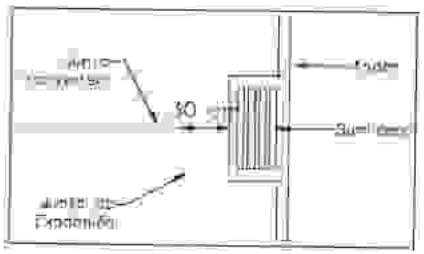
DETALLE No. 4



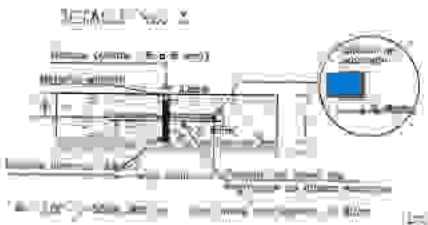
DETALLE DE JUNTA LONGITUDINAL
CON BARRAS DE ANCLAJE

DETALLE No. 5



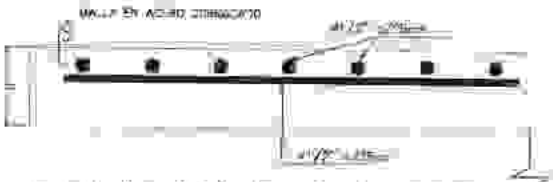



DETALLE No. 6

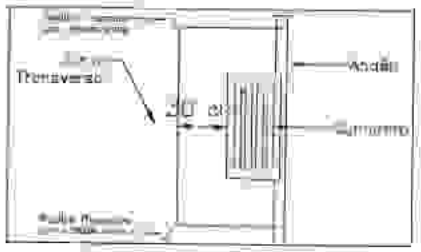


DETALLE JUNTA DE CONTRACCIÓN CON PASADOR
Cada 100 metros aproximadamente
El corte se hará en la intersección

DETALLE No. 7




DETALLE DE UBICACIÓN DE LA MALLA EN LOSAS IRREGULARES O TRATAMIENTOS ESPECIALES



# CONSORCIO SUBA MT

NIT. 901502678-2

COP 1013-2024-LP (119224)

**CONSORCIO SUBA MT**
**GRUPO 3**

**REVISION Y AJUSTE A DISEÑO DE PAVIMENTOS DEL CONTRATO DE CONSULTORIA 345 DE 2018**

**OBJETO DEL CONTRATO: EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO (GRUPO 1) EN LA LOCALIDAD DE SUBA EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO**

**CIV 11003577**

**SEGMENTO VIAL SOBRE LA CARRERA 148B ENTRE LA CALLE 132D Y CALLE 133**

**BOGOTÁ D.C, JUNIO DE 2025**

Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861467 – 3115850207

## CONTROL DE DOCUMENTOS

| ESTADO REVISIÓN Y APROBACIÓN | NOMBRE | CARGO | FIRMA | FECHA |
|---|---|---|---|---|
| **POR EL CONTRATISTA DE OBRA** | | | | |
| Realizo | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | MAO SEBASTIAN BERMEO | | JUNIO 2025 |
| **POR LA INTERVENTORIA DE OBRA** | | | | |
| V°. B°. INTERVENTORIA | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | Everardo Forero Guio | | JUNIO 2025 |

**MODIFICACIONES**

| FECHA | VERSIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN |
|---|---|---|
| 04-06-2025 | 00 | Versión Inicial N° 00 |

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 7

1. OBJETIVOS Y ALCANCE 8

1.1. OBJETIVOS GENERALES 8
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8
1.3. ALCANCE 8

2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA 10

2.1. LOCALIZACIÓN 10
2.2. CLIMA 11

3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO 12

3.1. PCA 12
3.2. AASHTO 13
3.2.1. SUBRASANTE 13
3.2.2. TRANSITO 14
3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA 14
3.2.4. SERVICIABILIDAD 14
3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD 14
3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 15
3.2.7. CONFIABILIDAD 16
3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J): 16

4. ESTUDIOS PREVIOS 17

4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA 17
4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO 18
4.3. TRANSITO 18
4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO 19
4.5. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO CONTRACTILES 20
4.6. CONCLUSIONES 21

5. ESTUDIO DE TRANSITO 22

6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 26

6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO 26
6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN: 26
6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 27
6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 29
6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD 29
6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 29
6.1.3. CONFIABILIDAD 29
6.1.2 MÓDULO RESILIENTE 30
6.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO 33
ALTERNATIVA PCA (CIV11003577): 34
ALTERNATIVA AASHTO (CIV11003577): 35

8 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO 40

9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR 42

7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES 44

• CONCRETO HIDRÁULICO 44

• MATERIALES GRANULARES: 44

• MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE 44

8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES 45

9 ANÁLISIS DE RIESGOS 50

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 52

11 PROCESO CONSTRUCTIVO 57

12 FUENTES DE CONSULTA 59

## LISTADO DE TABLAS

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO ..... 10
TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE ..... 13

TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA. 13
TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA ..... 14
TABLA 3-4 ÍNDICE DE SEVICIABILIDAD ..... 15
TABLA 3-5 VALORES DE CD RECOMENDADOS ..... 15
TABLA 3-6 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 16
TABLA 4-1CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANÁLISIS ..... 17
TABLA 4-2 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8,2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUÍA – GRUPO DE DISEÑO 2 ..... 19
TABLA 4-3 NUMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V9 – GRUPO 1 - GUÍA BAJOS VOLÚMENES IDU ..... 19
TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR ..... 20
TABLA 5-1 TRÁNSITO DE DISEÑO ..... 22
TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142 ..... 22
TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO ..... 23
TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS ..... 23
TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS NO. 1 ..... 24
TABLA 5-6 TRANSITO BAJO ANÁLISIS NO. 2 ..... 24
TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 27
TABLA 6-2 VALORES DE CD RECOMENDADOS ..... 29
TABLA 6-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 30
Tabla 6-4 Análisis de CBR (%) ..... 31
TABLA 6-5 MODULO RESILIENTE ..... 31
Tabla 6-6 Análisis de CBR (%) ..... 32
Tabla 6-7 Valores de K conjunto a partir del capas granulares ..... 34
TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA ..... 34
TABLA 6-9 ALTERNATIVA AASHTO ..... 36
TABLA 6-10 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 38
TABLA 6-11 PASADORES SEGÚN PCA ..... 38
TABLA 6-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA ..... 38
TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA ..... 39
TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR ..... 40
TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR ..... 40
TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 42
TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES ..... 43
TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES ..... 45
TABLA 8-2 ZODMES ..... 47
TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO ..... 50
TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 52
TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11003507) ..... 52
TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 53

TABLA 10-4 CALENDARIO DE ACTUACIONES POR AÑO ..... 54

## LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO ..... 10
FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TERMINOS DE PSI ..... 12
FIGURA 4-1 UBICACIÓN DE SEGMENTO DE ACUERDO AL CORREDOR ..... 18
FIGURA 4-2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11003577 ..... 20
FIGURA 4-3 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO ..... 21

## LISTADO DE ANEXOS

**ANEXO 1.** INFORME PREVIO - contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA.

**ANEXO 2.** PLAN DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS.

**ANEXO 3.** MEMORIAS DE CALCULO

## INTRODUCCIÓN

Se elabora un estudio para la EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE segmento vial CIV 11003577 en la localidad de Suba - Bogotá D.C.

Con el fin de obtener un diagnóstico del corredor, se tiene en cuenta estudios previos en el sector en donde se ejecutó el estudio geotécnico mediante la ejecución de apiques asociado a la evaluación del tránsito, en términos de ejes equivalentes de 80kN.

A partir de la evaluación geotécnica del tramo objeto de estudio realizado por el Consorcio Grevial en el año 2020 bajo el contrato ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL LOCAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA - EDLS-345-2018, se plantean las intervenciones a nivel de pavimentos para los segmentos viales en la localidad de Suba de la ciudad de Bogotá D.C., tomando en consideración las variables que se establecen en la metodología del anexo técnico, caracterizando el perfil estratigráfico por medio de la ejecución de apiques, las cuales son insumo para el diseño de pavimentos, tales como: CBR de la subrasante y el tránsito de diseño evaluado a un periodo de diseño a 10 años. Además de los parámetros implícitos en la metodología de diseño de pavimentos a emplear AASHTO'93

# 1. OBJETIVOS Y ALCANCE

## 1.1. OBJETIVOS GENERALES

Plantear una propuesta integral de intervención de Pavimento para el segmento vial CIV 11003577 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

## 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018.- "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, la evaluación geotécnica de las capas que componen la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio.

A partir el uso de herramientas computacionales modelar las estructuras propuestas mediante la metodología AASHTO/93 y con el programa UNALOSA, conocer los esfuerzos y deformaciones actuantes en las estructuras diseñadas.

Plantear recomendaciones generales en cuanto a la conformación de una adecuada plataforma de trabajo, con el fin de garantizar el correcto desempeño de la estructura de pavimento propuesta.

Evaluar estrategias de mantenimiento para garantizar un adecuado comportamiento estructural del pavimento en servicio.

## 1.3. ALCANCE

Por medio del actual informe técnico es presentado el diseño de pavimentos, para el segmento vial CIV 11003577 sobre la Carrera 148B entre la Calle 132D y La Calle 133, de la localidad de Suba en la ciudad de Bogotá D.C.

Los capítulos que se incluyen en el presente informe son:

2. Descripción de la Metodología.
3. Metodología de estudio.
4. Trabajos de Campo.
   - ✓ Evaluación geotécnica del tramo de estudio.
5. Estudio de Tránsito.
6. Diseño de la Estructura de Pavimentos.
7. Secciones Transversales.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861467 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

8. Caracterización de materiales.
9. Conclusiones y Recomendaciones.

Se plantearán las Intervenciones necesarias a nivel de pavimento.



Calle 38 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125851487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

258

# 2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

El presente informe se desarrolla como parte de la ejecución del contrato cuyo objeto corresponde al DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE EL SEGMENTO VIAL CIV 11003577 – LOCALIDAD DE SUBA – BOGOTÁ D.C.

## 2.1. LOCALIZACIÓN

El segmento vial CIV 11003577 de la localidad de Suba se encuentra en Bogotá D.C. A continuación, se presenta la localización del sitio objeto de estudio:

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO



FUENTE. GOOGLE.COM

A continuación, se presentan los segmentos a intervenir:

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO

| CIV | Ubicación |
|---|---|
| 11003577 | Carrera 148B entre calle 132D y calle 133 |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.



259

## 2.2. CLIMA

Bogotá D.C. tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C, son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)1.

| | | |
|---|---|---|
| Temperatura promedio | = | 20 °C |
| Precipitación media anual | = | 1258 mm/año |

[1] ESTACION IDEAM 2120622 UNIVERSIDAD NACIONAL

# 3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

## 3.1. PCA

La metodología relacionada a continuación corresponde al tramo vial objeto de estudio, resaltando como objetivo principal la definición de las estrategias de intervención a nivel de pavimento.

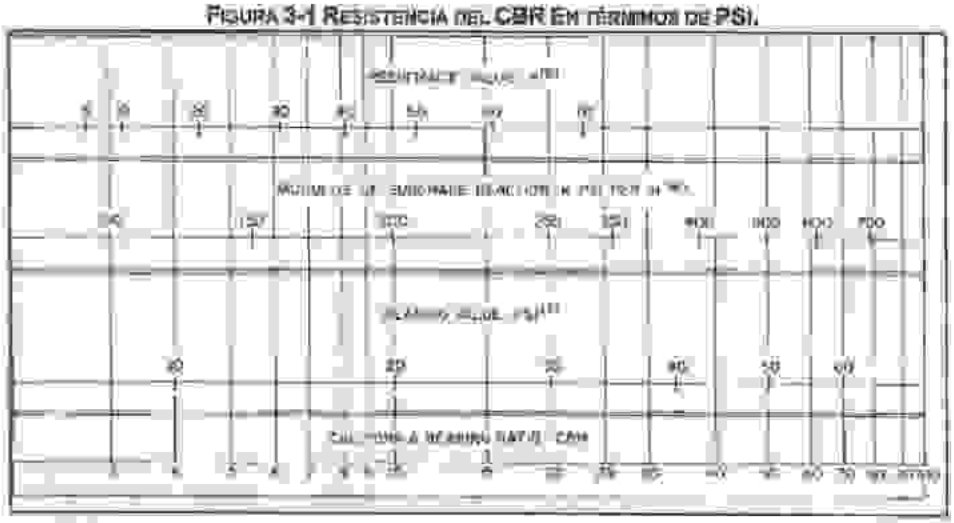
En general se considera que la intervención característica a realizar será la de diseño de la estructura del pavimento.

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.

FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TÉRMINOS DE PSI.



Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements. Portland Cement Association, 1984

TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE

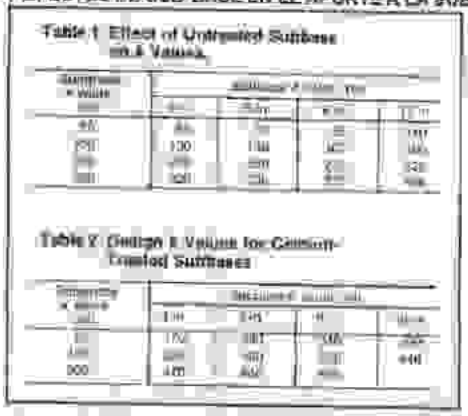


Table 1 Effect of Untreated Subbase on k Values

| Subgrade k value | Subbase k value, psi | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 9 in. | 12 in. |
| 50 | 65 | 75 | 85 | 100 |
| 100 | 130 | 150 | 170 | 190 |
| 200 | 240 | 270 | 300 | 320 |
| 400 | 420 | 450 | 470 | 490 |

Table 2 Design k Values for Cement-Treated Subbases

| Subgrade k value | Subbase k value, psi | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 9 in. | 12 in. |
| 50 | 170 | 220 | 290 | 360 |
| 100 | 290 | 360 | 440 | 520 |
| 200 | 440 | 520 | 620 | 720 |
| 400 | 620 | 720 | 850 | 970 |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements. Portland Cement Association, 1984.

## 3.2. AASHTO

A continuación, se describe las variables que se consideran en el método AASHTO.

### 3.2.1. SUBRASANTE

Caracterizada a través del modulo de reacción de la subrasante K (en pci). Si la losa se apoya directamente sobre la subrasante, el K que se utiliza en el diseño es aquel que se obtenga de la subrasante. Sin embargo, cuando la losa se apoya sobre una capa granular de subbase o base o sobre un material estabilizado con cementante hidráulico, el K de manera obvia incremente.

TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA

| K subrasante | | Valores de K | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Capa granular no tratada | | | | | | | |
| | | 10 cm | | 15 cm | | 22.5 cm | | 30 cm | |
| MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci |
| 20 | 73 | 23 | 85 | 26 | 96 | 32 | 117 | 38 | 140 |
| 40 | 149 | 45 | 165 | 49 | 181 | 57 | 210 | 65 | 245 |
| 60 | 230 | 66 | 239 | 69 | 253 | 76 | 280 | 90 | 330 |
| 80 | 295 | 87 | 320 | 90 | 330 | 100 | 370 | 111 | 410 |
| K subrasante | | Capa estabilizada con cementante hidráulico | | | | | | | |
| MPa/m | pci | 10 cm | | 15 cm | | 30 cm | | 25 cm | |
| 20 | 73 | 60 | 220 | 80 | 290 | 105 | 380 | 135 | 500 |
| 40 | 147 | 150 | 570 | 130 | 500 | 185 | 680 | 230 | 850 |
| 60 | 220 | 140 | 520 | 190 | 700 | 245 | 900 | | |

Fuente: AASHTO. Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.2. TRANSITO

Esta variable es difícil de establecer y caracterizar ya que los vehículos que circulan por una vía presentan diferentes magnitudes, configuraciones de ejes, presiones de inflado, velocidad de circulación y número de llantas. Por lo general se caracteriza a través del número de ejes equivalentes de 8.2 o 13 toneladas que circulan en el carril y el período de diseño (N) 2.

### 3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA

Los parámetros mecánicos con los cuales se caracteriza la losa de concreto son el módulo elástico Ec y el de rotura MR en psi, medidos a los 28 días.

### 3.2.4. SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Índice de servicebilidad (ΔPSI=Po -Pf). Valores recomendados para determinar el valor de Pf para pavimento rígido se presentan en la tabla:

TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA

| Tipo de Carretera | Periodo de Diseño (Años) |
|---|---|
| Urbana de tránsito elevado. | 30 – 50 |
| Interurbana de tránsito elevado | 20 – 50 |
| Pavimentada de baja intensidad de tráfico | 15 – 25 |
| De baja intensidad de tránsito pavimentación con grava | 10 – 20 |

Fuente: AASHTO. Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Inicialmente esta condición se cuantificó a través de la opinión de los conductores, cuyas respuestas se tabulaban en la escala de 5 a 1:

[3] Pavimentos, Hugo Rondón.

TABLA 3-4 INDICE DE SERVICIABILIDAD

| Indice de Serviciabilidad (PSI) | Calificación |
|---|---|
| 5 – 4 | Muy buena |
| 4 – 3 | Buena |
| 3 – 2 | Regular |
| 2 – 1 | Mala |
| 1 – 0 | Muy mala |

Fuente: AASHTO. Guide for Design of Pavement Structures 1993

Antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final. El índice de servicio inicial po depende del diseño y de la calidad de la construcción. En los pavimentos flexibles estudiados por la AASHTO, el pavimento nuevo alcanzó un valor medio de po = 4,2.

### 3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

TABLA 3-5 VALORES DE Cd RECOMENDADOS

| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próximos a la saturación | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 – 5% | 5 – 25% | Más de 25% |
| Excelente | 1.25 – 1.20 | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 |
| Muy malo | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 – 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.7. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla.

TABLA 3-6 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R (%) | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Colectoras | 80.0 – 95.0 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R (%) | 50 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 96 | 97.50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Z | -0.000 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -1.751 | -1.960 |

| Proyecto de pavimento | S |
|---|---|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J):

Es un parámetro adimensional que tiene en cuenta la capacidad que tienen los pasadores en una estructura de pavimento rígido de transferir o distribuir cargas en la zona más propensa a fallar (juntas). Este parámetro adicionalmente tiene en cuenta el efecto que genera sobre las juntas y sobre la transferencia de carga el confinamiento lateral de la losa.

Para juntas con pasadores, el valor recomendado de J es 2.7 y 3.2, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente. Para juntas sin pasadores, los valores de J pueden llegar a aumentar hasta 4.2 y 4.4, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente.

El espesor de la losa de concreto (D, en pulgadas) que compone la estructura del pavimento rígido se determina a través de la ecuación:



# 4. ESTUDIOS PREVIOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta la evaluación geotécnica de la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio. A continuación, se presenta lo relacionado:

## 4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA

La subrasante del corredor, está conformado por arcilla de baja compresibilidad CL.

Las arcillas de baja plasticidad CL se evidencian como materiales plásticos, con porcentaje de pasa 200% de 89.7% y porcentaje de arena de 10.30%. El CBR de este material en condiciones de inmersión es de 0.60% sin potencial expansivo.

Como es común en los suelos de esta localidad es necesario la estabilización y/o mejoramiento del mismo, esto, con el fin de tener una capacidad de soporte adecuada para la estructura del pavimento y el tránsito proyectado, dado que el **CBR promedio y de diseño es 0.60%**; es decir, se evidencia un material de una capacidad baja. Las propiedades anteriormente descritas se pueden evidenciar en la siguiente tabla:

TABLA 4-1 CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANÁLISIS

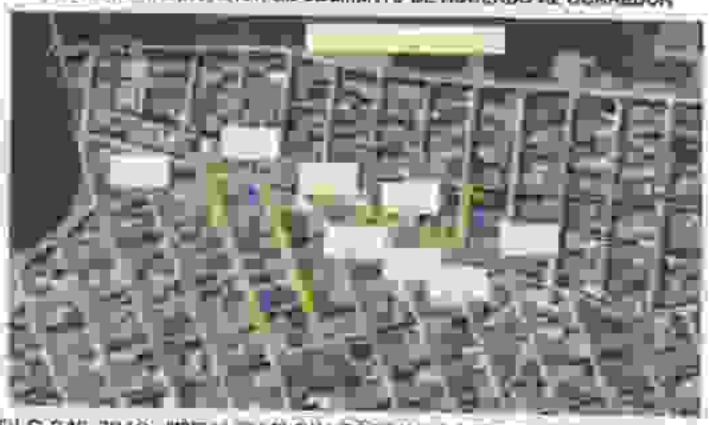


FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA

## 4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO

Los corredores de diseño 3 se encuentran conformados cada uno por dos segmentos viales. Por su parte, el corredor 3 se compone de cinco (5) segmentos viales, mientras que los corredores 4, 5, 6 y 7 por tres (3) CIVs respectivamente y, finalmente el corredor 8 por cuatro (4) segmentos, según se muestra a continuación:

FIGURA 4-1 UBICACIÓN DE SEGMENTO DE ACUERDO AL CORREDOR



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

**Grupo 3:** Localizado en la Carrera 148B entre la Calle 132D y Calle 133 y se encuentra conformado por el segmento vial 11003577.

## 4.3. TRANSITO

Del Informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 3, el cual en su gran mayoría son vías peatonales (V9) es menor, en términos de ejes equivalentes de 8.2 T, al mínimo indicado por la Guía de diseño pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías Locales para Bogotá D.C. por lo tanto se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 815.000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 4-2 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUÍA – GRUPO DE DISEÑO 2

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO

Del informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 3:

TABLA 4-3 NÚMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V3 – GRUPO 1 - GUÍA BAJOS VOLÚMENES IDU

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor

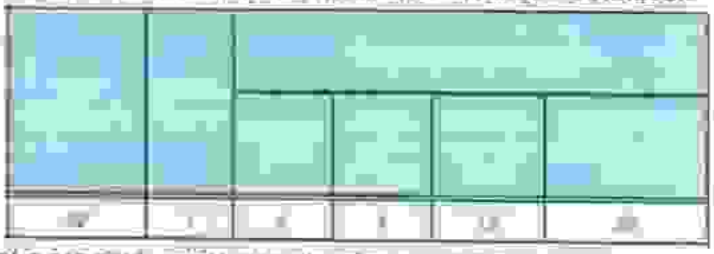
FIGURA 4-2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11003677




FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor

TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.6. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO CONTRÁCTILES

Si bien en los capítulos anteriores se presentaron las zonas en las cuales se detectó la presencia de suelos con susceptibilidad contracto expansiva, es necesario que durante la etapa de construcción de las obras se evalue de forma constante y permanente la calidad y tipología de los suelos de Subrasante con el objetivo de detectar zonas adicionales con presencia de suelos expansivos, ya que de darse esta situación deberá darse, también, el tratamiento que se indica en el presente capítulo.

- Construir la estructura de pavimento definida en los estudios, contemplando el material de mejoramiento correspondiente.

FIGURA 4-3 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.6. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" se presentan las siguientes conclusiones:

- La gran mayoría de las vías de este grupo de diseño son vías V9 las cuales son peatonales, lo que implica un diseño tendiente a pavimento articulado por el menor costo que esta alternativa representa. Por su parte, en las vías vehiculares se propone una estructura de pavimento flexible convencional.
- Se llevaron a cabo apiques o calicatas en cada CIV de diseño de donde se obtiene el perfil estratigráfico y se tomaron muestras para la caracterización principalmente de los suelos de subrasante. Los ensayos que se realizaron corresponden a humedad natural, gradación, límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico), eventualmente ensayos de límites de contracción y CBR's inalterado de la subrasante.
- De acuerdo con los resultados de la información geotécnica, apiques y ensayos de laboratorio, los suelos de subrasante son muy pobres y de muy baja capacidad de soporte y además en algunos casos los suelos han presentado características expansivo contráctil dado por la expansión en ensayos de CBR y límites de contracción.
- Existe una perfecta correlación entre la Geología Regional del sector específico de Suba y las condiciones de subrasante obtenidas de la caracterización de la subrasante.
- El dimensionamiento de las estructuras de pavimento corresponde al diseño con el CBR en condiciones saturadas que a pesar de que es la condición más crítica, esta situación se evidencia por la cercanía al río Bogotá.
- Se plantean dos (2) alternativas de diseño enfocadas en el tipo de estabilización de la subrasante, pero sin cambiar la tipología de las estructuras, lo que se da en beneficio directo del proyecto.
- El dimensionamiento de las estructuras de pavimento se llevó a cabo bajo la metodología de la Guía de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C., para el caso de vías en pavimento articulado y la metodología AASHTO-93 para el dimensionamiento de las estructuras en pavimento flexible.

## 5. ESTUDIO DE TRANSITO

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta el tránsito para el segmento vial CIV 11003577.

Del informe de "Estudio de Tránsito V2" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 2, se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 615.000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 5-1 TRÁNSITO DE DISEÑO

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 11003577 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 – "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

### Análisis 1:

De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un conteo que se relaciona con la estación No. 2, ubicada en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 142 hasta la Calle 139 y se reportaron los siguientes resultados:

TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| Total carrera | 5977 | 478 | 343 | 4 | 453 | 446 | 47 | 17 | 57 | 3048 | 3105 |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 – "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

Teniendo en cuenta que el tránsito de estudio previos obedeos a 650.000 ejes equivalentes de 8.2, se presenta la siguiente equivalencia para estimar el tránsito en repeticiones esperadas por tipo de vehículo, es necesario aplicar factores de equivalencia de carga (FEC) específicos para cada vehículo. Estos factores reflejan el daño relativo que cada tipo de vehículo genera al pavimento en comparación con un eje estándar de 8.2 toneladas. A continuación, se presenta la siguiente estimación de composición vehicular:

TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHICULO

| | |
|---|---|
| Autos | 0 |
| Microbuses | 0,4 |
| Buseta | 0,4 |
| Bus intermunicipales | 1,0 |
| C2P | 1,14 |
| C2G | 3,44 |
| C3-C4 | 3,76 |
| C5 | 4,4 |
| >C5 | 4,72 |

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE MEDIOS Y ALTOS VOLUMENES DE TRÁNSITO COLOMBIA.

Teniendo en cuenta la tabla anterior, se utilizan los FEC por cada vehículo y se obtienen los siguientes resultados:

TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS

| Tipo | Cantidad | FEC estimado | Repeticiones equivalentes |
|---|---|---|---|
| Automóvil | 2026 | 0 | 0 |
| Microbús | 235 | 0,4 | 94 |
| Buseta | 110 | 0,4 | 44 |
| Bus inter | 2 | 1 | 2 |
| C2P | 215 | 1,14 | 245,1 |
| C2G | 151 | 3,44 | 519,44 |
| C3 | 5 | 3,76 | 18,8 |
| C3-S2 | 0 | 3,76 | 0 |
| C3-S3 | 29 | 3,76 | 109,04 |
| Moto | 943 | 0 | 0 |
| Bicicleta | 882 | 0 | 0 |
| Total Repeticiones Día | | | 1032,38 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Con una proyección de periodo de diseño se tiene para 20 años, crecimiento del trafico anual del 3%, y 365 días al año.

Se usa esta fórmula para estimar las repeticiones acumuladas:

$$N = EPS_{tramo} \cdot 365 \cdot \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

N=10.125.259 repeticiones equivalentes de 8.2 toneladas

El valor estimado de repeticiones acumuladas a 20 años se derivó del aforo vehicular realizado el miércoles 19 de noviembre de 2019 en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 139, correspondiente a la estación No. 2 del estudio de tránsito. Para el diseño de la estructura de pavimento del segmento CIV 11003577, y con el fin de evitar una sobredimensión innecesaria, se adopta un enfoque de diseño conservador pero seguro, basado en datos reales. En consecuencia, se considera únicamente el 8% del volumen total registrado en dicho aforo, dado que los datos corresponden a una intersección con un flujo vehicular elevado en comparación con el tramo objeto de análisis. Esta proporción se justifica por la necesidad de ajustar el diseño a condiciones operativas más representativas del segmento vial intervenido, manteniendo al mismo tiempo un margen de seguridad estructural.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se presenta la siguiente tabla resumen con las repeticiones estimadas:

TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS NO. 1

| Peso (toneladas) | Repeticiones |
|---|---|
| 8.2 | 810.020 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

## Análisis 2:

De igual forma, en el informe de transito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PUBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un tránsito 650.000 ejes equivalentes de 8.2 para la estimación que se hizo en el informe del año 2019. A continuación, se presenta el análisis a considerar..

TABLA 5-6 TRANSITO BAJO ANÁLISIS NO. 2

| Tasa de crecimiento: 3% | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Año 2019 | Año 2020 | Año 2021 | Año 2022 | Año 2023 | Año 2024 | Año 2025 |
| 650000 | 669500 | 689585 | 710273 | 731581 | 753528 | 776134 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La tabla presentada se construyó a partir de las estimaciones de tránsito reportadas en los estudios previos del componente de tránsito correspondientes al año 2018. No obstante, considerando que el año base para el análisis es 2025, se realizó una proyección del volumen de tránsito aplicando una tasa de crecimiento anual del 3% (informe de tránsito



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogota D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

de: FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA). Esta proyección tiene como objetivo establecer un criterio de diseño bajo condiciones conservadoras y seguras, sin incurrir en una sobredimensión innecesaria de la estructura del pavimento.

Finalmente, es importante resaltar que el presente análisis se basa en los estudios previos desarrollados en el marco del contrato No. 345-2018,, específicamente en la información contenida en el estudio de tránsito elaborado en dicha consultoría. Con fundamento en estos antecedentes y considerando los datos de volúmenes vehiculares y composición del tráfico reportados, se proyecta un valor de tránsito acumulado de **776.134 vehículos equivalentes** para el horizonte de diseño. Este valor constituye la base para el dimensionamiento estructural, en concordancia con los lineamientos técnicos establecidos en las metodologías de diseño vial vigente.

# 6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

En el desarrollo del presente estudio se diseñará la alternativa de diseño:

- Pavimento rígido mediante el método de la Portland Cement Association PCA 84.
- Pavimento rígido mediante al método AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

## 6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO

Al presentar una propuesta de diseño del pavimento, es necesario considerar tres variables fundamentales, como lo son: la exploración geotécnica (determinar las características del perfil estratigráfico existente), la evaluación estructural del pavimento (evaluación del deterioro superficial), diseño geométrico (rasante) y las cargas de tránsito proyectadas en el periodo de intervención.

Como fue indicado en el Alcance del documento, este informe busca definir la propuesta de intervención a nivel de pavimento para el CIV11003577.

- **MATERIALES**

Los materiales deberán cumplir con las especificaciones IDU-18, resolución 010910 del 27 de diciembre de 2019 de la siguiente manera:

- Capas de concreto hidráulico IDU-800-18.
- Capas de material granular, IDU-500-18.
- Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales. IDU-410-18.

### 6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN:

**Alternativa**

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR: 4.1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

(*) Tener presente que en la actual etapa NO se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos.

TABLA 8-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Tramo de Estudio | Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) |
|---|---|---|
| CIV11003577 | Rígido | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón en un espesor 38 cm incluye sello de 10 cm de material granular. |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **CLIMA Y TEMPERATURA**

Bogotá D.C tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un período húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C. son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)3

Temperatura promedio = 20 °C
Precipitación media anual = 1258 mm/año

### 8.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO

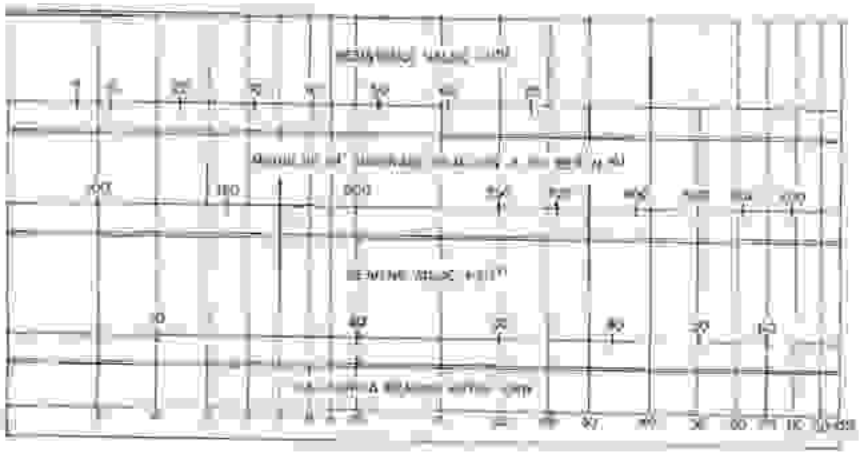
Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Período de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga

3 ESTACIÓN IDEAM 2120822- UNIVERSIDAD NACIONAL

- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.



Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

**Table 1. Effect of Untreated Subbase on k Values**

| Subgrade k value, pci | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in | 6 in | 9 in | 10 in |
| 50 | 65 | 75 | 88 | 110 |
| 100 | 110 | 140 | 165 | 190 |
| 200 | 240 | 245 | 270 | 320 |
| 300 | 330 | 360 | 410 | 480 |

**Table 2. Design k Values for Cement-Treated Subbases**

| Subgrade k value, pci | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in | 6 in | 9 in | 10 in |
| 50 | 170 | 230 | 310 | 360 |
| 100 | 280 | 400 | 520 | 640 |
| 200 | 470 | 640 | 820 | |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

### 6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGIDO

Para el diseño del pavimento rigido se mediante el método AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Periodo de diseño: 20 años.

### 6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Indice de Serviciabilidad 4.2 – 2.0.

### 6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd: 0.90 – Regular, para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las caracteristicas del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de dias promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 dias del año.

TABLA 6-2 VALORES DE Cd RECOMENDADOS

| Calidad del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 - 5% | 5 - 25% | Más de 25% |
| Excelente | 1.25 - 1.20 | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 |
| Muy pobre | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 - 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 6.1.3. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla:

TABLA 6-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R [%] | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Colectoras | 80.0 – 95.0 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R [%] | 50 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 96 | 99.999 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Z_r$ | -0.000 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -2.054 | -3.750 |

| Proyecto de pavimento | S | |
|---|---|---|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Carretera con nieve | 0.45 | 0.35 |
| Sobre capas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Valor So: 0.35.
Modulo de elasticidad concreto: 4 228 920 psi.
$f_c'$ = 5500 psi.

$$E = 57.000 \cdot \sqrt{f_c'}$$

E = módulo de elasticidad en psi
$f_c'$ = resistencia a compresión del concreto en psi

Módulo de rotura concreto: 4,1 MPa = 594 PSI.
Coeficiente de transferencia de carga (J): 2.7 para juntas con pasadores.

### 6.1.2 MÓDULO RESILIENTE

De acuerdo con Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" efectuada en el tramo objeto de estudio, el módulo Resiliente- MR, corresponderá a los valores de resistencia de la subrasante obtenidos en los ensayos de CBR en inmersión, los cuales fueron registrados en el capítulo de Estudios previos.

El valor de **CBR promedio y de diseño es 0.80%**

TABLA 6-4 ANÁLISIS DE CBR (%)

| CBR DE DISEÑO |
|---|
| 0.60 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con lo anterior, el módulo se correlaciona con el valor promedio de los valores de CBR de laboratorio en inmersión (Capítulo de Estudios Previos), teniendo en cuenta la ecuación-14, para CBR<10%, de la Guía para diseño de estructuras de pavimento de AASHTO/1993.

$$Mr = 1500 * CBR, \text{ (psi) (14)}$$

SI CBR<10%

TABLA 6-5 MODULO RESILIENTE

| Tramo de Estudio | CBR diseño (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|
| CIV 11003577 | 0.60 | 900 | 6.20 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, se requiere realizar un mejoramiento de la subrasante, para lo cual se propone la realización de un mejoramiento con material tipo rajón (IDU No. ET-410-18), al que se le establecen las siguientes características:

- Espesor de mejoramiento mínimo: 38 cm

Con base en estas características, se determina las características del CBR mejorado con la metodología de IVANOV, de acuerdo a la siguiente formulación, donde:

Eequiv: Modulo Resiliente compuesto de la subrasante mejorada

Einf: Módulo Resiliente capa inferior

N: Parámetro de rigidez, determinado a partir de los modulos de las capas inferior y superior

A: Radio de carga

H: Espesor de la capa de mejoramiento o capa superior

$$h = \frac{2A}{N} * \tan\left[\frac{1 - Einf/Equiv}{\frac{2}{\pi} * \left(1 - 1/N^{3.5}\right)}\right] \quad (15)$$

$$N = \left[\frac{Esup}{Einf}\right]$$

El módulo de la cada inferior es estimado a partir de la siguiente expresión:

$$E = 10 * CBR(\%) \quad (16)$$

El módulo de la capa superior, tomando en consideración que el módulo de las capas granulares es dependiente del estado de esfuerzos y confinamiento de las capas, se determina a partir de la ecuación de Shell, en función del espesor de capa de mejoramiento y el módulo de la capa inferior mediante la expresión.

$$Esup = 0{,}204 * Einf * H^{0.45} \quad (17)$$

| CBR de subrasante | Modulo de subrasante | | Módulo de mejoramien | Espesor mejoramiento | Módulo combinado de Subrasante+Mejoramiento | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CBR de SBR (%) | Esr (MPa) | Esr (kg/cm²) | Egv (MPa) | Hge (cm) | Eeq (kg/cm²) | Eeq (MPa) | CBR (%) |
| 0,00 | 6,00 | 61,2 | 76,9 | 38,0 | 302,8 | 29,7 | 3,0 |

TABLA 6-8 ANALISIS DE CBR (%)

| Tramo de Estudio | Mejoramiento de la subrasante (m) | CBR Equivalente (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|---|
| CIV11003577 | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón en un espesor 38 cm, incluye sello de 10 cm de material granular. | 3.00 | 4600 | 31.02 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 6.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO

En este capítulo se presentan las estructuras de pavimento definidas para las vías del proyecto y el espacio público. Se incluyen las estructuras de pavimentos y los espesores de sus capas. En el Anexo se presentan las memorias de cálculo del diseño.

- Pavimento rígido con losas de concreto apoyadas sobre sub-base granular.

Para el diseño del pavimento rígido se empleara la metodología PCA 84 y se realizará la realizará la verificación de esfuerzos y deformaciones con el software EverFe

### PARÁMETROS DE DISEÑO

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU MR41.
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

### MÓDULO DE REACCIÓN k DE LA SUPERFICIE DE LA SUBRASANTE

El valor de k se puede determinar mediante la siguiente correlación con el CBR:

$$k_{[psi/in]} = 6.25 + 5.15 \log CBR$$

$$k_{[mm/m]} = 36.85\, k_{[psi/in]} \quad (14)$$

k= 97.59 lb/pulg3

El valor mostrado anteriormente se obtiene a partir del CBR mostrado anteriormente correspondiente a 3.0%, teniendo en cuenta el valor de mejoramiento con rajón en un espesor de 38 cm, con sello de 10 cm de material granular.

## ALTERNATIVA PCA (CIV11003577):

La sub-base se recomienda para prevenir el fenómeno de bombeo, y su presencia aumenta la capacidad de soporte de pavimento optimizando el espesor de la losa de concreto. A continuación, se presenta el incremento que se puede obtener mediante la instalación de 15 cm de sub-base:

TABLA 6-7 VALORES DE K CONJUNTO A PARTIR DEL CAPAS GRANULARES

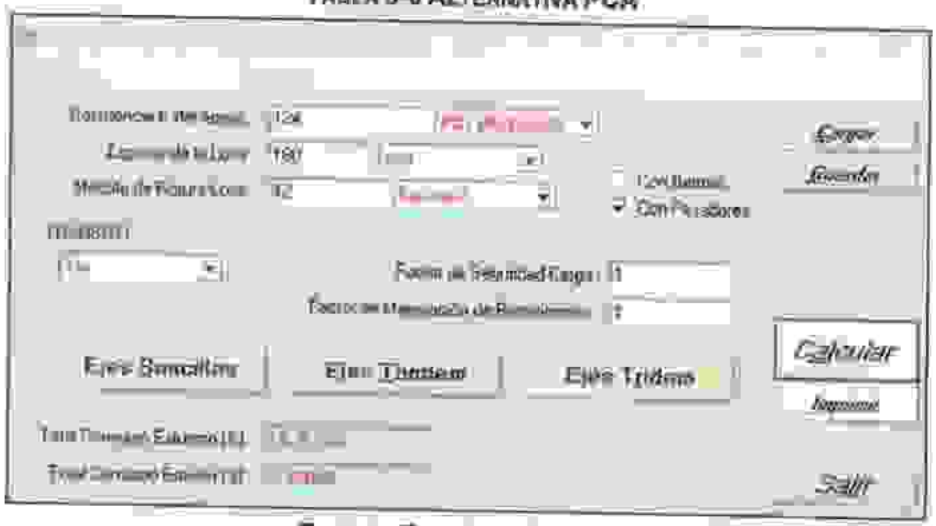
| Valor de K para | Valor de K para sub base granular | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Suelo existente | 100 mm | | 150 mm | | 225 mm | | 300 mm | |
| Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 |
| 20 | 74 | 25 | 85 | 28 | 98 | 32 | 117 | 35 | 140 |
| 40 | 147 | 45 | 165 | 49 | 180 | 57 | 210 | 66 | 245 |
| 60 | 220 | 64 | 235 | 69 | 245 | 78 | 288 | 90 | 330 |
| 80 | 295 | 87 | 320 | 90 | 330 | 100 | 370 | 117 | 430 |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

De acuerdo con la tabla anterior ingresamos con el valor de 97.59 lb/pulg3 (26.74 Mpa/m) tenemos un valor de k conjunto de = 33 MPa/m (124 lb/pulg3) mediante la aplicación de una capa de sub granular de 15 cm

Teniendo en cuenta lo citado anteriormente y a partir de la utilización del software computacional BS-PCA se obtiene un espesor de losa de 16 cm, tal como se muestra a continuación:

TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA



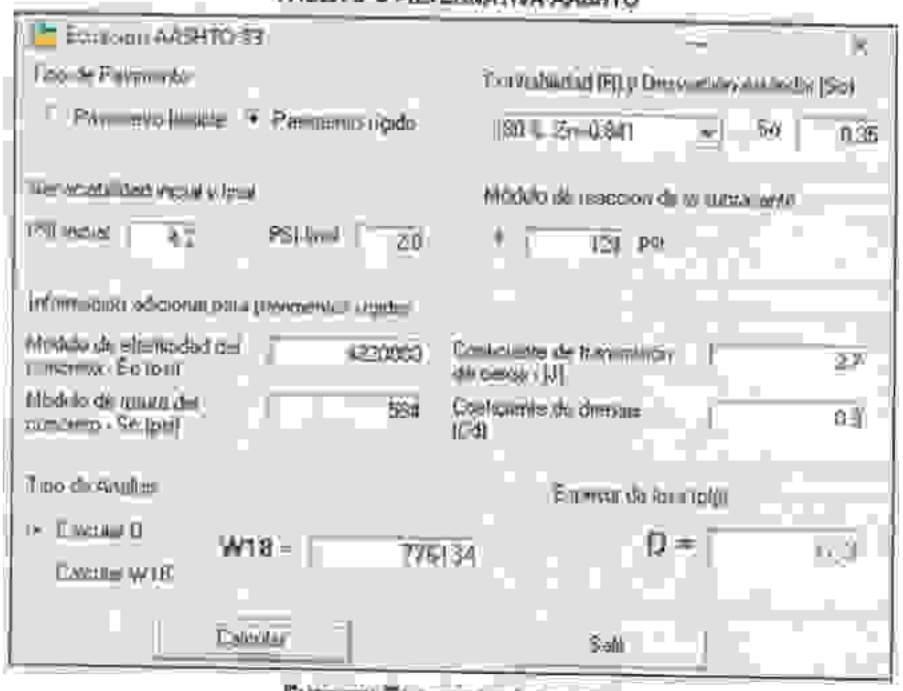

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En el anexo se encuentra la memoria de cálculo

## ALTERNATIVA AASHTO (CIV11003577):

La alternativa para la metodología AASHTO, presenta el siguiente resultado:

TABLA 6-9 ALTERNATIVA AASHTO




FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Teniendo en cuenta la metodología AASHTO, el espesor de la losa es de 16 cm.

**Calidad del concreto**

La resistencia a la flexión se expresa en su Módulo de Rotura. Para el presente diseño, se propone un módulo de rotura de 4,1 MPa.

**Transferencia de Carga**

Se considera el diseño con pasadores.

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR: 4.1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con lo anterior, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

TABLA 6-10 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura (*) | |
|---|---|---|---|
| Rígida | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo relón ET 410-18 de forma puntual en un espesor de 38 cm Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub-base granular. | Descripción | Espesor (cm) |
| | | Concreto hidráulico | 18 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con suelo | 38 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

(*) Generalmente, la metodología PCA tiende a arrojar un espesor de losa mayor que la metodología AASHTO. Esto se debe a que PCA evalúa directamente los esfuerzos que actúan sobre la losa (tracción, flexión y tensiones térmicas), considerando condiciones críticas como carga en el borde, expansión térmica, fricción entre losas y gradientes de temperatura, lo cual conduce a diseños más conservadores en ciertos contextos, especialmente en aplicaciones industriales o con alta variabilidad térmica
En cambio, AASHTO se basa en modelos empíricos, ajustados a condiciones de prueba específicas (AASHO Road Test), por lo cual sus resultados pueden ser menos conservadores, especialmente fuera de los rangos para los cuales se calibró la ecuación.

**Modulación de losas:**

El concreto hidráulico como superficie de rodadura, se encuentra sujeto a diferentes esfuerzos, entre los cuales se encuentran: cargas de tránsito, contracción y expansión del concreto (el concreto al endurecer ocupa menos volumen que cuando está fresco) y diferencias de temperatura o humedad entre la fibra superior y la inferior, entre otras. Con el fin de contrarrestar estos esfuerzos, no es suficiente el proporcionar un espesor adecuado, sino proyectar juntas longitudinales y transversales que impiden un fisuramiento temprano del concreto, estas juntas deben estar diseñadas técnicamente, mediante el empleo de los siguientes criterios:

***Espaciamiento de Juntas***

- ✓ La separación de las juntas transversales se encuentra en función del espesor del pavimento, mediante la relación:

$$S = (21 \text{ a } 24)\, d$$

*Ecuación 1*

Donde,
S = Separación de la junta
d = espesor del pavimento

21 = Para valores máximos de fricción entre la base y el pavimento.
24 = Para valores normales de fricción entre la base y el pavimento.

*Para el espesor del CIV11003577 de 160 mm la separación máxima entre juntas transversales es de: 2.60m*

La relación entre el largo y el ancho de la losa debe encontrarse entre un intervalo de 1 y 1,25.

$$1,0<largo/ancho<1,25$$

En función del espesor de la losa, la longitud de la losa debe ser máximo 25 veces el valor del espesor.

$$L \leq 25 \cdot H$$
$$L_{20} \leq 5,0$$
$$L_{30} \leq 7,5$$

Donde
L: Longitud de la Losa.
H: Espesor de la Losa (m).

Teniendo en cuenta que el segmento vial tiene un ancho aproximado de 5.2 (2.60 por losa) metros la relación de esbeltez, igual a 1,0 la longitud es de 2.60, para losas de espesores de 16 cm. Sin embargo, es importante aclarar que la longitud y ancho de la losa están en función de la geometría de la vía, considerando los criterios antes citados en términos de esbeltez.

**Transferencia Mecánica de Carga**

Aunque es preciso reconocer que los agregados ofrecen mediante su trabazón un grado de transferencia de carga, debido al tráfico de la vía en estudio es necesario implementar una transferencia de carga mecánica mediante la disposición de dovelas (barras de acero lisas insertadas en las juntas) que buscan transferir cargas sin restringir el movimiento horizontal.

Pasadores: Considerando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para una losa cuyos espesores de 160 mm se requiere el empleo de pasadores lisos, constituidos por Barras de 3/4" de diámetro, de 350 mm de longitud y separación entre centros de 300 mm.

TABLA 6-11 PASADORES SEGÚN PCA

| ESPESOR DE LOSA (pulg) | DIAMETRO DEL PASADOR (pulg) | LONGITUD (pulg) | ESPACIAMIENTO (pulg) |
|---|---|---|---|
| 5 | 5/8 | 12 | 12 centro a centro |
| 6 | ¾ | 14 | |
| 7 | 7/8 | 14 | |
| 8 | 1 | 14 | |
| 9 | 1 1/8 | 16 | |
| 10 | 1 ¼ | 18 | |
| 11 | 1 3/8 | 18 | |
| 12 | 1 ½ | 20 | |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Barras de anclaje: Tomando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para un ancho de carril de 2.60 m y un espesor de losa de 160 mm, en las juntas longitudinales se emplearán barras corrugadas de ½" pulgada de diámetro, de fy = 280.0 MPa, con una longitud de 0.60 m y una separación entre las mismas de 0.60 m.

TABLA 6-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA

| Espesor losa (mm) | Varillas de ½" | |
|---|---|---|
| | Long (mm) | Separación entre centros (m) |
| | | Carril 2.60 m |
| 150 | 600 | 0.80 |
| 175 | | 0.60 |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Es fundamental asegurar la correcta alineación y nivelación de pasadores y dovelas para garantizar una transferencia de carga eficiente y evitar concentraciones de esfuerzo.

Durante la construcción, se debe verificar la correcta colocación y fijación de los pasadores y dovelas antes del vertido del concreto.

**Esfuerzo y deformación:**

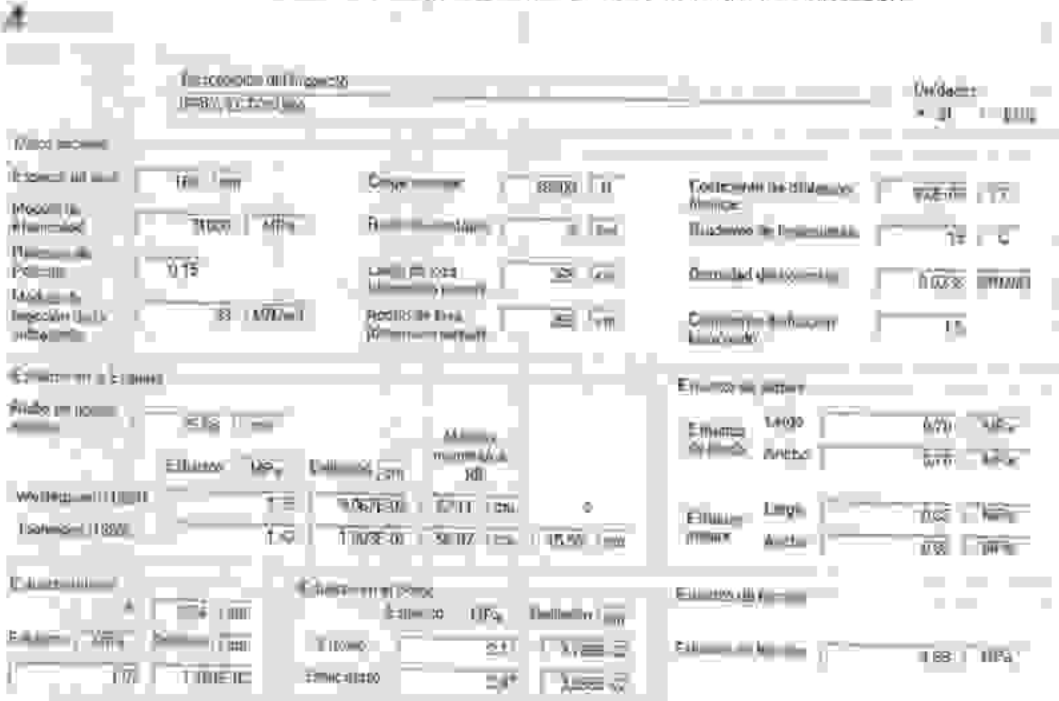
**Parámetros iniciales:**

**Espesor de la losa (h):** 160 mm.
**Módulo de ruptura del concreto (MR):** 4.1 MPa.
**Módulo de elasticidad del concreto (E):** 31,000 MPa.
**Relación de Poisson (v):** 0.15.
**Módulo de reacción de la subrasante (k):** 33 MPa/m.

**Carga aplicada (P):** 8.2 Toneladas
**Radio de contacto de la carga (a):** aproximadamente 150 mm.

Asimismo, mediante el software especializado UNALOSA, se lleva a cabo la verificación de los estados de esfuerzo y deformación asociados a una losa de pavimento con espesor de 16 cm.

**TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA**



**FUENTE: UNALOSA**

## Conclusión

Bajo una carga de 80 kN, la losa de concreto de 16 cm de espesor, con un MR de 4.1 MPa, apoyada sobre una subbase granular de 15 cm y una subrasante con k = 33 MPa/m, experimentaría un esfuerzo interior máximo de aproximadamente 1.07 MPa y una deflexión máxima de 0.18 mm. Ambos valores están dentro de los límites aceptables, indicando un diseño estructural adecuado para las condiciones planteadas.

# 6 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO

En el presente apartado, se desarrolla el diseño de pavimentos para los andenes teniendo en cuenta las características geotécnicas de la subrasante, los materiales de la estructura y los espesores mínimos permitidos. Este diseño, se llevará a cabo de acuerdo con lo establecido en la Cartilla de Andenes de la Secretaría Distrital de Planeación (SDP modificación 07-06-2018).

En concordancia con la propuesta de diseño urbanístico, se plantea una de estructura de andén, en concreto estampado

Con base en los resultados de la exploración geotécnica realizada para las vías a intervenir, se caracteriza de la misma manera el suelo de subrasante para las estructuras de los andenes pertinentes, de acuerdo con lo establecido en el apartado de Procesos Constructivos de la Cartilla de Andenes (Mod. 2018), para así mismo establecer una estructura típica para los mismos. A continuación, se define el tipo de subrasante en función de los valores de CBR natural en condición de inmersión.

**TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR**

| TIPO DE SUBRASANTE | CBR en (condición de inmersión) |
|---|---|
| S1 | Mayor o Igual a 3% |
| S2 | Menor de 3% |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

Con base a lo anterior, conservando para el diseño de andenes el CBR de diseño de los segmentos viales vehiculares, se obtiene un suelo Tipo S2, lo cual indica que se requieren actividades de mejoramiento.

**TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR**

| Tipo de suelo existente en la Estructura | Clasificación AASHTO | Clasificación SUCS | CBR | Proceso a seguir |
|---|---|---|---|---|
| Suelos Granulosos Bien/mal graduados | Tipo A-1, A-2, A-3 | Tipo GW, GP, SW, SP | > 30 | Se debe realizar el mejoramiento de la subrasante con material granular tipo SBG o SBC, compactado al 95% de la densidad máxima del ensayo Proctor Modificado (INV E-142-13) |
| Suelos Finos (Arcillas y limos de baja plasticidad) | Tipo A-4 | Tipo ML, CL | > 30 | Se debe realizar el mejoramiento de la subrasante con material granular tipo SBG o SBC, compactado al 95% de la densidad máxima del ensayo Proctor Modificado (INV E-142-13) |
| Suelos Finos (Arcillas y limos de baja plasticidad) | Tipo A-5 y A-6 | Tipo ML, CL | < 30 | Se debe realizar el mejoramiento de la subrasante con material granular tipo SBG o SBC, compactado al 95% de la densidad máxima del ensayo Proctor Modificado (INV E-142-13) y geotextil |
| Suelos Finos (Arcillas y limos de alta plasticidad) | Tipo A-7 y A-8 | Tipo MH, CH | < 30 | Se debe realizar el mejoramiento de la subrasante con material granular tipo SBG o SBC, compactado al 95% de la densidad máxima del ensayo Proctor Modificado (INV E-142-13) y geotextil |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

De acuerdo con la tabla anterior, se define la clasificación AASHTO del suelo existente, el cual funcionara como subrasante en función del CBR y se determinó que se deba mejorar la subrasante, teniendo en cuenta las condiciones del suelo la alternativa de mejoramiento se realizará reemplazando 20 cm de espesor del material inadecuado de la subrasante por material granular con CBR mínimo de 10%.

Posteriormente se establecen los criterios de diseño de acuerdo con el tipo de superficie y el usos posible del espacio público, para este proyecto se tomó el criterio de Diseño 1, de la Cartilla de Andenes Bogotá D.C. de la Secretaría Distrital de Planeación, la cual dice textualmente: "Para el espacio público peatonal y la red de ciclorruta a nivel de andén, por donde no circula ningún tipo de vehículo pesado, se propusieron espesores mínimos de construcción con subbase granular tipo SBG_PEA_B, según Especificación IDU o vigente. Aplica para estructuras articuladas y flexibles, y acceso vehicular de vivienda (máximo 2 vehículos livianos)".

Teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados, se propone la estructura de pavimento peatonal con sus espesores.

**ILUSTRACIÓN 1 ESTRUCTURA DE ESPACIO PÚBLICO PEATONAL**

*Estructuras para Espacio Público Peatonal y Red de ciclorrutas (a nivel de andén) para Subrasante Tipo S2 y Criterio de diseño 1*

**MATERIAL DE SUPERFICIE SEGÚN CASO**

SUBBASE GRANULAR SBG-PEA
Sección 400 de IDU-ET-2011 o vigente

SUBRASANTE MEJORADA

**SUBRASANTE NATURAL**

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:

TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

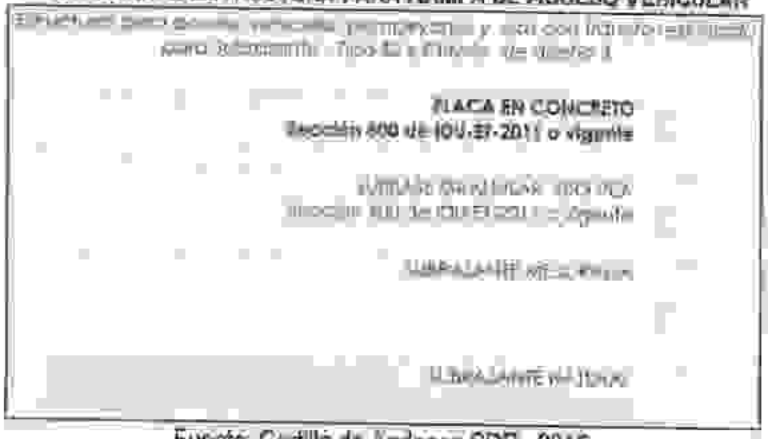
De acuerdo contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA", se puede concluir que para la estructura de pavimento de la zona peatonal se dispone de una sola zona homogénea, y con la cual se proyectó la estructura mostrada en la tabla anterior.

## 9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR

De acuerdo con la Cartilla de Andenes Bogotá D.C, las rampas no solo dan acceso vehicular a los predios sino también el acceso de las personas con movilidad reducida a los andenes y zonas peatonales que serán construidos con el desarrollo del proyecto.

Para un suelo S2 con CBR < 3%, tránsito de vehículos livianos y paso ocasional de vehículos comerciales tipo C2, se obtuvieron los espesores de las rampas vehiculares al proyecto de acuerdo a los criterios de la Cartilla de Andenes– DAPD.

ILUSTRACIÓN 2 ESTRUCTURA PARA RAMPA DE ACCESO VEHICULAR




Fuente: Cartilla de Andenes SDP , 2015



741

TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
| --- | --- |
| 15 | Placa de Concreto MR 41 kg/cm² |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Mejoramiento |
| | SUBRASANTE |
| 50 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

El concreto hidráulico se recomienda con módulo de rotura de 41 kg/cm conformado con la granulometría AG-1 (Tamaño máximo del pétreo de 2½ pulgadas), presentada en la Sección 500 Pavimento de Concreto Hidraulico.

En los lugares donde sea necesario completar niveles se hará con un material seleccionado por capas no mayores a 0.20 m logrando una densidad mínima del 95%, estos materiales seleccionados deben cumplir con caracteristicas geotecnicas tales como IP menor o igual a 10%, contenido de finos menor o igual a 25%, CBR del 10%, tamaño máximo de 3", esto de acuerdo con el las especificaciones ET-IC-01.

# 7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

La propuesta de diseño contempla la construcción de capas estructurales de pavimento compuestas por materiales tales como mezclas asfálticas y materiales granulares. Atendiendo las especificaciones técnicas válidas en el desarrollo del presente proyecto y las cuales corresponden a las Especificaciones técnicas de construcción del Instituto Nacional de Vías - INVIAS, se presenta a continuación la caracterización de cada una de estos materiales.

- **CONCRETO HIDRÁULICO**

El concreto hidráulico, tiene la particularidad de ofrecer a la estructura una alta resistencia a la compresión que se necesita para soportar y absorber las cargas que circulan. Dicha mezcla deberá cumplir con las características especificadas en IDU-800-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MATERIALES GRANULARES:**

Los materiales granulares deberán cumplir con las especificaciones establecidas en la Especificación Técnica: Capas granulares de base y subbase del capítulo IDU-500-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE**

Los materiales de mejoramiento de subrasante deberán cumplir con las características especificadas en el capítulo IDU-410-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

# 8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES

Para garantizar que los parámetros mecánicos de cada uno de los materiales empleados en el diseño de pavimentos, cumplan con los requisitos establecidos en las Especificaciones Técnicas, su versión o actualización vigente, para la modelación de la estructura de pavimento y puedan ser suministrados por los proveedores adscritos en la base de datos vigente en la página web del IDU, se realizó un análisis de las fuentes de suministro de materiales y mezclas asfálticas, con los cuales se construirán las estructuras de pavimento y espacio público asociado con base en el diseño recomendado.

A continuación, se presentan los proveedores de mezclas asfálticas, agregados pétreos y concreto hidráulico seleccionado por su experiencia y teniendo en que se encuentran vigentes en el "Listado de Proveedores" en la página del IDU

TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| AGREGADOS PÉTREOS | OPERADOR DEL TITULO MINERO N° EHD-131, KM 3.8 ZONA INDUSTRIAL BALSILLAS MOSQUERA | IDU 295 DE 2009 | DROMOS |
| AGREGADOS PÉTREOS | KILÓMETRO 10 DE LA VÍA MULTIFAMILIAR LOS CENTAUROS PUENTE CAÍDO VEREDA EL COCUY PREDIO SAN LUIS SOBRE EL RÍO GUAYURIBA - VILLAVICENCIO | IDU 432 DE 2016 | REX VILLAVO |
| AGREGADOS PÉTREOS | CARRERA 6 #153 A- 60 EN LA LOCALIDAD USAQUÉN -BOGOTÁ | IDU 435 DE 2016 | REX BTA |
| AGREGADOS PÉTREOS | Av. CRA 7 # 160A-08 SAN CRISTÓBAL NORTE, LOCALIDAD USAQUEN - BOGOTÁ | IDU 568 DE 2020 | REX BTA 7MA |

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
| --- | --- | --- | --- |
| AGREGADOS PÉTREOS | KILOMETRO 3,5 VEREDA BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 455 DE 2017 | INCOMINERI |
| AGREGADOS PÉTREOS | KM 4 VÍA LA MESA - MONDOÑEDO- MOSQUERA | IDU 582 DE 2020 | LA ROCA |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1,5 VÍA AUTOPISTA MEDELLÍN COSTADO SUR - COTA | IDU 486 DE 2018 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | PREDIO DENOMINADO LOTE 10, EN LA VEREDA SAN JOSE - MOSQUERA | IDU 516 DE 2019 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1,5 VÍA BOGOTÁ- MEDELLÍN, COSTADO OCCIDENTAL VEREDA VUELTA GRANDE - COTA | IDU 582 DE 2020 | GRECO |
| ASFALTO | PREDIO VISTA HERMOSA, VEREDA BALSILLAS - KILOMETRO 25 VÍA LA MESA - PLANTA DE ASFALTO CMI | IDU 26 DE 2002 | AA |
| ASFALTO | KM 3.8 EN LA ZONA INDUSTRIAL, VEREDA BALSILLAS MOSQUERA | IDU 187 DE 2005 | DROMOS |
| ASFALTO | KM 17+200 DE LA CARRETERA CENTRAL DEL NORTE (CRA 7 DE BOGOTÁ) | IDU 164 DE 2004 | CTU |

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| CONCRETO | KR 62 No. 19 - 04 INT. 5, LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA | IDU 22 DE 2002 | HOLCIM |
| CONCRETO | PLANTA NEREIDAS - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55 A SUR - 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 216 DE 2006 | TREMIX |
| CONCRETO | PLANTA SUR - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55A SUR – 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 439 DE 2016 | POLMIX |

**Zodmes:**

A continuación, se presentan las posibles zonas de depósito para materiales sobrantes de construcción para el Proyecto. Los sitios escogidos como botaderos o zonas de depósito servirán para disponer los materiales estériles y/o sobrantes procedentes de las excavaciones de las vías.

Considerando adicionalmente parámetros como capacidad de almacenamiento y condiciones geológicas-geomorfológicas, se escogieron nueve (9) zonas para la disposición de materiales de excavación o botaderos que permitirán almacenar el volumen de material estéril o sobrante en la fase de construcción de la vía (Ver Tabla 13.4).

TABLA 8-2 ZODMES

| CATEGORÍA | NOMBRE – RAZÓN SOCIAL | MUNICIPIO | PREDIO O LOTE |
|---|---|---|---|
| 1. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | CEMEX DE COLOMBIA S.A. | BOGOTA D.C. | Reserva ecológica privada la Fiscala Capacidad: 5,000.000 m3 |
| 2. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE | RECICLADOS INDUSTRIALES | COTA | Lote la Britania Vega, en la Vereda Siberia, Municipio de Cota. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | DE COLOMBIA S.A.S.. | | Cundinamarca Capacidad: 40.000 m3 |
| 3. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | Lotes 2, 3, 4 de los predios identificados con cédulas catastrales N° 00-02-0002-0186, 00-02-0002-0184-000 y 00-02-0002-0183-000, ubicados en la Vereda Panamá del Municipio de Soacha Capacidad: 4 000 000 m3 |
| 4. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | RESIESCOL S.A.S ESP | MOSQUERA | Predio denominado Lote 4 A, matrícula inmobiliaria N° 50c - 1433092, ubicado en la Vereda Balsillas del Municipio de Mosquera, Cundinamarca |
| 5. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | MATERIALES Y LOGÍSTICA S.A.S. MYLSA | MADRID | Predios denominados Finca el Paraíso, el Valle de las Mercedes y Finca la Zulia, ubicados en las Veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid Cundinamarca Capacidad: 1 000 000 m3 |
| 6. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | CICLOMAT S.A.S | COTA | Predio ubicado 600 metros al sur de la Autopista Medellín (calle 80) entrada PRACO-DIDACOL Vía Siberia –Bogotá, Vereda Siberia del Municipio de Cota, Cundinamarca. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | En el predio el Vínculo (Polígono 3) del Municipio de Soacha- km 14 de la Vía Soacha – Sibaté. |
| 8. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | RELLENOS DE COLOMBIA S.A.S. EN LIQUIDACIÓN | MOSQUERA | Vereda balsillas, km 3 vía la mesa, Mosquera, Cundinamarca. |
| 9. DISPOSICIÓN DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | MAQUINAS AMARILLAS S.A.S – MARILLA S.A.S. | BOGOTA D.C. | Plan de manejo y recuperación ambiental de la mina las Manas y Santa Inés en el área del contrato de concesión minera 8151 a nombre de la empresa HOLCIM COLOMBIA S A (Perfil o-o' sector Nor-Este) Tunjuelito- Bogotá. |

La evaluación de las áreas definidas para botaderos corresponden a superficies suavizadas planas a moderadamente inclinadas en depósitos aluviales recientes de llanura aluvial de los ríos Bogotá, Subachoque y Tunjuelito, así como de los depósitos de terrazas altas de la Sabana de Bogotá, los cuales corresponden a planicies extensas de aspecto aterrazado y morfología ondulada suavemente inclinada y limitada hacia los cauces por escarpes de 2 – 20 m de altura, se encuentran constituidos de arcillas grises, localmente con intercalaciones de arenas finas y delgados niveles de gravas y turbas, en capas paralelas producto de la acumulación de materiales en la cuenca ocupada por el antiguo lago de la Sabana de Bogotá, con espesores de 20 - 300 m.

Estas superficies en depósitos de la llanura aluvial y los depósitos de terrazas de la Sabana de Bogotá pueden presentar una buena condición de estabilidad, teniendo en cuenta la morfología de estas áreas, así como la pendiente y la composición de los materiales que la constituyen Cabe resaltar que el area que conforma la ZODME ubicado en la finca El Paraíso, el valle de las Mercedes y finca La Zulia, de las veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid en Cundinamarca, se encuentra sobre superficies onduladas a inclinadas en laderas de la Formación Arenisca Dura del Grupo Guadalupe y en contacto con los depósitos aluviales de terrazas altas de la Sabana de Bogotá. Estas áreas deben ser evaluadas con trabajo de campo para determinar las condiciones morfodinámicas y de estabilidad de estas superficies. La localización de las ZODMES se presenta en la Figura 13.1, en la cual también se han ubicado las fuentes de materiales.

# 9 ANÁLISIS DE RIESGOS

El análisis de los posibles riesgos en la ejecución del proyecto permite tener un panorama realista donde se considere las posibles eventualidades y su potencial consecuencia, esto permitira establecer planes de contingencia en caso de que se presenten cualquiera de las situaciones citadas.

Para el caso de estudio, se prevén los siguientes riesgos, asociados a la etapa de construcción consecutiva a la etapa de diseño.

TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO

| RIESGO | TIPO DE CAUSA | CAUSAS PROBABLES | CONSECUENCIAS |
|---|---|---|---|
| Imprecisión en la determinación del CBR de diseño | Menor resistencia de la subrasante | Muestro insuficiente | Disminución de la vida útil de la estructura. Falla prematura por deformación de la subrasante |
| | | Errores en el procesamiento de la información | |
| | | Afectaciones climáticas | |
| | | daños en el sistema de drenaje | |
| | | errores en la caracterización del material | |
| Aumentos en los niveles de transito | Aumento en el número de ejes equivalentes esperados | Cambios de uso de la vía por desvio | Estructura deficiente para las cargas esperadas, falla prematura de la carpeta asfáltica. |
| | | Implementación de nuevas rutas en el corredor vial | |
| | | Aumento de las cargas de los vehículos de transporte | |
| | | Errores en el conteo para establecer el TPD | |
| | | Aumentos inesperados por tramito atraido/generado | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fallas en los materiales | Daños por mala calidad en los materiales instalados | Malos procesos constructivos | Falla de zonas puntuales de la estructura. |
| | | Cambios en la humedad por daños en el drenaje | |
| | | deficiencias en los controles de calidad | |

## 10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las propuestas de intervención RECOMENDADA como parte de las actividades a ejecutar en el proyecto de la referencia, consisten en:

**Alternativa**

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR: 4,1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

Se recomienda el uso del geotextil NT1800 en la estructura de pavimento entre el suelo natural y material de mejoramiento con rajón, para evitar la contaminación entre capas y asegurar la estabilidad de la estructura.

TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura | |
|---|---|---|---|
| | | Descripción | Espesor (cm) |
| rígida | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón ET 410-18 de forma puntual en un espesor de 38 cm. Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub-base granular. | Concreto Hidráulico | 16 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con rajón | 38 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

(*) Tener presente que en la actual etapa NO se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos.

De igual forma, se presenta el siguiente gráfico con la estructura de pavimento recomendada:

TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11003577)

| Descripción | Espesor (cm) |
|---|---|
| Concreto Hidráulico | 16 |
| Sub-base granular | 15 |
| Mejoramiento con Rajón | 38 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La estructura de pavimento recomendada es en flexible, en función de garantizar la distribución de esfuerzos y el empalme con los materiales presentes en cada segmento vial. La alternativa es pavimento rigido es viable des del punto de vista técnico, sin embargo, la modificación de rigidez de los materiales presentes en la zona puede generar un impacto negativo en la distribución de presiones, además, los costos asociados son muy superiores a la de pavimento flexible y las condiciones de carga no lo ameritan.
Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:

TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
| --- | --- |
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1600 o similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

La revalón y propuesta se hace de acuerdo a lo presentando en el informe de pavimento del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se tuvieron en cuenta los parametros geotécnicos, tránsito y consideraciones generales. Sin embargo, se presenta una alternativa de rodadura en concreto hidráulico que garantice la durabilidad y que cuenta con las siguientes ventajas:

- Permite simular adoquines, piedra natural, ladrillo, madera u otros acabados, mejorando notablemante el aspecto visual del entorno urbano o residencial.
- Al estar hecho de concreto hidráulico, soporta cargas vehiculares y condiciones climáticas extremas sin perder su forma ni integridad.
- No se deforma ni se hunde como otros pavimentos modulares; solo requiere limpieza periódica y, en algunos casos, reaplicación del sellador.
- Una vez vaciado el concreto, el estampado se realiza mientras el concreto aún está fresco, lo que ahorra tiempo frente a métodos tradicionales como adoquines o losas prefabricadas.
- Continuidad superficial: Al no tener juntas como los adoquines, evita el crecimiento de maleza y reduce los accidentes.
- Al tener textura superficial, ofrece buen desempeño antideslizante, tanto en zonas peatonales como en pasos vehiculares, incluso en condiciones húmedas.



302

- Aunque su instalación puede ser ligeramente más costosa que el concreto convencional, su vida útil y bajo costo de mantenimiento representan un ahorro a mediano y largo plazo.
- Puede adaptarse a parques, ciclovías, pasos peatonales, calles residenciales, andenes, glorietas, entre otros.

## 8.1. RECOMENDACIONES GENERALES

1. Mantenimiento posterior al servicio de la vía:

- La intervención propuesta deberá estar acompañada de un mantenimiento rutinario al drenaje existente en la vía, el cual consistirá en la limpieza de las estructuras y revisión del estado de funcionamiento de las mismas.

- A continuación, se presentan las actividades de mantenimiento rutinario y periódico a ejecutar según periodo de diseño:

Las actividades de mantenimiento rutinario y periódico se deberán realizar en función del área de deterioro teniendo en cuenta lo siguiente:

TABLA 10-4 CALENDARIO DE ACTUACIONES POR AÑO

| Calendario de actuaciones: Periodo de diseño: 10 años | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Año | Construcción | Fresado y sobre-capa de 5cm | Parcheo | Sello de fisuras |
| Año - 0 | X | | | |
| Año - 1 | | | | |
| Año - 2 | | | | |
| Año - 3 | | | X | X |
| Año - 4 | | | | |
| Año - 5 | | | | |
| Año - 6 | | X | X | X |
| Año - 7 | | | | |
| Año - 8 | | | | |
| Año - 9 | | | X | X |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA

- ***Sello de grietas:*** Esta actividad consiste en la eventual conformación de las fisuras, su limpieza y la aplicación de un producto bituminoso sellante en caliente, cuyas características y cantidades dependen de la abertura de ellas, según lo establecido en el artículo 466 de las especificaciones generales de construcción de carreteras que rigen el contrato (INVIAS 2013, Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014). Dicho tratamiento se debe realizar para fisuras de tipo longitudinal y/o transversal (no interconectadas) cuya abertura sea superior a 6mm. Para evitar el desprendimiento del sello, este deberá quedar por debajo de la superficie de la fisura aproximadamente 5mm.

- ***Parcheo y Bacheo.*** El parcheo se define como la actividad que busca reemplazar en un área deteriorada (sin compromiso estructural) la carpeta asfáltica, mejorando la superficie y por ende el nivel de servicio ofrecido al usuario. El bacheo consiste en la intervención de áreas localizadas del pavimento deterioradas, abarcando las capas asfálticas y/o las granulares hasta lograr un apoyo firme. Estas actividades se encuentran en función del área deteriorada y el tipo de deterioro. La excavación a realizar para la reparación, deberá ceñirse a lo establecido en los artículos 460 y/o 465 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras (INVIAS 2013, Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014).

  Para la ejecución de los trabajos correspondientes a Parcheo y Bacheo, se deberá tener en cuenta las recomendaciones establecidas en el Apéndice B.

  Para la ejecución de los trabajos correspondientes a Bacheo, se deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

  - El material granular a utilizar podrá ser de base o subbase granular, de acuerdo a lo que se encuentre en el área adyacente al Bache.
  - La demolición o fresado se realizará desde el interior del área afectada hacia los bordes, el fondo de la excavación deberá quedar nivelado, libre de residuos y proporcionar capacidad de soporte.
  - El espesor de material granular a restituir deberá ser el mismo al encontrado en el área adyacente al bache.
  - Todas las operaciones de aireación o humedecimiento del material se realizarán antes de su compactación, hasta llegar a la humedad óptima.
  - La extendida de los materiales granulares se realizará por medio de un equipo de enrazado manual. El extendido deberá ser realizado por capas con un espesor adecuado (en función del equipo utilizado) y uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación especificado.

- La compactación se efectuará de los bordes del bache hacia adentro.

- Sobre la superficie de la base del área afectada y en las paredes de la excavación se aplicará un riego asfáltico con emulsión de rompimiento lento, la cual deberá cumplir con lo establecido en las especificaciones generales de construcción de carreteras que rigen el contrato.

- El dimensionamiento mínimo para garantizar los procesos de compactación debera ser de 1,10m de ancho y 2,20m de longitud.

- El corte se realizará perimetralmente, deberá tener las paredes verticales y el espesor homogéneo.

- La demolición se realizará desde el interior del área afectada hacia los bordes, el fondo de la excavación deberá quedar nivelado, libre de residuos y sin la presencia de fisuras, en el caso que la capa de soporte de la nueva capa sea asfáltica.

- Sobre la superficie de la base del área afectada y en las paredes de la excavación se aplicará un riego asfáltico con emulsión de rompimiento rápido, la cual deberá cumplir con lo establecido en las especificaciones generales de construcción de carreteras que rigen el contrato.

- Una vez la emulsión rompa, se procederá con la extendida y compactación de la mezcla asfáltica. La mezcla debera extenderse de las orillas hacia el centro para evitar segregación y la compactación se efectuará de los bordes del parche hacia el centro del mismo.

VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA PLATAFORMA

Para el caso donde se presenten deformaciones plásticas (mayores a 1cm) ante una prueba de carga (como el paso de volqueta cargada en varios recorridos sobre la plataforma de trabajo), se realizarán mejoramientos puntuales en la subrasante con material tipo tolerable ART 230 INV 2013, resolución 1376 del 26 de mayo de 2014. La prueba de carga se puede hacer con cualquier elemento que cumpla las condiciones de seguridad en función de la sección de la excavación

- En los sectores en donde existan hundimientos y fisuras severas (h≥20mm) se recomienda ante la existencia de árboles laterales, realizar un tratamiento particular, mediante la tala o restitución de las especies existentes.

## 11 PROCESO CONSTRUCTIVO

### RECOMENDACIONES GENERALES

Dado que los suelos naturales presenten valores de CBR inferiores a 3% se hace necesario estabilizar mecánicamente la subrasante con un material tipo "rajón".

Una vez finalizada la excavación y alcanzado el suelo de subrasante, el material del cuerpo del mejoramiento se colocará en capas sensiblemente paralelas a la superficie de la explanación, de espesor uniforme y lo suficientemente reducido, para que, con los medios disponibles, los vacíos entre los fragmentos más grandes se llenen con las partículas más pequeñas del mismo material, de modo que se obtenga el nivel de densificación deseado.

El rajón, este se colocará directamente sobre la subrasante, evitando su vertido desde alturas mayores a dos metros (2,0 m), con el fin de reducir su segregación. Deberá extenderse con procedimientos manuales ó con equipos livianos debido a las condiciones de la subrasante. Su compactación podrá realizarse con pasadas de buldózer o retroexcavadora, de manera que las puntas del rajón penetren parcialmente en el terreno natural. Posteriormente se realizará la instalación del sello de rajón, el cual puede componerse de un material tipo SBG_C, el conjunto de rajón y sello de 10 cm conformarán el total de espesor de mejoramiento.

La construcción de la capa de rajón deberá adelantarse siguiendo los lineamientos establecidos en la Sección 321-11 de las Especificaciones Técnicas.

### INSTALACIÓN DE CAPAS DE BASE Y SUBBASE GRANULAR

La instalación de las capas de base y subbase granular se realizarán cuando la superficie sobre la cual quedarán apoyadas presente la calidad, densidad, cotas y secciones indicadas dentro de los documentos del proyecto, previamente deberá estar concluido todo lo relacionado con los sistemas de drenaje recomendados de acuerdo con el Estudio y Diseño de Redes.

La superficie donde se dispondrá el material se debera encontrar suficientemente seca y compacta para evitar que se produzcan ahuellamientos o desplazamientos en ella. El material se extenderá en todo el ancho previsto, en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

La cantidad de material extendido será tal, que el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos (2) ó más capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). En este caso, se aplicarán para cada capa los procedimientos de ejecución y control acá descritos. El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes.

Una vez que el material de la capa granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo adecuado, hasta alcanzar la densidad especificada.

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo aprobado y/o que normalmente se utiliza, se podrán compactar por otros medios adecuados, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

Una vez terminada la compactación, el Constructor perfilará la superficie de la capa granular, ajustándola a los perfiles longitudinales y transversales del proyecto.

## INSTALACIÓN DE CAPAS DE CONCRETO HIDRÁULICO

El proceso constructivo para pavimento en concreto hidráulico inicia con la limpieza y nivelación del terreno, seguida de la compactación de la rasante. Posteriormente, se coloca y compacta la subbase y, la base hidráulica. Se instalan las formaletas laterales o guías de nivel, y se procede a colocar el refuerzo de acero. El concreto es vaciado, extendido y vibrado para garantizar su adecuada consolidación, luego se alisa y texturiza la superficie según el acabado requerido. Una vez terminado, se realizan los cortes de juntas de contracción y construcción, y se aplica el curado mediante compuestos químicos o métodos húmedos por un mínimo de siete días. Finalmente, se inspecciona la calidad de la obra y se permite el tránsito vehicular/peatonal de acuerdo con los tiempos de fraguado y resistencia establecidos en el diseño.

## 12 FUENTES DE CONSULTA


- INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO-IDU. ANEXO TÉCNICO DE DIAGNÓSTICO PARA CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL PARA BOGOTÁ. Versión 5.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS AASHTO. Guide for design of pavement structures. Washington: AASHTO, 1993.
- Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción del Innstituto Nacional De Vias - 2013.
- Normas de ensayos de materiales INVIAS-2013, Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014.
- Shell International Petroleum Company Limited. Addendum to the Shell Pavement Design Manual. London, 1985
- Yang H. Huang: Pavement Analysis and Design. Second Edition. Pearson Prentice Hall. UnitedStates of America, 2004.
- HIGUERA SANDOVAL, CARLOS HERNANDO. Nociones sobre métodos de diseño de pavimentos para carreteras. UPTC, Tunja, 2008.
- IDU, INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO. Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción, para proyectos de infraestructura vial y de espacio público, para Bogotá D.C. 2019.

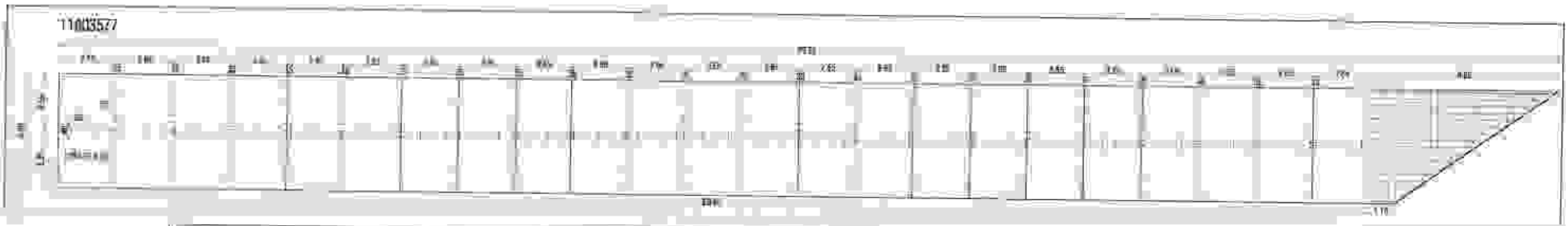
**DISENO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA**
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**
**Software : BS-PCA**

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 124 PCI (lb/pulg3)
Espesor Losa : 160 mm
Modulo de Rotura : 42 Kg/cm2
Bermas : NO
Pasadores : SI
Factor de Seguridad Cargas : 1
Factor de Mayoración Repeticiones : 1

Resultados :

| Carga Tn | Carga FS kN | Repeticiones Esperadas | Repeticiones Admisib_Fatiga | Consumo Fatiga % | Repeticiones Admisi_Erosion | Consumo Erosion % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **EJES SIMPLES** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| 6,00 | 58,80 | 776.134 | 4.858.016 | 15,98 | 20.182.479 | 3,85 |
| **EJES TANDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| **EJES TRIDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| | | | Total : | 15,98 | | 3,85 |



DETALLE No. 1



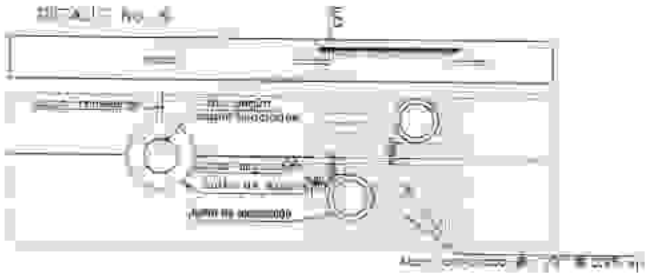
DETALLE No. 2



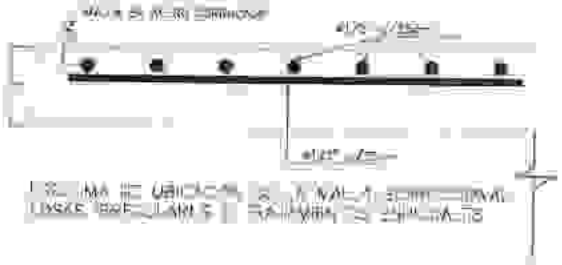
DETALLE No. 3



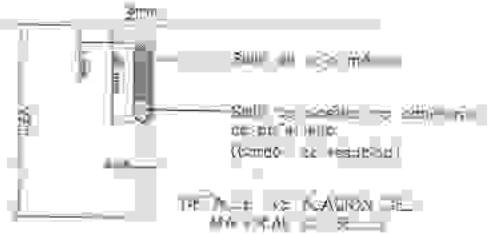
DETALLE No. 4



DETALLE No. 5



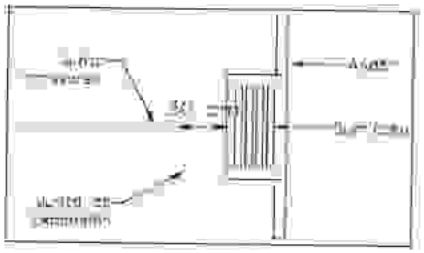
DETALLE No. 6



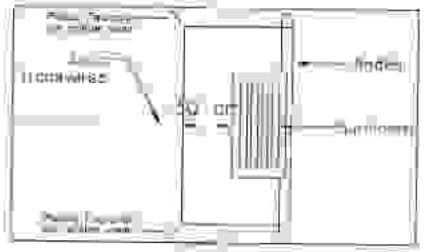
DETALLE No. 7



DETALLE No. 8



DETALLE No. 9



# CONSORCIO SUBA MT

NIT. 901902678-2

COP 1013-2024-LP (119224)

CONSORCIO SUBA MT
GRUPO 3

REVISION Y AJUSTE A DISEÑO DE PAVIMENTOS
DEL CONTRATO DE CONSULTORIA 345 DE 2018

OBJETO DEL CONTRATO: EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO (GRUPO 1) EN LA LOCALIDAD DE SUBA EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO

CIV 11003837

SEGMENTO VIAL SOBRE LA CARRERA 150D ENTRE LA CALLE 134 Y CALLE 134A

BOGOTÁ D.C, JUNIO DE 2025

Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115950207

## CONTROL DE DOCUMENTOS

| ESTADO REVISIÓN Y APROBACIÓN | NOMBRE | CARGO | FIRMA | FECHA |
|---|---|---|---|---|
| **POR EL CONTRATISTA DE OBRA** | | | | |
| Realizo | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | MAO SEBASTIAN BERMEO | | JUNIO 2025 |
| **POR LA INTERVENTORIA DE OBRA** | | | | |
| V°. B°. INTERVENTORÍA | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | Ing. Everardo Pardo Guio | | JUNIO 2025 |

**MODIFICACIONES**

| FECHA | VERSIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN |
|---|---|---|
| 04-06-2025 | 00 | Versión Inicial N° 00 |
| 24-06-2025 | 1.0 | Atención de observaciones de acuerdo a comunicado FRO-085-146-2025. |
| 12-07-2025 | 2.0 | Atención de observaciones de acuerdo a comunicado FRO-085-184-2025. |

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 6

1. OBJETIVOS Y ALCANCE 7

1.1. OBJETIVOS GENERALES 7
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 7
1.3. ALCANCE 7

2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA 9

2.1. LOCALIZACIÓN 9
2.2. CLIMA 10

3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO 12

3.1. PCA 12
3.2. AASHTO 13
3.2.1. SUBRASANTE 13
3.2.2. TRANSITO 14
3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA 14
3.2.4. SERVICIABILIDAD 14
3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD 14
3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 15
3.2.7. CONFIABILIDAD 16
3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J): 16

4. ESTUDIOS PREVIOS 17

4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA 17
4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO 17
4.3. TRANSITO 18
4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO 19
4.5. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO CONTRACTILES 20
4.6. CONCLUSIONES 20

5. ESTUDIO DE TRANSITO 22

6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 26

6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO 26
6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN: 26
6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 27
6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 29
6.1.1. INDICE DE SEIRVICIABILIDAD 29
6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 29
6.1.3. CONFIABILIDAD 29
6.1.2 MÓDULO RESILIENTE 30
6.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO 31
ALTERNATIVA PCA (CIV11003637): 32
ALTERNATIVA AASHTO (CIV11003637): 34

8 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO 39

9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR 41

7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES 43

* CONCRETO HIDRÁULICO 43

* MATERIALES GRANULARES: 43

* MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE 43

8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES 44

9 ANÁLISIS DE RIESGOS 49

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 51

11 PROCESO CONSTRUCTIVO 54

12 FUENTES DE CONSULTA 56

## LISTADO DE TABLAS

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO ..... 9
TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE ..... 13

TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA 13
TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA ..... 14
TABLA 3-4 INDICE DE SEVICIABILIDAD ..... 15
TABLA 3-5 VALORES DE Cd RECOMENDADOS ..... 15
TABLA 3-6 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 16
TABLA 4-1CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANALISIS ..... 17
TABLA 4-2 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUÍA – GRUPO DE DISEÑO 2 ..... 18
TABLA 4-3 NUMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V3 – GRUPO 1 - GUÍA BAJOS VOLÚMENES IDU ..... 19
TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR ..... 20
TABLA 5-1 TRÁNSITO DE DISEÑO ..... 22
TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142 ..... 22
TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO ..... 23
TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS ..... 23
TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS NO. 1 ..... 24
TABLA 5-6 TRANSITO BAJO ANÁLISIS No. 2 ..... 25
TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 27
TABLA 6-2 VALORES DE Cd RECOMENDADOS ..... 29
TABLA 6-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 30
Tabla 6-4 Análisis de CBR (%) ..... 31
TABLA 6-5 MODULO RESILIENTE ..... 31
Tabla 6-7 Valores de K conjunto a partir del capas granulares ..... 33
TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA ..... 33
TABLA 6-9 ALTERNATIVA AASHTO ..... 34
TABLA 6-10 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 35
TABLA 6-11 PASADORES SEGÚN PCA ..... 37
TABLA 6-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA ..... 37
TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA ..... 38
TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR ..... 39
TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR ..... 39
TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 41
TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES ..... 42
TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES ..... 44
TABLA 8-2 ZODMES ..... 48
TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO ..... 49
TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 51
TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11003637) ..... 51
TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 52
TABLA 10-4 CALENDARIO DE ACTUACIONES POR AÑO ..... ¡Error! Marcador no definido.

## LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO ..... 9
FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TÉRMINOS DE PSI ..... 12
FIGURA 4-1 UBICACIÓN DE SEGMENTO DE ACUERDO AL CORREDOR ..... 18
FIGURA 4-2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11003637 ..... 19
FIGURA 4-3 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO ..... 20

## LISTADO DE ANEXOS

**ANEXO 1.** INFORME PREVIO - contrato FDLS-345-2018 – "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA.

**ANEXO 2.** PLAN DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS.

**ANEXO 3.** MEMORIAS DE CALCULO.

## INTRODUCCIÓN

Se elabora un estudio para la EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE segmento vial CIV 11003637 en la localidad de Suba – Bogotá D.C

Con el fin de obtener un diagnóstico del corredor, se tiene en cuenta estudios previos en el sector en donde se ejecutó el estudio geotécnico mediante la ejecución de apiques asociado a la evaluación del tránsito, en términos de ejes equivalentes de 80kN.

A partir de la evaluación geotécnica del tramo objeto de estudio realizado por el Consorcio Gevial en el año 2020 bajo el contrato ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL LOCAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA - FDLS-345-2018, se plantean las intervenciones a nivel de pavimentos para los segmentos viales en la localidad de Suba de la ciudad de Bogotá D.C., tomando en consideración las variables que se establecen en la metodología del anexo técnico, caracterizando el perfil estratigráfico por medio de la ejecución de apiques, las cuales son insumo para el diseño de pavimentos, tales como: CBR de la subrasante y el tránsito de diseño evaluado a un periodo de diseño a 10 años. Además de los parámetros implícitos en la metodología de diseño de pavimentos a emplear AASHTO/93.

# 1. OBJETIVOS Y ALCANCE

## 1.1. OBJETIVOS GENERALES

Plantear una propuesta integral de intervención de Pavimento para el segmento vial CIV 11003637 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

## 1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 – "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, la evaluación geotécnica de las capas que componen la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio.

A partir el uso de herramientas computacionales modelar las estructuras propuestas mediante la metodología AASHTO/93 y con el programa UNALOSA, conocer los esfuerzos y deformaciones actuantes en las estructuras diseñadas.

Plantear recomendaciones generales en cuanto a la conformación de una adecuada plataforma de trabajo, con el fin de garantizar el correcto desempeño de la estructura de pavimento propuesta.

Evaluar estrategias de mantenimiento para garantizar un adecuado comportamiento estructural del pavimento en servicio.

## 1.3. ALCANCE

Por medio del actual informe técnico es presentado el diseño de pavimentos, para el segmento vial CIV 11003637 sobre la Carrera 150D entre la Calle 134 y La Calle 134A, de la localidad de Suba en la ciudad de Bogotá D.C.

Los capítulos que se incluyen en el presente informe son:

2. Descripción de la Metodología.
3. Metodología de estudio.
4. Trabajos de Campo.
   - ✓ Evaluación geotécnica del tramo de estudio.
5. Estudio de Tránsito.
6. Diseño de la Estructura de Pavimentos.
7. Secciones Transversales.

8. Caracterización de materiales.
9. Conclusiones y Recomendaciones.

Se plantearán las intervenciones necesarias a nivel de pavimento.

# 2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

El presente informe se desarrolla como parte de la ejecución del contrato cuyo objeto corresponde al DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE EL SEGMENTO VIAL CIV 11003637 – LOCALIDAD DE SUBA – BOGOTÁ D.C.

## 2.1. LOCALIZACIÓN

El segmento vial CIV 11003637 de la localidad de Suba se encuentra en Bogotá D.C. A continuación, se presenta la localización del sitio objeto de estudio:

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO



FUENTE. GOOGLE.COM

A continuación, se presentan los segmentos a intervenir:

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO

| CIV | Ubicación |
|---|---|
| 11003637 | Carrera 150D entre la calle 134 y calle 134a |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

## 2.2. CLIMA

Bogotá D.C. tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C. son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)1.

| | | |
|---|---|---|
| Temperatura promedio | = | 20 °C |
| Precipitación media anual | = | 1256 mm/año |

### 2.2.1. CLIMA SUBA

El clima en Suba, Bogotá, se caracteriza por ser fresco y variable, con temperaturas que oscilan entre los 10°C y 20°C, y con alta probabilidad de lluvia, especialmente en las tardes. La localidad también experimenta días nublados y con variaciones en la intensidad del viento. 2.

- **Temperatura:**

Generalmente se mantiene entre 10°C y 20°C, con sensaciones térmicas que pueden ser más bajas por la humedad y el viento.

- **Lluvias:**

Es común la presencia de lluvia, especialmente por las tardes, y puede haber días con alta nubosidad.

- **Viento:**

El viento suele ser variable, con velocidades que pueden alcanzar hasta 13 km/h, y puede provenir del suroeste o el este.

- **Humedad:**

La humedad puede ser alta, especialmente en días de lluvia, lo que puede afectar la sensación térmica.

- **Calidad del aire:**

La calidad del aire en Suba suele ser buena, pero puede haber variaciones.

[1] ESTACION IDEAM 21205022 - UNIVERSIDAD NACIONAL
[2] Página AccuWeather

## 2.2.2. CLASIFICACIÓN DEL CLIMÁTICA

Teniendo en cuenta el manual de diseño de pavimentos asfálticos del INVIAS, se considera que la zona de diseño se encuentra en una región R2 – Región templado semihúmedo; como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 2-2 REGIONES CLIMÁTICAS SEGÚN LA TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN

| Símbolo | Región | Temperatura media anual (°C) | Precipitación media anual (mm) |
|---|---|---|---|
| R1 | Muy seco y frío semihúmedo | < 13 | < 2.000 |
| R2 | Templado seco y templado semihúmedo | 13-23 | < 2.000 |
| R3 | Cálido seco y cálido semihúmedo | > 23 | < 2.000 |
| R4 | Templado húmedo | 13-23 | 2.000-4.000 |
| R5 | Cálido húmedo | > 23 | 2.000-4.000 |
| R6 | Cálido muy húmedo | > 23 | > 4.000 |

FUENTE. MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS DEL INVIAS.

Partiendo de esta región, el manual de diseño recomienda las condiciones de humedad para el ensayo de CBR, parámetro fundamental de diseño. En este caso, la tabla 3 del manual recomienda que el ensayo se realice en una condición sumergido, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 2-3 PRECIPITACIÓN Y CONDICIONES DE HUMEDAD PARA EL ENSAYO

| Año | REGIÓN | TEMPERATURA (Media anual °C) | PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm) | CONDICIONES DE HUMEDAD PARA EL ENSAYO |
|---|---|---|---|---|
| R1 | Muy seco | < 13 | < 2000 | Inmediata (Se ensaya en estado natural) o Sumergido (Se ensaya después de 4 días de inmersión) |
| | Frío | | | |
| R2 | Templado seco | 13 - 23 | < 2000 | Sumergido (Se ensaya después de 4 días de inmersión) |
| | Templado semihúmedo | 13 - 23 | 2000 - 4000 | Sumergido |
| R3 | Cálido seco | > 23 | < 2000 | Inmediata (Se ensaya en estado natural) o Sumergido (Se ensaya después de 4 días de inmersión) |
| | Cálido semihúmedo | 23 - 28 | 1000 - 2000 | Sumergido |
| R4 | Templado húmedo | 13 - 23 | 2000 - 4000 | Sumergido |
| R5 | Cálido húmedo | 23 - 28 | 2000 - 4000 | Sumergido |
| R6 | Cálido muy húmedo | > 23 | > 4000 | Sumergido |

FUENTE. MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS DEL INVIAS.

# 3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

## 3.1. PCA

La metodología relacionada a continuación corresponde al tramo vial objeto de estudio, resaltando como objetivo principal la definición de las estrategias de intervención a nivel de pavimento

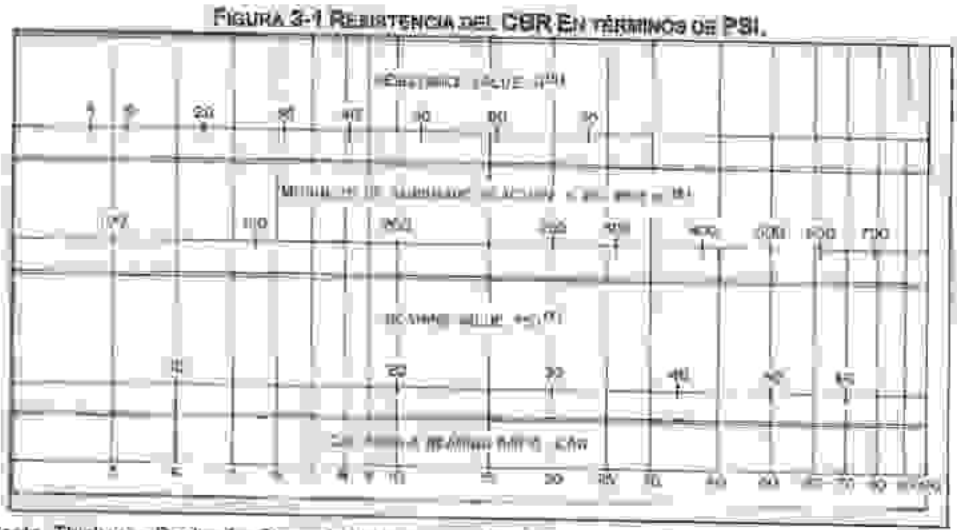
En general se considera que la intervención característica a realizar será la de diseño de la estructura del pavimento.

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Período de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.

FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TÉRMINOS DE PSI.



Fuente. Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984

TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE

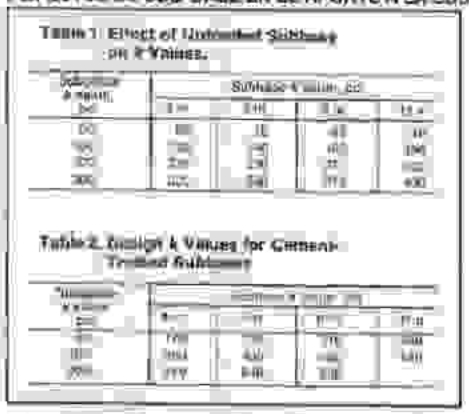


Table 1. Effect of Untreated Subbase on k Values.

| Subbase k value, pci | Subgrade k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 3 m | 240 | 3.4 | 13.4 |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

Table 2. Design k Values for Cement-Treated Subbases.

| Subgrade k value, pci | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

## 3.2. AASHTO

A continuación, se describe las variables que se consideran en el método AASHTO.

### 3.2.1. SUBRASANTE

Caracterizada a través del módulo de reacción de la subrasante K (en psi). Si la losa se apoya directamente sobre la subrasante, el K que se utiliza en el diseño es equal que se obtenga de la subrasante. Sin embargo, cuando la losa se apoya sobre una capa granular de subbase o base o sobre un material estabilizado con cementante hidráulico, el K de manera obvia incrementa.

TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA

| K subrasante | | Valores de K | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Capa granular no tratada | | | | | | | |
| | | 10 cm | | 15 cm | | 22.5 cm | | 30 cm | |
| MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci |
| 20 | 73 | 23 | 85 | 30 | 110 | 32 | 117 | 38 | 140 |
| 40 | 150 | 40 | 155 | 50 | 185 | 57 | 210 | 68 | 245 |
| 60 | 220 | 54 | 200 | 68 | 245 | 76 | 280 | 90 | 330 |
| 80 | 295 | 67 | 320 | 86 | 330 | 100 | 370 | 117 | 430 |
| K subrasante | | Capa estabilizada con cementante hidráulico | | | | | | | |
| MPa/m | pci | 10 cm | | 15 cm | | 20 cm | | 25 cm | |
| 20 | 73 | 80 | 220 | 80 | 300 | 105 | 400 | 115 | 500 |
| 40 | 147 | 100 | 370 | 130 | 500 | 185 | 680 | 230 | 850 |
| 60 | 220 | 140 | 520 | 190 | 700 | 245 | 900 | | |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.2. TRANSITO

Esta variable es difícil de establecer y caracterizar ya que los vehículos que circulan por una vía presentan diferentes magnitudes, configuraciones de ejes, presiones de inflado, velocidad de circulación y número de llantas. Por lo general se caracteriza a través del número de ejes equivalentes de 8.2 o 13 toneladas que circulan en el carril y el periodo de diseño (N) 3. De igual forma, se precisa que los cálculos y los desarrollos se sustentan en número de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas.

### 3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA

Los parámetros mecánicos con los cuales se caracteriza la losa de concreto son el módulo elástico Ec y el de rotura MR en psi, medidos a los 28 días.

### 3.2.4. SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Índice de serviciabilidad (ΔPSI=Po -Pf). Valores recomendados para determinar el valor de Pf para pavimento rígido se presentan en la tabla

TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA

| Tipo de Carretera | Periodo de Diseño (Años) |
|---|---|
| Urbana de tránsito elevado | 30 – 50 |
| Interurbana de tránsito elevado | 20 – 50 |
| Pavimentada de baja intensidad de tránsito | 15 – 25 |
| De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava | 10 – 20 |

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Inicialmente esta condición se cuantificó a través de la opinión de los conductores, cuyas respuestas se tabulaban en la escala de 5 a 1:

Pavimentos materiales, Hugo Rondon



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. - Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

325

TABLA 3-4 ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD

| Índice de Serviciabilidad (*PSI*) | Calificación |
|---|---|
| 5 – 4 | Muy bueno |
| 4 – 3 | Bueno |
| 3 – 2 | Regular |
| 2 – 1 | Malo |
| 1 – 0 | Muy malo |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final. El índice de servicio inicial po depende del diseño y de la calidad de la construcción. En los pavimentos flexibles estudiados por la AASHTO, el pavimento nuevo alcanzó un valor medio de po = 4,2.

### 3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

TABLA 3-5 VALORES DE CD RECOMENDADOS

| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 – 5% | 5 – 25% | Más de 25% |
| Excelente | 1.25 – 1.20 | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 |
| Muy malo | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 – 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.7. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla.

TABLA 3-5 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R (%) | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Colectoras | 80.0 – 95.0 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R (%) | 50 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 96 | 99 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zr | 0.000 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -1.751 | -2.327 |

| Proyecto de pavimento | S |
|---|---|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J):

Es un parámetro adimensional que tiene en cuenta la capacidad que tienen los pasadores en una estructura de pavimento rígido de transferir o distribuir cargas en la zona más propensa a fallar (juntas). Este parámetro adicionalmente tiene en cuenta el efecto que genera sobre las juntas y sobre la transferencia de carga el confinamiento lateral de la losa.

Para juntas con pasadores, el valor recomendado de J es 2.7 y 3.2, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente. Para juntas sin pasadores, los valores de J pueden llegar a aumentar hasta 4.2 y 4.4, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente.

El espesor de la losa de concreto (D, en pulgadas) que compone la estructura del pavimento rígido se determina a través de la ecuación:



# 4. ESTUDIOS PREVIOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta la evaluación geotécnica de la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio. A continuación, se presenta lo relacionado.

## 4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA

La subrasante del corredor, está conformado por arena limosa SM.

Las arcillas de baja plasticidad CL se evidencian como materiales plásticos, con porcentaje de pasa 200% de 18.9% y porcentaje de arena de 37.9%. El CBR de este material en condiciones de inmersión es de 0.60% sin potencial expansivo.

Como es común en los suelos de esta localidad es necesario la estabilización y/o mejoramiento del mismo. esto, con el fin de tener una capacidad de soporte adecuada para la estructura del pavimento y el tránsito proyectado, dado que el **CBR promedio y de diseño es 15.0%**; es decir, se evidencia un material de una capacidad baja. Las propiedades anteriormente descritas se pueden evidenciar en la siguiente tabla:

TABLA 4-1CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANÁLISIS

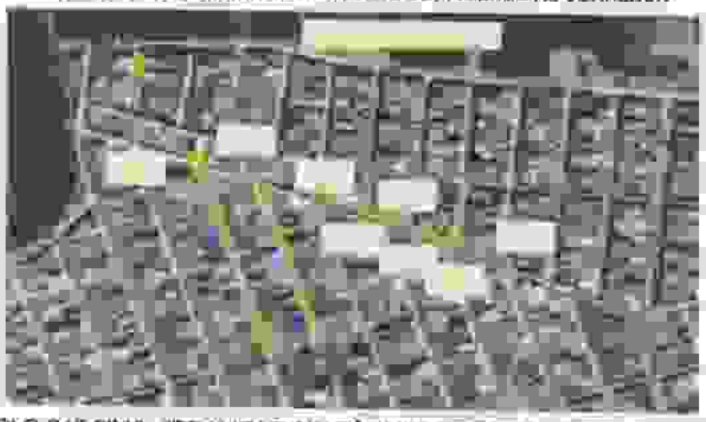


FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA

## 4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO

Los corredores de diseño 3 se encuentran conformados cada uno por dos segmentos viales. Por su parte, el corredor 3 se compone de cinco (5) segmentos viales, mientras que los corredores 4, 5, 6 y 7 por tres (3) CIVs respectivamente y, finalmente el corredor 8 por cuatro (4) segmentos, según se muestra a continuación:

FIGURA 4-1 UBICACIÓN DE SEGMENTO DE ACUERDO AL CORREDOR



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

**Grupo 3:** Localizado en la Carrera 150D entre la Calle 134 y Calle 134A y se encuentra conformado por el segmento vial 11003637

## 4.3. TRANSITO

Del informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 3, el cual en su gran mayoría son vías peatonales (V9) es menor, en términos de ejes equivalentes de 8.2 T, al mínimo indicado por la Guía de diseño pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías Locales para Bogotá D.C. por lo tanto se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 615.000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 4-2 NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUIA – GRUPO DE DISEÑO 2

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO

Del informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 3:

TABLA 4-3 NÚMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V9 – GRUPO 1 - GUÍA BAJOS VOLÚMENES IDU

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor:

FIGURA 4-2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11003637




FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor:

TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 – "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.5. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO CONTRÁCTILES

Si bien en los capítulos anteriores se presentaron las zonas en las cuales se detectó la presencia de suelos con susceptibilidad contracto expansiva, es necesario que durante la etapa de construcción de las obras se evalúe de forma constante y permanente la calidad y tipología de los suelos de Subrasante con el objetivo de detectar zonas adicionales con presencia de suelos expansivos, ya que de darse esta situación deberá darse, también, el tratamiento que se indica en el presente capítulo.

- Construir la estructura de pavimento definida en los estudios, contemplando el material de mejoramiento correspondiente.

FIGURA 4-3 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 – "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.6. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" se presentan las siguientes conclusiones:

- La gran mayoría de las vías de este grupo de diseño son vías V8 las cuales son peatonales, lo que implica un diseño tendiente a pavimento articulado por el menor costo

que esta alternativa representa. Por su parte, en las vías vehiculares se propone una estructura de pavimento flexible convencional.

- Se llevaron a cabo apiques o calicatas en cada CIV de diseño de donde se obtiene el perfil estratigráfico y se tomaron muestras para la caracterización principalmente de los suelos de subrasante. Los ensayos que se realizaron corresponden a humedad natural, gradación, límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico), eventualmente ensayos de límites de contracción y CBR´s inalterado de la subrasante.

- De acuerdo con los resultados de la información geotécnica, apiques y ensayos de laboratorio, los suelos de subrasante son muy pobres y de muy baja capacidad de soporte y además en algunos casos los suelos han presentado características expanso contráctil dado por la expansión en ensayos de CBR y límites de contracción.

- Existe una perfecta correlación entre la Geología Regional del sector específico de Suba y las condiciones de subrasante obtenidas de la caracterización de la subrasante.

- El dimensionamiento de las estructuras de pavimento corresponde al diseño con el CBR en condiciones saturadas que a pesar de que es la condición más crítica, esta situación se evidencia por la cercanía al río Bogotá.

- Se plantean dos (2) alternativas de diseño enfocadas en el tipo de estabilización de la subrasante, pero sin cambiar la tipología de las estructuras, lo que se da en beneficio directo del proyecto.

- El dimensionamiento de las estructuras de pavimento se llevó a cabo bajo la metodología de la Guía de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C., para el caso de vías en pavimento articulado y la metodología AASHTO-93 para el dimensionamiento de las estructuras en pavimento flexible.

## 5. ESTUDIO DE TRANSITO

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta el tránsito para el segmento vial CIV 11003637"

Del informe de "Estudio de Tránsito V2" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 2, se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 615.000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 5-1 TRANSITO DE DISEÑO

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

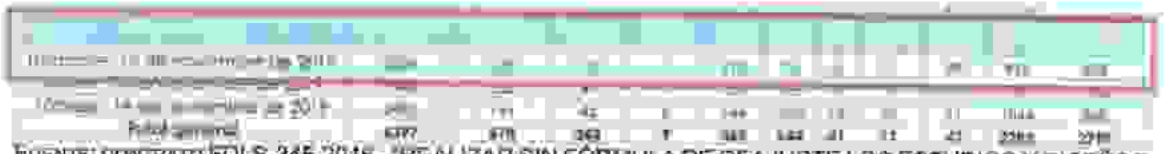
FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

### Análisis 1:

De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un conteo que se relaciona con la estación No. 2, ubicada en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 142 hasta la Calle 139 y se reportaron los siguientes resultados:

TABLA 5-2 VOLUMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142





FUENTE: CONTRATO FDL-S-345-2015 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

Teniendo en cuenta que el tránsito de estudio previos obedece a 650.000 ejes equivalentes de 8.2, se presenta la siguiente equivalencia para estimar el tránsito en repeticiones esperadas por tipo de vehículo, es necesario aplicar factores de equivalencia de carga (FEC) específicos para cada vehículo. Estos factores reflejan el daño relativo que cada tipo de vehículo genera al pavimento en comparación con un eje estándar de 8.2 toneladas. A continuación, se presenta la siguiente estimación de composición vehicular

TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO

| | |
|---|---|
| Autos | 0 |
| Microbuses | 0.4 |
| busetas | 0.4 |
| Bus Interurbanos | 1.0 |
| C2P | 1.14 |
| C2G | 3.44 |
| C3-C4 | 3.76 |
| C5 | 4.1 |
| >C5 | 4.72 |

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO COLOMBIA.

Teniendo en cuenta la tabla anterior, se utilizan los FEC por cada vehículo y se obtienen los siguientes resultados:

TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS

| Tipo | Cantidad | FEC estimado | Repeticiones equivalentes |
|---|---|---|---|
| Automóvil | 2026 | 0 | 0 |
| Microbús | 235 | 0,4 | 94 |
| Buseta | 110 | 0,4 | 44 |
| Bus inter | 2 | 1 | 2 |
| C2P | 215 | 1,14 | 245,1 |
| C2G | 151 | 3,44 | 519,44 |
| C3 | 5 | 3,76 | 18,8 |
| C3-S2 | 0 | 3,76 | 0 |
| C3-S3 | 29 | 3,76 | 109,04 |
| Moto | 943 | 0 | 0 |
| Bicicleta | 882 | 0 | 0 |

| Tipo | Cantidad | FEC estimado | Repeticiones equivalentes |
|---|---|---|---|
| Total Repeticiones Día | | | 1032,38 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Con una proyección de periodo de diseño se tiene para 20 años, crecimiento del tráfico anual del 3%, y 365 días al año.

Se usa esta fórmula para estimar las repeticiones acumuladas:

$$N = EJE_{equiv} \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

N=10.125.259 repeticiones equivalentes de 8.2 toneladas.

El valor estimado de repeticiones acumuladas a 20 años se derivó del aforo vehicular realizado el miercoles 19 de noviembre de 2019 en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 139, correspondiente a la estación No. 2 del estudio de tránsito. Para el diseño de la estructura de pavimento del segmento CIV 11003637, y con el fin de evitar una sobredimensión innecesaria, se adopta un enfoque de diseño conservador pero seguro, basado en datos reales. En consecuencia, se considera únicamente el 8% del volumen total registrado en dicho aforo, dado que los datos corresponden a una intersección con un flujo vehicular elevado en comparación con el tramo objeto de análisis. Esta proporción se justifica por la necesidad de ajustar el diseño a condiciones operativas más representativas del segmento vial intervenido, manteniendo al mismo tiempo un margen de seguridad estructural.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se presenta la siguiente tabla resumen con las repeticiones estimadas:

TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS No. 1

| Peso (toneladas) | Repeticiones |
|---|---|
| 8.2 | 810.020 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

## Análisis 2:

De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un tránsito 650.000 ejes equivalentes de 8.2 para la estimación que se hizo en el informe del año 2019. A continuación, se presenta el análisis a considerar.

TABLA 5-6 TRANSITO BAJO ANÁLISIS No. 2

| Tasa de crecimiento: 3% | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Año 2019 | Año 2020 | Año 2021 | Año 2022 | Año 2023 | Año 2024 | Año 2025 |
| 650000 | 669500 | 689585 | 710273 | 731581 | 753528 | 776134 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La tabla presentada se construyó a partir de las estimaciones de tránsito reportadas en los estudios previos del componente de tránsito correspondientes al año 2019. No obstante, considerando que el año base para el análisis es 2025, se realizó una proyección del volumen de tránsito aplicando una tasa de crecimiento anual del 3% (informe de tránsito de: FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA). Esta proyección tiene como objetivo establecer un criterio de diseño bajo condiciones conservadoras y seguras, sin incurrir en una sobredimensión innecesaria de la estructura del pavimento.

Finalmente, es importante resaltar que el presente análisis se basa en los estudios previos desarrollados en el marco del contrato No. 345-2018, específicamente en la información contenida en el estudio de tránsito elaborado en dicha consultoría. Con fundamento en estos antecedentes y considerando los datos de volúmenes vehiculares y composición del tráfico reportados, se proyecta un valor de tránsito acumulado de **776.134 vehículos equivalentes** para el horizonte de diseño. Este valor constituye la base para el dimensionamiento estructural, en concordancia con los lineamientos técnicos establecidos en las metodologías de diseño vial vigente.

# 6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

En el desarrollo del presente estudio se diseñará la alternativa de diseño:

- Pavimento rígido mediante el método de la Portland Cement Association PCA 84.
- Pavimento rígido mediante el método AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

## 6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO

Al presentar una propuesta de diseño del pavimento, es necesario considerar tres variables fundamentales, como lo son: la exploración geotécnica (determinar las características del perfil estratigráfico existente), la evaluación estructural del pavimento (evaluación del deterioro superficial), diseño geométrico (rasante) y las cargas de tránsito proyectadas en el periodo de intervención.

Como fue indicado en el Alcance del documento, este informe busca definir la propuesta de intervención a nivel de pavimento para el CIV11003637

- **MATERIALES**

Los materiales deberán cumplir con las especificaciones IDU-18, resolución 010810 del 27 de diciembre de 2019 de la siguiente manera:

- Capas de concreto hidráulico IDU-800-18.
- Capas de material granular. IDU-500-18.
- Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales. IDU-410-18

### 6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN:

**Alternativa**

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 15 cm de espesor (MR: 4.1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

(*) Tener presente que en la actual etapa **NO** se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos.

TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Tramo de Estudio | Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) |
|---|---|---|
| CIV11003637 | Rígido | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón en un espesor 38 cm. Incluye sello de 10 cm de material granular |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **CLIMA Y TEMPERATURA**

Bogotá D.C tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C, son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)4.

Temperatura promedio = 20 °C
Precipitación media anual = 1258 mm/año

### 6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO

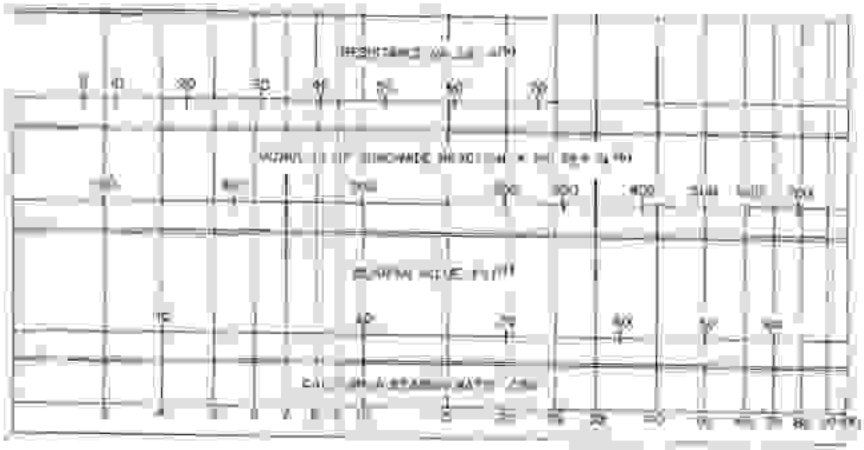
Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga. 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga

ESTACIÓN IDEAM 2120622- UNIVERSIDAD NACIONAL

- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.



Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

**Table 1. Effect of Untreated Subbase on k Values**

| Subgrade k value (pci) | Subbase k Value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in | 6 in | 8 in | 12 in |
| 50 | 65 | 75 | 85 | 110 |
| 100 | 130 | 140 | 160 | 190 |
| 200 | 220 | 230 | 270 | 320 |
| 300 | 320 | 330 | 370 | 440 |

**Table 2. Design k Values for Cement-Treated Subbases**

| Subgrade k value (pci) | Subbase k Value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in | 6 in | 8 in | 12 in |
| 100 | 170 | 230 | 310 | 380 |
| 200 | 280 | 400 | 520 | 640 |
| 300 | 370 | 540 | 690 | |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

### 6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO

Para el diseño del pavimento rígido se mediante el método AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Periodo de diseño: **20 años.**

### 6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad: 4.2 – 2.0.

### 6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd: 0.90 – Regular., para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las caracteristicas del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

TABLA 6-2 VALORES DE Cd RECOMENDADOS

| Calidad del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 - 5% | 5 - 25% | Más de 25% |
| Excelente | 1.25 - 1.20 | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 |
| Buena | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 |
| Muy pobre | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 - 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 6.1.3. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla:

TABLA 8-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R (%) | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Colectoras | 80.0 – 95.0 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R (%) | 50 | 60 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 99.9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Z | 0.000 | -0.253 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.340 | -1.405 | -1.476 | -1.555 | -1.645 | -1.751 | -1.881 | -2.054 | -2.327 | -3.090 |

| Proyecto de pavimento | S |
|---|---|
| | Flexible 0.40 – 0.50 | Rígido 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO. Guide for Design of Pavement Structures 1993

Valor So: 0.35
Modulo de elasticidad concreto: 4.226.820 psi.
$f'_c$ = 5500 psi.

$$E = 57{,}000 \cdot \sqrt{f'_c}$$

E = módulo de elasticidad en psi
$f'_c$ = resistencia a compresión del concreto en psi

Módulo de rotura concreto: 4.1 MPa = 594 PSI
Coeficiente de transferencia de carga (J): 2.7 para juntas con pasadores.

### 8.1.2 MÓDULO RESILIENTE

De acuerdo con Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" efectuada en el tramo objeto de estudio, el módulo Resiliente- MR, corresponderá a los valores de resistencia de la subrasante obtenidos en los ensayos de CBR en inmersión, los cuales fueron registrados en el capítulo de Estudios previos.

El valor de **CBR promedio y de diseño es 15.0%**

TABLA 6-4 ANALISIS DE CBR (%)

| CBR DE DISEÑO |
|---|
| 15.0 |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con lo anterior, el módulo se correlaciona con el valor promedio de los valores de CBR de laboratorio en inmersión (Capítulo de Estudios Previos), teniendo en cuenta la ecuación-14, para CBR<10%, de la Guía para diseño de estructuras de pavimento de AASHTO/1993.

$$M_R = 1500 * CBR, \text{ (psi) (14)}$$

Si CBR<10%

TABLA 6-5 MODULO RESILIENTE

| Tramo de Estudio | CBR diseño (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|
| CIV 11003637 | 15.0 | 22500 | 155.13 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, se requiere realizar un mejoramiento de la subrasante, para lo cual se propone la realización de un mejoramiento con material tipo rajón (IDU No. ET-410-18), al que se le establecen las siguientes características.

- Espesor de mejoramiento mínimo: 0 cm

### 6.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO

Es este capítulo se presentan las estructuras de pavimento definidas para las vías del proyecto y el espacio público. Se incluyen las estructuras de pavimentos y los espesores de sus capas. En el Anexo se presentan las memorias de cálculo del diseño.

- Pavimento rígido con losas de concreto apoyadas sobre sub-base granular.

Para el diseño del pavimento rígido se empleará la metodología PCA 84 y se realizará la realizará la verificación de esfuerzos y deformaciones con el software EverFe

## PARÁMETROS DE DISEÑO

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Período de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU MR41
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

## MÓDULO DE REACCIÓN k DE LA SUPERFICIE DE LA SUBRASANTE

El valor de k se puede determinar mediante la siguiente correlación con el CBR:

$$k_{[psi/in^3]} = 6.23 + 5.15 \log CBR$$

$$k_{[kg/cm^3]} = 26.05\, k_{[psi/in^3]} \quad (14)$$

k= 227.36 lb/pulg3

El valor mostrado anteriormente se obtiene a partir del CBR mostrado anteriormente correspondiente a 15.0%, teniendo en cuenta el valor de mejoramiento con rajón en un espesor de 0 cm, con sello de 10 cm de material granular.

**ALTERNATIVA PCA (CIV11003637):**

La sub-base se recomienda para prevenir el fenómeno de bombeo, y su presencia aumenta la capacidad de soporte de pavimento optimizando el espesor de la losa de concreto. A continuación, se presenta el incremento que se puede obtener mediante la instalación de 15 cm de sub-base:

TABLA 6-6 VALORES DE K CONJUNTO A PARTIR DEL CAPAS GRANULARES

| Valor de K para | Valor de K para sub base granular | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| sub grados | 100 mm | | 150 mm | | 225 mm | | 300 mm | | |
| Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 |
| 20 | 73 | 28 | 85 | 30 | 96 | 32 | 111 | 40 | 140 |
| 40 | 147 | 45 | 163 | 49 | 180 | 57 | 210 | 65 | 245 |
| 60 | 220 | 64 | 236 | 68 | 248 | 78 | 286 | 99 | 338 |
| 80 | 293 | 87 | 320 | 93 | 340 | 100 | 370 | 117 | 430 |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

De acuerdo con el valor de k obtenido a partir de un CBR de 15%, ingresamos con el valor de 227.36 lb/pulg3 (62.23 Mpa/m) para obtener el valor de k conjunto de = 70.5 MPa/m (257 lb/pulg3) mediante la aplicación de una capa de sub granular de 15 cm.

Teniendo en cuenta lo citado anteriormente y a partir de la utilización del software computacional BS-PCA se obtiene un espesor de losa de 15 cm, tal como se muestra a continuación.

TABLA 6-7 ALTERNATIVA PCA



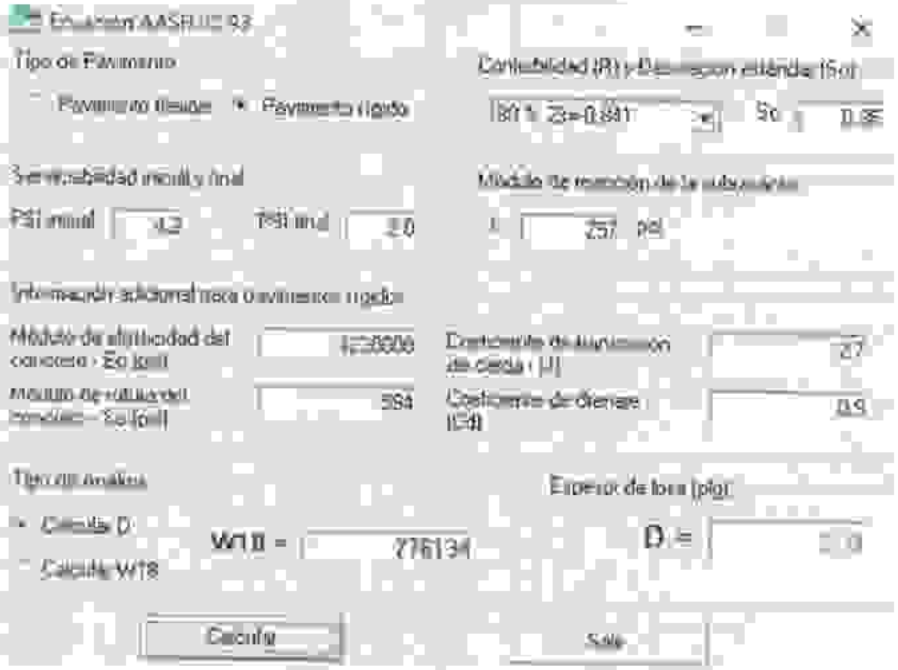

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En el anexo se encuentra la memoria de cálculo.

## ALTERNATIVA AASHTO (CIV11003637):

La alternativa para la metodología AASHTO, presenta el siguiente resultado:

TABLA 5-8 ALTERNATIVA AASHTO




FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Teniendo en cuenta la metodología AASHTO, el espesor de la losa es de 15 cm.

**Calidad del concreto**

La resistencia a la flexión se expresa en su Módulo de Rotura. Para el presente diseño, se propone un módulo de rotura de 4,1 MPa.

**Transferencia de Carga**

Se considera el diseño con pasadores.

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 15 cm de espesor (MR: 4,1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con lo anterior, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado:



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

TABLA 6-8 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura (*) | |
|---|---|---|---|
| Rígida | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo nylon ET 410-18 de forma puntual en un espesor de 0 cm. Se recomienda sello de 0 cm con material tipo sub-base granular. | Descripción | Espesor (cm) |
| | | Concreto Hidráulico | 15 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con nylon | 0 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

(*) Generalmente, la metodología PCA tiende a arrojar un espesor de losa mayor que la metodología AASHTO. Esto se debe a que PCA evalúa directamente los esfuerzos que actúan sobre la losa (tracción, flexión y tensiones térmicas), considerando condiciones críticas como carga en el borde, expansión térmica, fricción entre losas y gradientes de temperatura, lo cual conduce a diseños más conservadores en ciertos contextos, especialmente en aplicaciones industriales o con alta variabilidad térmica.
En cambio, AASHTO se basa en modelos empíricos ajustados a condiciones de prueba específicas (AASHO Road Test) por lo cual sus resultados pueden ser menos conservadores, especialmente fuera de los rangos para los cuales se calibró la ecuación.

**Modulación de losas:**

El concreto hidráulico como superficie de rodadura, se encuentra sujeto a diferentes esfuerzos, entre los cuales se encuentran: cargas de tránsito, contracción y expansión del concreto (el concreto al endurecer ocupa menos volumen que cuando está fresco) y diferencias de temperatura o humedad entre la fibra superior y la inferior, entre otras. Con el fin de contrarrestar estos esfuerzos, no es suficiente el proporcionar un espesor adecuado, sino proyectar juntas longitudinales y transversales que impiden un fisuramiento temprano del concreto, estas juntas deben estar diseñadas técnicamente, mediante el empleo de los siguientes criterios:

***Espaciamiento de Juntas***

- ✓ La separación de las juntas transversales se encuentra en función del espesor del pavimento, mediante la relación:

$$S = (21 \text{ a } 24)\, d$$

*Ecuación 1*

Donde,
S = Separación de la junta
d = espesor del pavimento

21 = Para valores máximos de fricción entre la base y el pavimento.
24 = Para valores normales de fricción entre la base y el pavimento.

*Para el espesor del CIV11003637 de 150 mm la separación máxima entre juntas transversales es de: 2.60m.*

La relación entre el largo y el ancho de la losa debe encontrarse entre un intervalo de 1 y 1,25.

$$1,0<largo/ancho<1,25$$

En función del espesor de la losa, la longitud de la losa debe ser máximo 25 veces el valor del espesor.

$$L \leq 25\ H$$
$$L_{20} \leq 5,0$$
$$L_{30} \leq 7,5$$

Donde
L: Longitud de la Losa
H: Espesor de la Losa (m)

Teniendo en cuenta que el segmento vial tiene un ancho aproximado de 5.2 (2.60 por losa) metros la relación de esbeltez, igual a 1,0 la longitud es de 2.60, para losas de espesores de 15 cm. Sin embargo, es importante aclarar que la longitud y ancho de la losa están en función de la geometría de la vía, considerando los criterios antes citados en términos de esbeltez.

**Transferencia Mecánica de Carga**

Aunque es preciso reconocer que los agregados ofrecen mediante su trabazón un grado de transferencia de carga; debido al tráfico de la vía en estudio es necesario implementar una transferencia de carga mecánica mediante la disposición de dovelas (barras de acero lisas insertadas en las juntas) que buscan transferir cargas sin restringir el movimiento horizontal.

Pasadores: Considerando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para una losa cuyos espesores de 15 cm se requiere el empleo de pasadores lisos, constituidos por Barras de 3/4" de diámetro, de 35 cm de longitud y separación entre centros de 30 cm.

TABLA 5-10 PASADORES SEGÚN PCA

| ESPESOR DE LOSA (pulg) | DIAMETRO DEL PASADOR (pulg) | LONGITUD (pulg) | ESPACIAMIENTO (pulg) |
|---|---|---|---|
| 5 | 5/8 | 12 | 12 centro a centro |
| 6 | 3/4 | 14 | |
| 7 | 7/8 | 14 | |
| 8 | 1 | 16 | |
| 9 | 1 1/8 | 18 | |
| 10 | 1 1/4 | 18 | |
| 11 | 1 3/8 | 18 | |
| 12 | 1 1/2 | 20 | |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Barras de anclaje: Tomando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA para un ancho de carril de 2.60 m y un espesor de losa de 15cm, en las juntas longitudinales se emplearán barras corrugadas de ½" pulgada de diámetro, de fy = 280.0 MPa, con una longitud de 0,60 m y una separación entre las mismas de 0.60 m

TABLA 5-11 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA

| Espesor losa (mm) | Varillas de ½" | |
|---|---|---|
| | Long (mm) | Separación entre centros (m) |
| | | Carril 2.60 m |
| 150 | 600 | 0.60 |
| 175 | | 0.60 |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Es fundamental asegurar la correcta alineación y nivelación de pasadores y dovelas para garantizar una transferencia de carga eficiente y evitar concentraciones de esfuerzo.

Durante la construcción, se debe verificar la correcta colocación y fijación de los pasadores y dovelas antes del vertido del concreto.

**Esfuerzo y deformación:**

**Parámetros iniciales:**

**Espesor de la losa (h):** 15 cm.
**Módulo de ruptura del concreto (MR):** 4.1 MPa.
**Módulo de elasticidad del concreto (E):** 31,000 MPa.
**Relación de Poisson (v):** 0.15.
**Módulo de reacción de la subrasante (k):** 33 MPa/m.



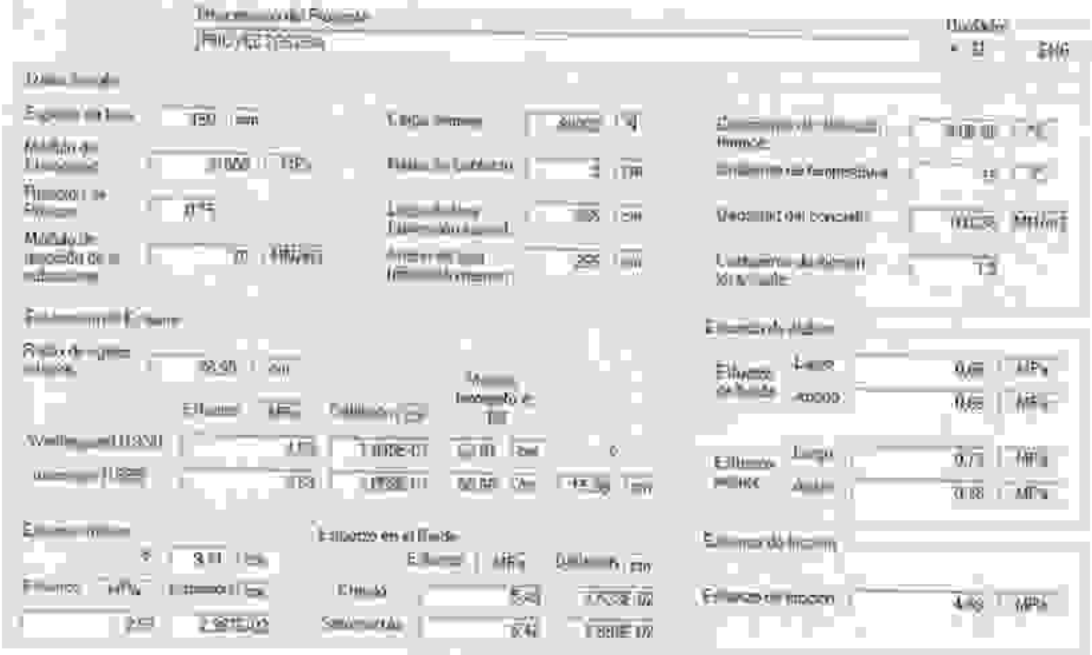
Calle 35 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

348

**Carga aplicada (P):** 8.2 Toneladas
**Radio de contacto de la carga (a):** aproximadamente 150 mm.

Asimismo, mediante el software especializado UNALOSA, se lleva a cabo la verificación de los estados de esfuerzo y deformación asociados a una losa de pavimento con espesor de 15 cm:

**TABLA 6-12 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA**




**FUENTE: UNALOSA**

## Conclusión

Bajo una carga de 80 kN, la losa de concreto de 15 cm de espesor, con un MR de 4.1 MPa, apoyada sobre una subbase granular de 15 cm y una subrasante con k = 89 MPa/m, experimentaría un esfuerzo interior máximo de aproximadamente 2.87 MPa y una deflexión máxima de 0.24 mm. Ambos valores están dentro de los límites aceptables, indicando un diseño estructural adecuado para las condiciones planteadas.

# 6 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO

En el presente apartado, se desarrolla el diseño de pavimentos para los andenes teniendo en cuenta las características geotécnicas de la subrasante, los materiales de la estructura y los espesores mínimos permitidos. Este diseño, se llevará a cabo de acuerdo con lo establecido en la Cartilla de Andenes de la Secretaría Distrital de Planeación (SDP modificación 07-08-2018).

En concordancia con la propuesta de diseño urbanístico, se plantea una de estructura de andén, en concreto estampado.

Con base en los resultados de la exploración geotécnica realizada para las vías a intervenir, se caracteriza de la misma manera el suelo de subrasante para las estructuras de los andenes pertinentes, de acuerdo con lo establecido en el apartado de Procesos Constructivos de la Cartilla de Andenes (Mod. 2018), para así mismo establecer una estructura típica para los mismos. A continuación, se define el tipo de subrasante en función de los valores de CBR natural en condición de inmersión.

**TABLA 13. SUBRASANTE SEGÚN CBR**

| TIPO DE SUBRASANTE | CBR en (condición de inmersión) |
|---|---|
| S1 | Mayor o igual a 3% |
| S2 | Menor de 3% |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

Con base a lo anterior, conservando para el diseño de andenes el CBR de diseño de los segmentos viales vehiculares, se obtiene un suelo Tipo S2, lo cual indica que se requieren actividades de mejoramiento.

**TABLA 14 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR**

| Tipo de suelo existente en la subrasante | Clasificación SUCS | Clasificación AASHTO | CBR | Proceso a seguir |
|---|---|---|---|---|
| Suelos Granulares (Gravas y Arenas) | Gw, A-1, A-3 | Excelente a Bueno | > 30 | Una vez [illegible] se compacta el suelo existente se [illegible] |
| Suelos Finos (Arcillas y Limos de Baja compresibilidad) | Regular | Regular a Malo | > 20 | Retirar |
| Suelos Finos (Arcillas y Limos de baja compresibilidad) | CL, ML, A-6, A-4 | Regular a Malo | < 20 | Reemplazar el 30 cm del material de mejor CBR existente por los primeros 30 cm (0.30 m) del [illegible] |
| Suelos Finos (Arcillas y Limos de alta compresibilidad) | CH, MH, A-7 | Regular a Malo | < 20 | Retirar el 30 cm del suelo [illegible] reemplazar* por los [illegible] (0.30 m) del [illegible] |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

De acuerdo con la tabla anterior, se define la clasificación AASHTO del suelo existente, el cual funcionara como subrasante en función del CBR y se determinó que se debe mejorar la subrasante, teniendo en cuenta las condiciones del suelo la alternativa de mejoramiento se realizará reemplazando 20 cm de espesor del material inadecuado de la subrasante por material granular con CBR mínimo de 10%.

Posteriormente se establecen los criterios de diseño de acuerdo con el tipo de superficie y el usos posible del espacio público, para este proyecto se tomó el criterio de Diseño 1, de la Cartilla de Andenes Bogotá D.C. de la Secretaría Distrital de Planeación, la cual dice textualmente: "Para el espacio público peatonal y la red de ciclorruta a nivel de andén, por donde no circula ningún tipo de vehículo pesado, se propusieron espesores mínimos de construcción con subbase granular tipo SBG_PEA_B, según Especificación IDU o vigente. Aplica para estructuras articuladas y flexibles, y acceso vehicular de vivienda (máximo 2 vehículos livianos)".

Teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados, se propone la estructura de pavimento peatonal con sus espesores.

**ILUSTRACIÓN 1 ESTRUCTURA DE ESPACIO PÚBLICO PEATONAL**

*Estructuras para Espacio Público Peatonal y Red de ciclorrutas (a nivel de andén) para Subrasante - Tipo S2 y Criterio de diseño 1*




Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:

TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-REA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

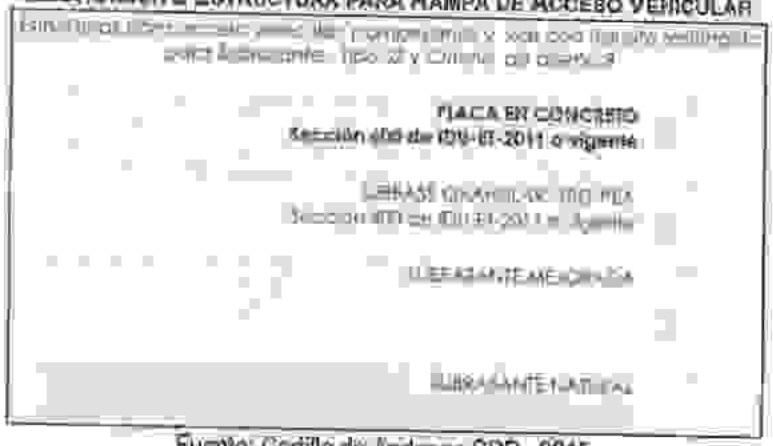
De acuerdo contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA", se puede concluir que para la estructura de pavimento de la zona peatonal se dispone de una sola zona homogénea, y con la cual se proyectó la estructura mostrada en la tabla anterior.

## 9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR

De acuerdo con la Cartilla de Andenes Bogotá D.C, las rampas no solo dan acceso vehicular a los predios sino también el acceso de las personas con movilidad reducida a los andenes y zonas peatonales que serán construidos con el desarrollo del proyecto

Para un suelo S2 con CBR < 3% tránsito de vehículos livianos y paso ocasional de vehículos comerciales tipo C2 se obtuvieron los espesores de las rampas vehiculares al proyecto de acuerdo a los criterios de la Cartilla de Andenes– DAPD.

ILUSTRACIÓN 2 ESTRUCTURA PARA RAMPA DE ACCESO VEHICULAR




Fuente: Cartilla de Andenes SDP , 2015

TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 15 | Placa de Concreto MR 41 kg/cm² |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido MT-1800 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 50 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

El concreto hidráulico se recomienda con módulo de rotura de 41 kg/cm conformado con la granulometría AG-1 (Tamaño máximo del pétreo de 2½ pulgadas), presentada en la Sección 600 Pavimento de Concreto Hidráulico.

En los lugares donde sea necesario completar niveles se hará con un material seleccionado por capas no mayores a 0.20 m logrando una densidad mínima del 95%, estos materiales seleccionados deben cumplir con características geotécnicas tales como IP menor o igual a 10%, contenido de finos menor o igual a 25%, CBR del 10%, tamaño máximo de 3", esto de acuerdo con el las especificaciones ET-IC-01.

# 7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

La propuesta de diseño contempla la construcción de capas estructurales de pavimento compuestas por materiales tales como mezclas asfálticas y materiales granulares. Atendiendo las especificaciones técnicas validas en el desarrollo del presente proyecto y las cuales corresponden a las Especificaciones técnicas de construcción del Instituto Nacional de Vias - INVIAS, se presenta a continuación la caracterización de cada una de estos materiales.

- **CONCRETO HIDRÁULICO**

El concreto hidraulico, tiene la particularidad de ofrecer a la estructura una alta resistencia a la compresión que se necesita para soportar y absorber las cargas que circulan. Dicha mezcla deberá cumplir con las caracteristicas especificadas en IDU-800-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MATERIALES GRANULARES:**

Los materiales granulares deberán cumplir con las especificaciones establecidas en la Especificación Técnica. Capas granulares de base y subbase del capítulo IDU-500-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE**

Los materiales de mejoramiento de subrasante deberán cumplir con las caracteristicas especificadas en el capítulo IDU-410-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

# 8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES

Para garantizar que los parámetros mecánicos de cada uno de los materiales empleados en el diseño de pavimentos, cumplan con los requisitos establecidos en las Especificaciones Técnicas, su versión o actualización vigente, para la modelación de la estructura de pavimento y puedan ser suministrados por los proveedores adscritos en la base de datos vigente en la página web del IDU, se realizó un análisis de las fuentes de suministro de materiales y mezclas asfálticas, con los cuales se construirán las estructuras de pavimento y espacio publico asociado con base en el diseño recomendado.

A continuación, se presentan los proveedores de mezclas asfalticas, agregados pétreos y concreto hidráulico seleccionado por su experiencia y teniendo en que se encuentran vigentes en el "Listado de Proveedores" en la página del IDU.

TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| AGREGADOS PÉTREOS | OPERADOR DEL TITULO MINERO N° EHD-131 KM 3.8 ZONA INDUSTRIAL BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 295 DE 2009 | DROMOS |
| AGREGADOS PÉTREOS | KILÓMETRO 10 DE LA VÍA MULTIFAMILIAR LOS CENTAUROS. PUENTE CAÍDO VEREDA EL COCUY PREDIO SAN LUIS SOBRE EL RÍO GUAYURIBA - VILLAVICENCIO | IDU 432 DE 2016 | REX VILLAVO |
| AGREGADOS PÉTREOS | CARRERA 5 #153 A- 60 EN LA LOCALIDAD USAQUÉN -BOGOTÁ | IDU 435 DE 2016 | REX BTA |
| AGREGADOS PÉTREOS | Av. CRA 7 # 160A-06 SAN CRISTÓBAL NORTE, LOCALIDAD USAQUÉN - BOGOTÁ | IDU 568 DE 2020 | REX BTA 7MA |



365

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
| --- | --- | --- | --- |
| AGREGADOS PÉTREOS | KILÓMETRO 3,5 VEREDA BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 455 DE 2017 | INCOMINERI |
| AGREGADOS PÉTREOS | KM 4 VÍA LA MESA - MONDOÑEDO- MOSQUERA | IDU 582 DE 2020 | LA ROCA |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1,6 VÍA AUTOPISTA MEDELLÍN COSTADO SUR - COTA | IDU 486 DE 2018 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | PREDIO DENOMINADO LOTE 10, EN LA VEREDA SAN JOSE - MOSQUERA | IDU 510 DE 2019 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1,5 VÍA BOGOTÁ- MEDELLÍN, COSTADO OCCIDENTAL VEREDA VUELTA GRANDE - COTA | IDU 582 DE 2020 | GRECO |
| ASFALTO | PREDIO VISTA HERMOSA, VEREDA BALSILLAS - KILOMETRO 25 VÍA LA MESA - PLANTA DE ASFALTO CMI | IDU 26 DE 2002 | AA |
| ASFALTO | KM 3.8 EN LA ZONA INDUSTRIAL, VEREDA BALSILLAS MOSQUERA | IDU 187 DE 2005 | DROMOS |
| ASFALTO | KM 17+200 DE LA CARRETERA CENTRAL DEL NORTE (CRA 7 DE BOGOTA) | IDU 164 DE 2004 | CTU |

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| CONCRETO | KR 62 No. 19 - 04 INT. 5, LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA | IDU 22 DE 2002 | HOLCIM |
| CONCRETO | PLANTA NEREIDAS - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55 A SUR - 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 216 DE 2006 | TREMIX |
| CONCRETO | PLANTA SUR - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55A SUR – 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 439 DE 2016 | POLMIX |

**Zodmes:**

A continuación, se presentan las posibles zonas de depósito para materiales sobrantes de construcción para el Proyecto. Los sitios escogidos como botaderos o zonas de depósito servirán para disponer los materiales estériles y/o sobrantes procedentes de las excavaciones de las vías.

Considerando adicionalmente parámetros como capacidad de almacenamiento y condiciones geológicas-geomorfológicas, se escogieron nueve (9) zonas para la disposición de materiales de excavación o botaderos que permitirán almacenar el volumen de material estéril o sobrante en la fase de construcción de la vía (Ver Tabla 13.4).

TABLA 8-2 ZODMES

| CATEGORÍA | NOMBRE – RAZÓN SOCIAL | MUNICIPIO | PREDIO O LOTE |
|---|---|---|---|
| 1. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | CEMEX DE COLOMBIA S.A. | BOGOTA D.C. | Reserva ecológica privada la Fiscala Capacidad: 5.000.000 m3 |
| 2. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE | RECICLADOS INDUSTRIALES | COTA | Lote la Britania Vega, en la Vereda Siberia, Municipio de Cota. |



354

| | | | |
|---|---|---|---|
| CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | DE COLOMBIA S.A.S. | | Cundinamarca Capacidad: 40.000 m3 |
| 3. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | Lotes 2, 3, 4 de los predios identificados con cédulas catastrales N° 00-02-0002-0186, 00-02-0002-0184-000 y 00-02-0002-0183-000, ubicados en la Vereda Panamá del Municipio de Soacha Capacidad: 4 000 000 m3 |
| 4. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | RESIESCOL S.A.S ESP | MOSQUERA | Predio denominado Lote 4 A, matrícula inmobiliaria N° 50c - 1433092, ubicado en la Vereda Balsillas del Municipio de Mosquera, Cundinamarca |
| 5. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | MATERIALES Y LOGISTICA S.A.S. MYLSA | MADRID | Predios denominados Finca el Paraíso, el Valle de las Mercedes y Finca la Zulia, ubicados en las Veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid Cundinamarca Capacidad: 1 000 000 m3 |
| 6. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | CICLOMAT S.A.S. | COTA | Predio ubicado 600 metros al sur de la Autopista Medellín (calle 80) entrada PRACO-DIDACOL Vía Siberia –Bogotá, Vereda Siberia del Municipio de Cota, Cundinamarca. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | En el predio el Vinculo (Poligono 3) del Municipio de Soacha- km 14 de la Via Soacha – Sibaté. |
| 8. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | RELLENOS DE COLOMBIA S.A.S. EN LIQUIDACIÓN | MOSQUERA | Vereda balsillas, km 3 vía la mesa, Mosquera, Cundinamarca. |
| 9. DISPOSICIÓN DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | MAQUINAS AMARILLAS S.A.S. – MARILLA S.A.S. | BOGOTA D.C. | Plan de manejo y recuperación ambiental de la mina las Marias y Santa Inés en el área del contrato de concesión minera 8151 a nombre de la empresa HOLCIM COLOMBIA S A (Perfil o-o' sector Nor-Este) Tunjuelito-Bogotá. |

La evaluación de las áreas definidas para botaderos corresponden a superficies suavizadas planas a moderadamente inclinadas en depósitos aluviales recientes de llanura aluvial de los ríos Bogotá, Subachoque y Tunjuelito, así como de los depósitos de terrazas altas de la Sabana de Bogotá, los cuales corresponden a planicies extensas de aspecto aterrazado y morfología ondulada suavemente inclinada y limitada hacia los cauces por escarpes de 2 – 20 m de altura; se encuentran constituidos de arcillas grises, localmente con intercalaciones de arenas finas y delgados niveles de gravas y turbas, en capas paralelas producto de la acumulación de materiales en la cuenca ocupada por el antiguo lago de la Sabana de Bogotá, con espesores de 20 - 300 m.

Estas superficies en depósitos de la llanura aluvial y los depósitos de terrazas de la Sabana de Bogotá pueden presentar una buena condición de estabilidad, teniendo en cuenta la morfología de estas áreas, así como la pendiente y la composición de los materiales que la constituyen Cabe resaltar que el área que conforma la ZODME ubicado en la finca El Paraíso, el valle de las Mercedes y finca La Zulia, de las veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid en Cundinamarca, se encuentra sobre superficies onduladas e inclinadas en laderas de la Formación Arenisca Dura del Grupo Guadalupe y en contacto con los depósitos aluviales de terrazas altas de la Sabana de Bogotá. Estas áreas deben ser evaluadas con trabajo de campo para determinar las condiciones morfodinámicas y de estabilidad de estas superficies. La localización de las ZODMES se presenta en la Figura 13.1, en la cual también se han ubicado las fuentes de materiales.

# 9. ANÁLISIS DE RIESGOS

El análisis de los posibles riesgos en la ejecución del proyecto permite tener un panorama realista donde se considere las posibles eventualidades y su potencial consecuencia, esto permitirá establecer planes de contingencia en caso de que se presenten cualquiera de las situaciones citadas.

Para el caso de estudio, se prevén los siguientes riesgos, asociados a la etapa de construcción consecutiva a la etapa de diseño.

TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO

| RIESGO | TIPO DE CARGA | EVENTOS PROBABLES | CONSECUENCIAS |
|---|---|---|---|
| Imprecisión en la determinación del CBR de diseño | Menor resistencia de la subrasante | Muestra insuficiente | Disminución de la vida útil de la estructura. Falla prematura por deformación de la subrasante |
| | | Errores en el procesamiento de la información | |
| | | Afectaciones climáticas | |
| | | daños en el sistema de drenaje | |
| | | errores en la caracterización del material | |
| Aumentos en los niveles de tránsito | Aumento en el número de ejes equivalentes esperados | Cambios de uso de la vía por desvío | Estructura deficiente para las cargas esperadas, falla prematura de la carpeta asfáltica |
| | | Implementación de nuevas rutas en el corredor vial | |
| | | Aumento de las cargas de los vehículos de transporte | |
| | | Errores en el conteo para establecer el TPD | |
| | | Aumentos inesperados por tránsito atraído/generado | |



360

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fallas en los materiales | Daños por mala calidad en los materiales instalados | Malos procesos constructivos | Falla de zonas puntuales de la estructura. |
| | | Cambios en la humedad por daños en el drenaje | |
| | | deficiencias en los controles de calidad | |

## 10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las propuestas de intervención RECOMENDADA como parte de las actividades a ejecutar en el proyecto de la referencia, consisten en:

**Alternativa**

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 15 cm de espesor (MR: 4,1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

Se recomienda el uso del geotextil NT1800 en la estructura de pavimento entre el suelo natural y material de mejoramiento con rajón, para evitar la contaminación entre capas y asegurar la estabilidad de la estructura.

TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura | |
|---|---|---|---|
| Rígidos | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón ET 410-18 de forma puntual en un espesor de 0 cm. Se recomienda sello de 0 cm con material tipo sub-base granular. | Descripción | Espesor (cm) |
| | | Concreto Hidráulico | 15 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con rajón | 0 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

(*) Tener presente que en la actual etapa **NO** se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos.

De igual forma, se presenta el siguiente gráfico con la estructura de pavimento recomendada:

TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11003637)

| Descripción | Espesor (cm) |
|---|---|
| Concreto Hidráulico | 15 |
| Sub-base granular | 15 |
| Mejoramiento con rajón | 0 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La estructura de pavimento recomendada es en flexible, en función de garantizar la distribucion de esfuerzos y el empalme con los materiales presentes en cada segmento vial. La alternativa es pavimento rigido es viable des del punto de vista técnico, sin embargo, la modificación de rigidez de los materiales presentes en la zona puede generar un impacto negativo en la distribución de presiones, ademas, los costos asociados son muy superiores a la de pavimento flexible y las condiciones de carga no lo ameritan.
Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:

TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-DES) |
| | Geotextil No Tejido NT-1600 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

La revisión y propuesta se hace de acuerdo a lo presentando en el informe de pavimento del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se tuvieron en cuenta los parámetros geotécnicos, tránsito y consideraciones generales. Sin embargo, se presenta una alternativa de rodadura en concreto hidráulico que garantice la durabilidad y que cuenta con las siguientes ventajas:

- Permita simular adoquines, piedra natural, ladrillo, madera u otros acabados, mejorando notablemente el aspecto visual del entorno urbano o residencial.
- Al estar hecho de concreto hidráulico, soporta cargas vehiculares y condiciones climáticas extremas sin perder su forma ni integridad.
- No se deforma ni se hunde como otros pavimentos modulares; solo requiere limpieza periódica y, en algunos casos, reaplicación del sellador.
- Una vez vaciado el concreto, el estampado se realiza mientras el concreto aún está fresco, lo que ahorra tiempo frente a métodos tradicionales como adoquines o losas prefabricadas.
- Continuidad superficial: Al no tener juntas como los adoquines, evita el crecimiento de maleza y reduce los accidentes.
- Al tener textura superficial, ofrece buen desempeño antideslizante, tanto en zonas peatonales como en pasos vehiculares, incluso en condiciones húmedas.

- Aunque su instalación puede ser ligeramente más costosa que el concreto convencional, su vida útil y bajo costo de mantenimiento representan un ahorro a mediano y largo plazo.
- Puede adaptarse a parques, ciclovías, pasos peatonales, calles residenciales, andenes, glorietas, entre otros.

VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA PLATAFORMA

Para el caso donde se presenten deformaciones plásticas (mayores a 1cm) ante una prueba de carga (como el paso de volqueta cargada en varios recorridos sobre la plataforma de trabajo), se realizarán mejoramientos puntuales en la subrasante con material tipo tolerable ART 230 INV 2013, resolución 1378 del 20 de mayo de 2014. La prueba de carga se puede hacer con cualquier elemento que cumpla las condiciones de seguridad en función de la sección de la excavación.

- En los sectores en donde existan hundimientos y fisuras severas (h≥20mm) se recomienda ante la existencia de árboles laterales, realizar un tratamiento particular, mediante la tala o restitución de las especies existentes.

## 11 PROCESO CONSTRUCTIVO

### RECOMENDACIONES GENERALES

Dado que los suelos naturales presentan valores de CBR inferiores a 3% se hace necesario estabilizar mecánicamente la subrasante con un material tipo "rajón".

Una vez finalizada la excavación y alcanzado el suelo de subrasante, el material del cuerpo del mejoramiento se colocará en capas sensiblemente paralelas a la superficie de la explanación, de espesor uniforme y lo suficientemente reducido, para que, con los medios disponibles, los vacíos entre los fragmentos más grandes se llenen con las partículas más pequeñas del mismo material, de modo que se obtenga el nivel de densificación deseado.

El rajón, éste se colocará directamente sobre la subrasante, evitando su vertido desde alturas mayores a dos metros (2,0 m), con el fin de reducir su segregación. Deberá extenderse con procedimientos manuales ó con equipos livianos debido a las condiciones de la subrasante. Su compactación podrá realizarse con pasadas de buldózer o retroexcavadora, de manera que las puntas del rajón penetren parcialmente en el terreno natural. Posteriormente se realizará la instalación del sello de rajón, el cual puede componerse de un material tipo SBO_C, el conjunto de rajón y sello de 10 cm conformarán el total de espesor de mejoramiento.

La construcción de la capa de rajón deberá adelantarse siguiendo los lineamientos establecidos en la Sección 321-11 de las Especificaciones Técnicas

### INSTALACIÓN DE CAPAS DE BASE Y SUBBASE GRANULAR

La instalación de las capas de base y subbase granular se realizarán cuando la superficie sobre la cual quedarán apoyadas presente la calidad, densidad, cotas y secciones indicadas dentro de los documentos del proyecto, previamente deberá estar concluido todo lo relacionado con los sistemas de drenaje recomendados de acuerdo con el Estudio y Diseño de Redes.

La superficie donde se dispondrá el material se deberá encontrar suficientemente seca y compacta para evitar que se produzcan ahuellamientos o desplazamientos en ella. El material se extenderá en todo el ancho previsto, en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

La cantidad de material extendido será tal, que el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos (2) ó más capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). En este caso, se aplicarán para cada capa los procedimientos de ejecución y control acá descritos. El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes.

Una vez que el material de la capa granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo adecuado, hasta alcanzar la densidad especificada..

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo aprobado y/o que normalmente se utiliza, se podrán compactar por otros medios adecuados, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

Una vez terminada la compactación, el Constructor perfilará la superficie de la capa granular, ajustándola a los perfiles longitudinales y transversales del proyecto.

## INSTALACIÓN DE CAPAS DE CONCRETO HIDRÁULICO

El proceso constructivo para pavimento en concreto hidráulico inicia con la limpieza y nivelación del terreno, seguida de la compactación de la rasante. Posteriormente, se coloca y compacta la subbase y, la base hidráulica. Se instalan las formaletas laterales o guías de nivel, y se procede a colocar el refuerzo de acero. El concreto es vaciado, extendido y vibrado para garantizar su adecuada consolidación, luego se alisa y texturiza la superficie según el acabado requerido. Una vez terminado, se realizan los cortes de juntas de contracción y construcción, y se aplica el curado mediante compuestos químicos o métodos húmedos por un mínimo de siete días. Finalmente, se inspecciona la calidad de la obra y se permite el tránsito vehicular/peatonal de acuerdo con los tiempos de fraguado y resistencia establecidos en el diseño.

## 12 FUENTES DE CONSULTA


- INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO-IDU. ANEXO TÉCNICO DE DIAGNÓSTICO PARA CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL PARA BOGOTÁ. Versión 3.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS AASHTO. Guide for design of pavement structures. Washington: AASHTO, 1993.
- Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción del Innstituto Nacional De Vias – 2013.
- Normas de ensayos de materiales INVIAS-2013, Resolucion 1376 del 26 de mayo de 2014.
- Shell International Petroleum Company Limited. Addendum to the Shell Pavement Design Manual. London, 1985.
- Yang H. Huang; Pavement Analysis and Design. Second Edition. Pearson Prentice Hall. UnitedStates of America, 2004.
- HIGUERA SANDOVAL, CARLOS HERNANDO. Nociones sobre métodos de diseño de pavimentos para carreteras, UPTC, Tunja, 2008.
- IDU, INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO. Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción, para proyectos de infraestructura vial y de espacio público, para Bogotá D.C. 2019.

**DISENO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA**
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**
**Software : BS-PCA**

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 251 PCI (lb/pulg3)
Espesor Losa : 150 mm
Modulo de Rotura : 42 Kg/cm2
Bermas : NO
Pasadores : SI
Factor de Seguridad Cargas : 1
Factor de Mayoración Repeticiones : 1

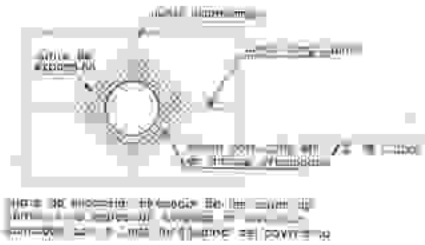
Resultados :

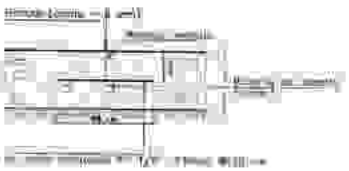
| Carga Tn | Carga FS kN | Repeticiones Esperadas | Repeticiones Admisib_Fatiga | Consumo Fatiga % | Repeticiones Admisi_Erosion | Consumo Erosion % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **EJES SIMPLES** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| 6,00 | 58,80 | 776.134 | 47.855.355 | 1,62 | 11.023.950 | 7,04 |
| **EJES TANDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| **EJES TRIDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| | | | Total : | 1,62 | | 7,04 |

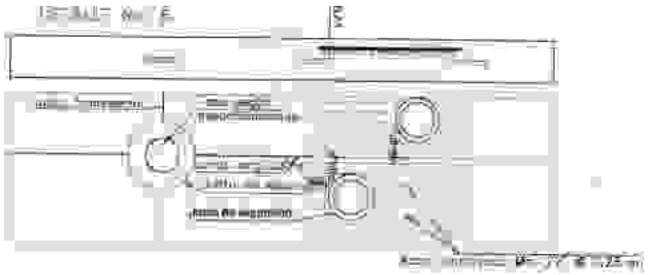


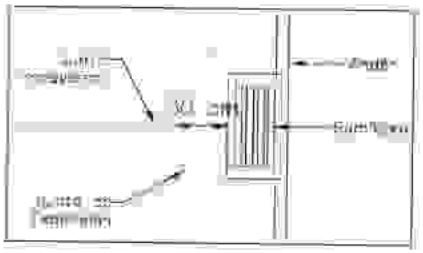






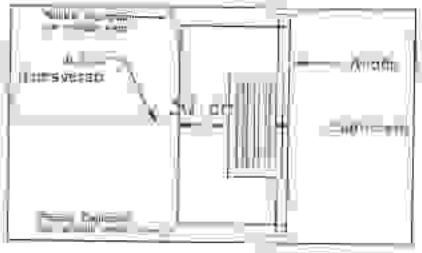










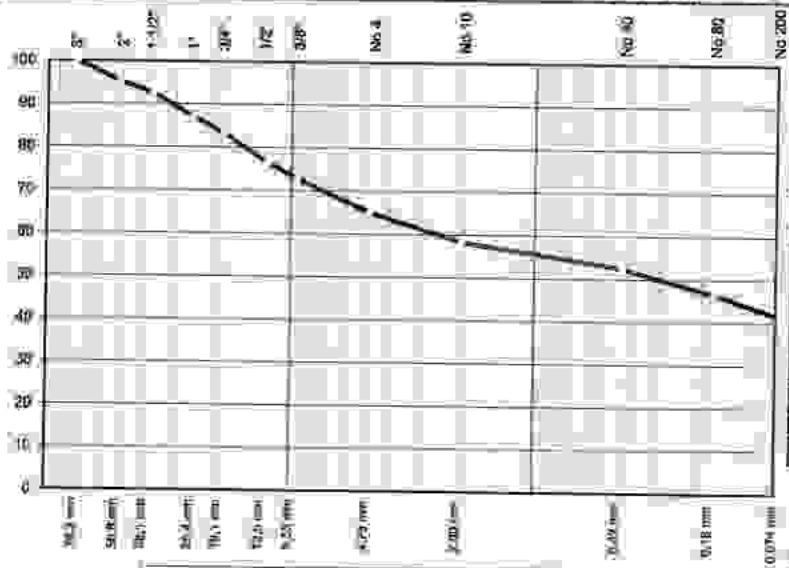


# DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO; LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS; ANALISIS GRANULOMETRICO; CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ No 200 MEDIANTE LAVADO Y DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUETRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO

Norma Ref.: I.N.V E-122-13 / I.N.V E-125-13 / I.N.V E-126-13 / I.N.V E-213-13 / I.N.V E-214-13

| | |
|---|---|
| PROYECTO: | CARRERA 150D ENTRE LA CALLE 134 Y CALLE 134A |
| UBICACIÓN: | CIV 11003837 |
| CLIENTE: | CONSORCIO SUBA MT |
| Dir. CLIENTE: | |
| FUENTE: | OBRA |
| DESCRIPCION MUESTRA: | MEZCLA DE BASE Y SUBBSE GRANULAR CAFÉ CLARA |
| SONDEO No: | MUESTRA No: 1 Y 2 |
| PROFUNDIDAD (m): | 0,20 - 1,35 |

OT: 358
FECHA DE RECEPCION: 2025-08-26
FECHA DE ENSAYO: 2025-08-29
FECHA DE EMISION: 2025-08-03




**Granulometría E-213-13 / E-214-13**

W Muestra seca sin lavar (g): 4813,1

| TAMIZ No | PESO RETENIDO | % RETENIDO | % PASA |
|---|---|---|---|
| 3" | 0,0 | 0,0 | 100 |
| 2" | 226,9 | 4,8 | 95 |
| 1 1/2" | 129,2 | 2,7 | 93 |
| 1" | 268,1 | 5,6 | 87 |
| 3/4" | 183,4 | 3,8 | 83 |
| 1/2" | 324,3 | 6,7 | 76 |
| 3/8" | 175,3 | 3,6 | 73 |
| No 4 | 378,3 | 7,9 | 65 |
| No 10 | 318,8 | 6,6 | 58 |
| No 40 | 283,8 | 5,9 | 52 |
| No 80 | 266,9 | 5,5 | 46 |
| No 200 | 329,5 | 6,8 | 39,6 |
| Fondo | 1906,2 | 39,6 | 0 |

**Grava: 35,1% | Arenas: 25,3% | Finos: 39,6%**

**Observaciones:**

**LIMITES DE ATTERBERG**

**Limite Liquido E-125-13 Método A**

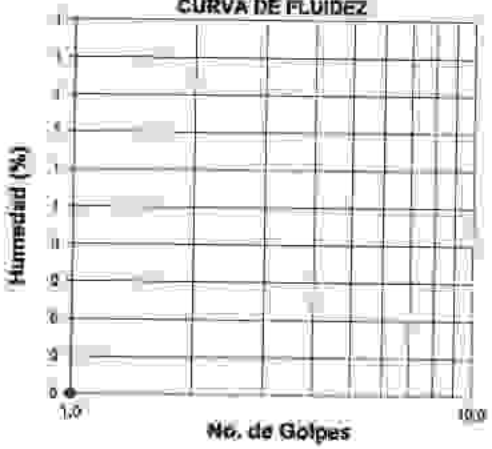
| | | | |
|---|---|---|---|
| # Golpes | | | |
| # Recipiente | | | |
| $W_1$ (g) | | | |
| $W_2$ (g) | | | |
| $W_c$ (g) | | | |
| % HUMEDAD | | | |

**Limite Plástico E-126-13**

| | | | $W_p$ |
|---|---|---|---|
| # Recipiente | | | 126 |
| $W_1$ (g) | | | 839,3 |
| $W_2$ (g) | | | 746,6 |
| $W_c$ (g) | | | 49,4 |
| % HUMEDAD | | | 13,3 |

| | Especifico | Resultado |
|---|---|---|
| Limite Liquido: | | |
| Limite Plastico | | |
| Indice de Plasticidad: | | N.P. |
| Humedad Natural | | 13,3 |

**CURVA DE FLUIDEZ**




**CLASIFICACIÓN**

AASHTO (I.G.): A-4 (0)

U.S.C.S.: GM

Equipo utilizado

Balanzas: DAP-BE-002, DAP-BE-003,DAP-BE-020

Estufas Calibración: DAP-CG-001

Horno Eléctrico: DAP-HE-001

Baño de Temlicos: DAP-BT-001

Revisó:
Ing. Luis Fernando Caseno C.
Director Técnico

Aprobó:
Luis Alirio Avezanbo Reyes
Gerente Técnico

Declaración de responsabilidad:
1. El presente informe de ensayo no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin previa autorización escrita del laboratorio que lo emite.
2. El laboratorio es responsable de todo la información suministrada en el apartado relativo acceso cuando la información lo requiera al cliente. Información que pueda afectar los resultados de los resultados.
3. El muestreo no es responsable de la siguiente muestra.
4. Los resultados de los ensayos fueron obtenidos en las condiciones en las cuales se recibe la muestra en el laboratorio.
5. Este informe de ensayo únicamente al personal firma de Julio Reyes y Aprobación esto del laboratorio que lo emite en original.

****FIN DE INFORME ****

Informe de Ensayo

# RELACIÓN HUMEDAD - PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)

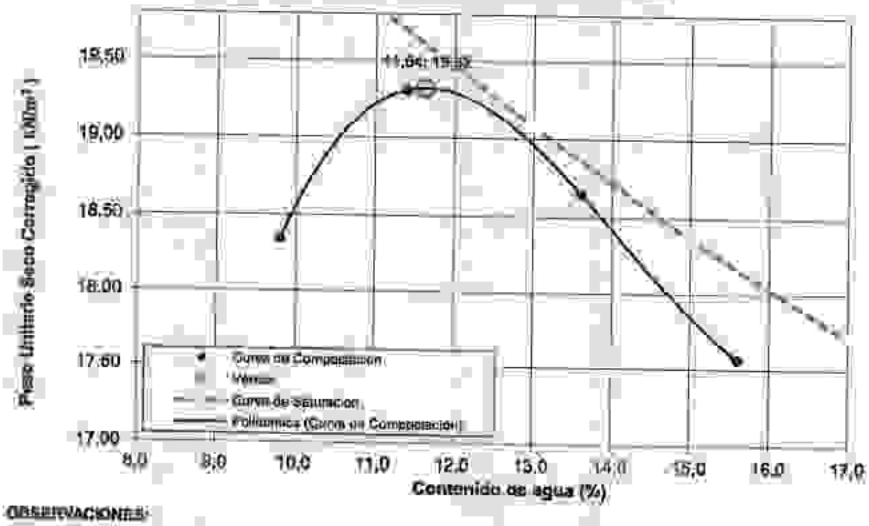
Norma Ref. INV E-142-13

| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO: | CARRERA 1500 ENTRE LA CALLE 134 Y CALLE 134A | O.T: | 358 |
| UBICACIÓN: | CIV 11003637 | FECHA DE RECEPCIÓN: | 2025-08-26 |
| CLIENTE: | CONSORCIO SUBA MT | FECHA DE ENSAYO: | 2025-08-29 |
| Dir. CLIENTE: | | FECHA DE EMISIÓN: | 2025-09-05 |
| FUENTE: | OBRA | MUESTRA No: | 1Y 2 |
| DESCRIPCIÓN MUESTRA: | MEZCLA DE BASE Y SUBBSE GRANULAR CAFÉ CLARA | | |

| | Método de ensayo | C | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Masa Unitaria | Masa del molde + suelo humedo compactado, $M_T$ (g) | 7069 | 7367 | 7317 | 7125 |
| | Masa del molde, $M_{MD}$ (g) | 2720 | 2720 | 2720 | 2720 |
| | Volumen del molde, V ($cm^3$) | 2127,8 | 2127,8 | 2127,8 | 2127,8 |
| | Densidad húmeda, $\rho_H$ (g/$cm^3$) | 2,053 | 2,193 | 2,160 | 2,070 |
| | Densidad seca, $\rho_d$ (g/$cm^3$) | 1,870 | 1,969 | 1,902 | 1,791 |
| | Peso Unitario seco, $\gamma_d$ (kN/$m^3$) | 18,34 | 19,31 | 18,65 | 17,56 |
| | Porcentaje fracción fina, $P_{FF}$ (%) | 84 | | | |
| | Porcentaje fracción gruesa, $P_{FG}$ (%) | 16 | | | |
| | Contenido de humedad fracción fina, $w_f$ (%) | 13,1 | | | |
| | Contenido de humedad fracción gruesa, $w_c$ (%) | 9,4 | | | |
| | Contenido de humedad corregido, Cw (%) | 12,5 | | | |
| | Peso Unitario seco corregido, $C\gamma_d$ (kN/$m^3$) | 19,23 | 20,12 | 19,52 | 18,52 |

| | Recipiente No | B3 | G1 | B2 | N1 |
|---|---|---|---|---|---|
| Humedad de compactación | Masa Suelo Húmedo + Recipiente, $W_1$ (g) | 2816,5 | 2889,8 | 2839,1 | 2891,7 |
| | Masa Suelo Seco + Recipiente, $W_2$ (g) | 2581,1 | 2612,3 | 2522,6 | 2525,9 |
| | Masa del Recipiente, $W_C$ (g) | 179,10 | 175,2 | 196,1 | 181,8 |
| | Masa del agua, $W_W$ (g) | 235,4 | 277,5 | 316,5 | 365,8 |
| | Masa de las partículas solidas, $W_S$ (g) | 2402,0 | 2434,1 | 2326,5 | 2344,3 |
| | Contenido de agua, w (%) | 9,8 | 11,4 | 13,6 | 15,6 |
| | Humedad de saturación, $w_{sat}$ (%) | 14,9 | 12,2 | 14,0 | 17,2 |

## CURVA DE COMPACTACIÓN Y SATURACIÓN




**CONDICIONES DE ENSAYO**

| | |
|---|---|
| Preparación | Via Humeda |
| W. Martillo | 44,48 N |
| No. de Capas | 5 |
| H. de Caida | 18" |
| No de Golpes | 56 |

**RESULTADO**

Gs = 2,81

% H. Optima = 11,84

$\gamma_d$ máximo = 19,32 kN/$m^3$

$\gamma_d$ máximo = 1,970 g/$cm^3$

$\gamma_d$ max Corregido = 20,12 kN/$m^3$

$\gamma_d$ max Corregido = 2,052 g/$cm^3$

**OBSERVACIONES:**

La incertidumbre reportada en este informe de ensayo se ha expandido para un factor de cobertura K y un nivel de confianza de 95% aproximadamente.

**Descargo de responsabilidad:**

1 El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcial ni totalmente sin previa autorización escrita de laboratorio que lo emite.
2 El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el presente informe, exceptuando la información suministrada por el cliente información que puede afectar la validez de los resultados.
3 El laboratorio no es responsable de la etapa de muestreo.
4 Los resultados de los ensayos fueron obtenidos en las condiciones en las cuales se recibe la muestra en el laboratorio.
5 Este informe es valido únicamente si contiene firma de quien Revisa y Aprueba con sello de laboratorio que lo emite en original.

Equipos Utilizados

Balanza: DAP-BE-002-DAP-BE-001
Horno Electrico: DAP-MP-001
Horno Mufla: DAP-HE-001
Sist. de Tamices: DAP-TT-001
Horno: DAP-M-001

Revisó:
Ing. Luis Fernando Gaona C.
Director Técnico

Aprobó:
Luis Alirio Avendaño Reyes
Gerente Técnico

*** FIN DE INFORME ***



Calle 143 No 45 – 55, Teléfono (601) 245 1777 Móvil: (+57) 310 806 10 72 Bogotá DC – Colombia
E-mail: laboratorio@dapcol.com

ISO/IEC 17025:2017
23-LAB-049

Informe de Ensayo

# RELACIÓN HUMEDAD - PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)

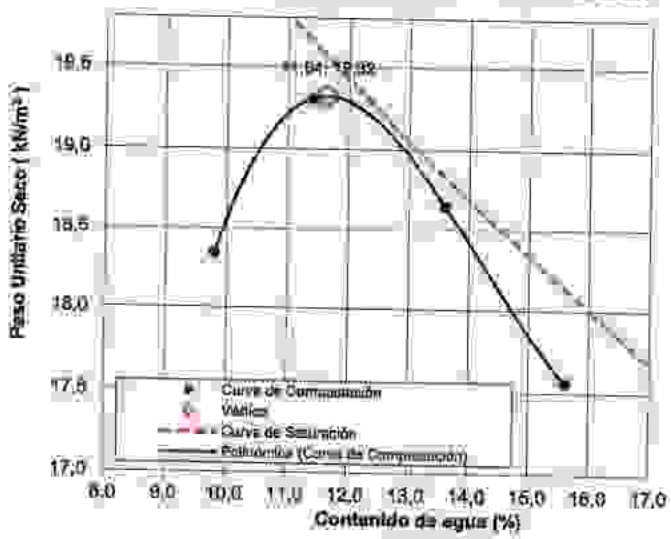
Norma Ref. INV E-142-13

| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO: | CARRERA 150D ENTRE LA CALLE 134 Y CALLE 134A | O.T: | 358 |
| UBICACIÓN: | CIV 11003537 | FECHA DE RECEPCIÓN: | 2025-08-26 |
| CLIENTE: | CONSORCIO SUBA MT | FECHA DE ENSAYO: | 2025-08-29 |
| Dir. CUENTE: | | FECHA DE EMISIÓN: | 2025-09-03 |
| FUENTE: | OBRA | MUESTRA No.: | 1Y2 |
| DESCRIPCIÓN MUESTRA: | MEZCLA DE BASE Y SUBBSE GRANULAR CAFÉ CLARA | | |

| Masa Unitaria | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Método de ensayo | | C | | | |
| Masa del molde + suelo húmedo compactado, $M_t$ (g) | 7089 | 7307 | 7317 | 7125 |
| Masa del molde, $M_{mc}$ (g) | 2720 | 2720 | 2720 | 2720 |
| Volumen del molde, V (cm³) | 2127,8 | 2127,8 | 2127,8 | 2127,8 |
| Densidad humeda, $\rho_h$ (g/cm³) | 2,053 | 2,193 | 2,160 | 2,070 |
| Densidad seca, $\rho_d$ (g/cm³) | 1,870 | 1,969 | 1,902 | 1,791 |
| Peso unitario seco, $\gamma_s$ (kN/m³) | 18,34 | 19,31 | 18,65 | 17,56 |
| Porcentaje fracción fina, $P_{FF}$ (%) | 84 | | | |
| Porcentaje fracción gruesa, $P_{FG}$ (%) | 16 | | | |
| Contenido de humedad fracción fina, $w_F$ (%) | 13,1 | | | |
| Contenido de humedad fracción gruesa, $w_G$ (%) | 9,4 | | | |
| Contenido de humedad corregido, Cw (%) | 11,3 | | | |
| Peso Unitario seco corregido, $\gamma_{sc}$ (kN/m³) | 19,23 | 20,11 | 19,51 | 18,51 |

| Humedad de compactación | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Recipiente No. | | B3 | G1 | B2 | N1 |
| Masa Suelo Húmedo + Recipiente, $W_1$ (g) | 2816,5 | 2889,6 | 2839,1 | 2891,7 |
| Masa Suelo Seco + Recipiente, $W_2$ (g) | 2581,1 | 2612,3 | 2522,6 | 2525,9 |
| Masa del Recipiente, $W_c$ (g) | 179,10 | 178,2 | 198,1 | 181,8 |
| Masa del agua, $W_w$ (g) | 235,4 | 277,5 | 316,5 | 365,8 |
| Masa de las partículas sólidas, $W_s$ (g) | 2402,0 | 2434,1 | 2326,5 | 2344,3 |
| Contenido de agua, w (%) | 9,8 | 11,4 | 13,6 | 15,6 |
| Humedad de saturación, $w_{sat}$ (%) | 14,9 | 12,2 | 14,0 | 17,2 |

## CURVA DE COMPACTACION Y SATURACIÓN




**CONDICIONES DE ENSAYO**

Preparación: Via Húmeda
W. Martillo: 44,48 N
No. de Capas: 5
H. de Caída: 18"
No de Golpes: 56

**RESULTADO**

Gs = 2,60
% H Optima = 11,64
$\gamma_s$ máximo = 19,32 kN/m³
$\gamma_d$ máximo = 1,970 g/cm³
$\gamma_{s\ max\ corregido}$ = 20,11 kN/m³
$\gamma_{d\ max\ Corregido}$ = 2,051 g/cm³

**OBSERVACIONES:**


**Descargo de responsabilidad:**

1 El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcial ni totalmente sin previa autorización escrita del laboratorio que lo emite.
2 El laboratorio no responderá de toda la información suministrada en el presente informe, excepto cuando la información le suministre el cliente información que pueda afectar la validez de los resultados.
3 El laboratorio no es responsable de la toma de muestras.
4 Los resultados de los ensayos fueron realizados en las condiciones en las cuales se recibe la muestra en el laboratorio.
5 Este informe se utiliza únicamente si conserva firma de quien Revisa o Aprueba con sello del laboratorio que lo emite en original.


Revisó:
Ing. Luis Fernando Osorio C.
Director Técnico

Aprobó:
Luis Alirio Amaisalco Reyes
Gerente Técnico

*** FIN DE INFORME ***




Calle 143 No 46 – 55. Teléfono (601) 245 17 77 Móvil: (+57) 310 806 10 72 Bogotá DC - Colombia
e-mail: laboratorio@dapcol.com

Informe de Ensayo
**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO**
Norma Ref. I.N.V E-148 / I.N.V E-142

PROYECTO: CARRERA 160D ENTRE LA CALLE 134 Y CALLE 134A
UBICACIÓN: CIV 11093837
CLIENTE: CONSORCIO SUBA MT
DIR. CLIENTE:
FUENTE: OBRA
DESCRIPCIÓN MUESTRA: MEZCLA DE BASE Y SUBBSE GRANULAR CAFÉ CLARA

O.T: 358
FECHA DE RECEPCIÓN: 2025-08-28
FECHA DE ENSAYO: 2025-08-29
FECHA DE EMISIÓN: 2025-09-03
MUESTRA No : 1 Y 2

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR INV E-148**

| | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| Numero de Molde | | | |
| Número de Golpes | 56 | 26 | 10 |
| Masa Molde + Masa Húmeda del suelo compacto, $M_{mmh}$ (g) | 9621 | 9483 | 9337 |
| Masa del Molde, $M_m$ (g) | 4766 | 4900 | 4978 |
| Masa seca del suelo compactado $M_{sac}$ (g) | 4359,0 | 4110,3 | 3909,1 |
| Volumen del especimen compactado, $V_m$ ($cm^3$) | 2126,4 | 2108,9 | 2117,9 |
| Densidad seca del especimen, $\rho_d$ ($g/cm^3$) | 2,050 | 1,949 | 1,846 |
| Peso unitario seco, $\gamma_d$ ($kN/m^3$) | 20,10 | 19,11 | 18,10 |

Φ Molde = 15,2 cm
H muestra = 12,2 cm
Área pistón = 1935 $mm^2$

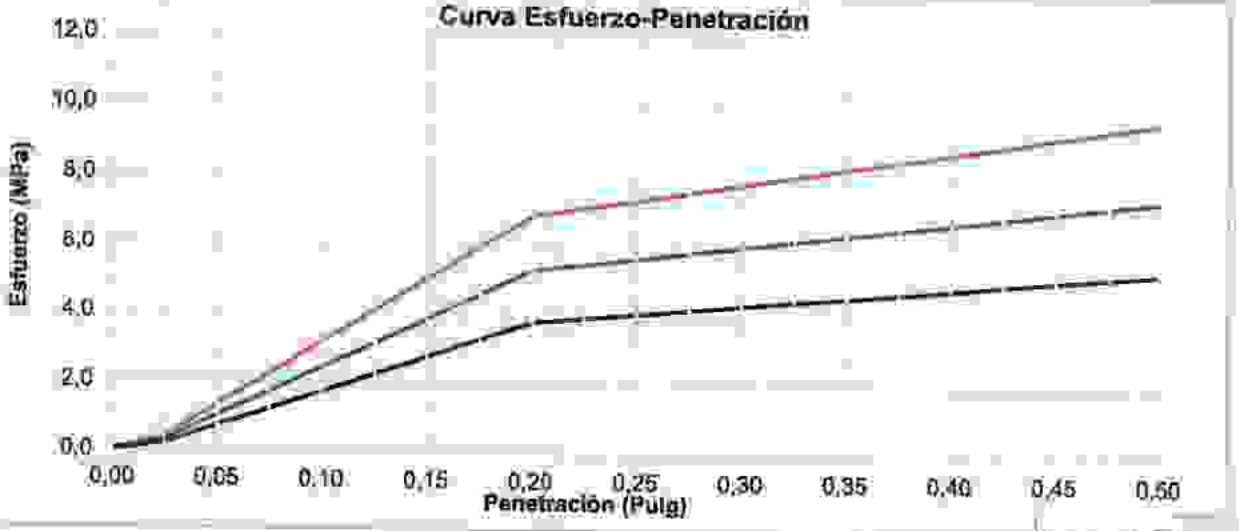
**HUMEDAD DE MOLDEO ANTES DE INMERSIÓN**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Masa Suelo Húmedo + Recipiente, $W_1$ (g) | 2896 | 2812 | 2847 |
| Masa Suelo Seco + Recipiente, $W_2$ (g) | 2618 | 2541 | 2574 |
| Masa del Recipiente, $W_0$ (g) | 179,8 | 190,1 | 203,1 |
| Contenido de Agua, $w_{ac}$ (%) | 11,4 | 11,5 | 11,5 |

Ensayo de penetración después de inmersión

| Lecturas de penetración | | Esfuerzo Referencia | MOLDE 1 56 GOLPES | | | MOLDE 2 26 GOLPES | | | MOLDE 3 10 GOLPES | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pulg | mm | (Mpa) | Dial (kN) | Esfuerzo (MPa) | C.B.R. % | Dial (kN) | Esfuerzo (MPa) | C.B.R. % | Dial (kN) | Esfuerzo (MPa) | C.B.R. % |
| 0,025 | 0,635 | | 0,750 | 0,388 | | 0,580 | 0,300 | | 0,410 | 0,212 | |
| 0,050 | 1,270 | | 2,540 | 1,312 | | 1,960 | 1,013 | | 1,400 | 0,723 | |
| 0,075 | 1,905 | | 4,340 | 2,242 | | 3,340 | 1,726 | | 2,380 | 1,230 | |
| 0,100 | 2,540 | 6,9 | 6,140 | 3,172 | 46,0 | 4,740 | 2,449 | 35,5 | 3,370 | 1,741 | 25,2 |
| 0,125 | 3,175 | | 7,930 | 4,097 | | 6,100 | 3,152 | | 4,360 | 2,253 | |
| 0,150 | 3,810 | | 9,730 | 5,027 | | 7,480 | 3,865 | | 5,340 | 2,759 | |
| 0,175 | 4,445 | | 11,520 | 5,952 | | 8,860 | 4,578 | | 6,330 | 3,271 | |
| 0,200 | 5,080 | 10,3 | 13,320 | 6,882 | 66,8 | 10,250 | 5,296 | 51,4 | 7,320 | 3,782 | 36,7 |
| 0,300 | 7,620 | | 15,120 | 7,812 | | 11,630 | 6,009 | | 8,300 | 4,288 | |
| 0,400 | 10,160 | | 16,910 | 8,737 | | 13,010 | 6,722 | | 9,290 | 4,800 | |
| 0,500 | 12,700 | | 18,710 | 9,667 | | 14,390 | 7,435 | | 10,280 | 5,311 | |

**Curva Esfuerzo-Penetración**




***** FIN DE INFORME *****


Calle 143 No 46 - 58, Teléfono (601) 245 17 77 Móvil (+57) 310 806 10 72 Bogotá DC - Colombia
e-mail: laboratorio@dapcil.com


375

DAPCL S.A.S

Informe de Ensayo
**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO**
Norma Ref. I.N.V E-148 / I.N.V E-142

| | |
|---|---|
| PROYECTO: | **CARRERA 150D ENTRE LA CALLE 134 Y CALLE 134A** |
| UBICACIÓN: | CARRERA 150D ENTRE LA CALLE 134 Y CALLE 134A |
| CLIENTE: | CONSORCIO SUBA MT |
| Dir. CLIENTE: | |
| FUENTE | OBRA |

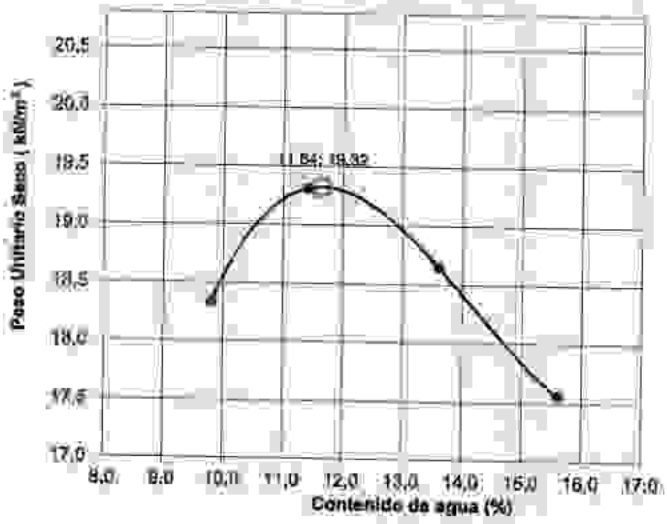
| | |
|---|---|
| O.T: | 358 |
| FECHA DE RECEPCION: | 2025-08-28 |
| FECHA DE ENSAYO: | 2025-08-29 |
| FECHA DE EMISIÓN: | 2025-09-03 |
| MUESTRA No.: | 1 Y 2 |

DESCRIPCION MUESTRA: MEZCLA DE BASE Y SUBBSE GRANULAR CAFE CLARA

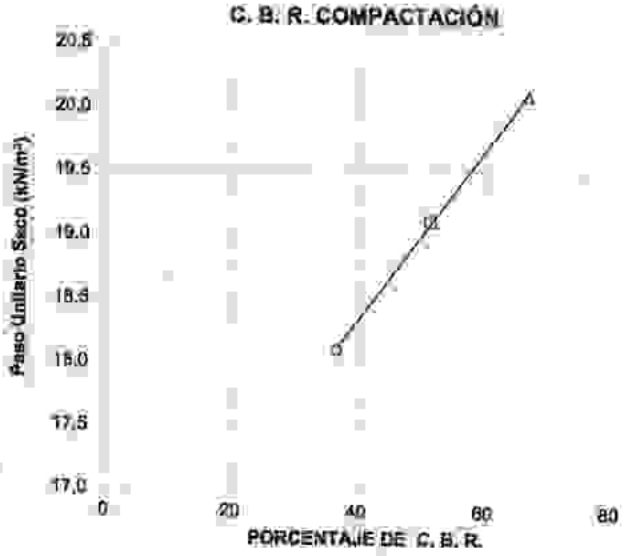
| | EXPANSIÓN | | |
|---|---|---|---|
| No de Golpes | 56 Golpes | 26 Golpes | 12 Golpes |
| Lectura Inicial Dial | 0,00 | 0,0 | 0,0 |
| Lectura 1° Dia | 0,00 | 0,0 | 0,0 |
| Lectura 2° Dia | 0,00 | 0,0 | 0,0 |
| Lectura 3° Dia | 0,00 | 0,0 | 0,0 |
| Lectura 4° Dia | 0,00 | 0,0 | 0,0 |
| Expansión Total (mm) | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Expansión Total (%) | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

| | HUMEDAD DE PENETRACIÓN DESPUES DE INMERSION | | |
|---|---|---|---|
| Golpes | 56 | 26 | 12 |
| W. Suelo H.+Tara (g) | 2876,10 | 2810,50 | 2836,70 |
| W. Suelo S.+Tara (g) | 2513,80 | 2452,10 | 2456,50 |
| W. Tara (g) | 176,50 | 183,80 | 180,10 |
| Humedad % | 15,50 | 15,80 | 16,70 |

**CURVA DE COMPACTACIÓN**




**C. B. R. COMPACTACIÓN**




Densidad Seca Maxima: 19,3 kN/m³
Humedad optima: 11,64 %
95% de Densidad Maxima S: 18,4 kN/m³

CBR 100% del Proctor M: 55 %
CBR 95% del Proctor M: 40 %

Observaciones:


Descargo de responsabilidad:
1.El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcial ni totalmente sin previa autorización escrita del laboratorio que lo emite.
2.El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el presente informe, excepto cuando la información la suministre el cliente y dicha información pueda afectar la validez de los resultados.
3.El laboratorio no es responsable de la etapa de muestreo.
4.Los resultados de los ensayos fueron obtenidos en las condiciones en las cuales se recibe la muestra en el laboratorio.
5.Este informe es valido únicamente el presente firma de quien Revisa o Aprueba (no anula) el laboratorio que lo emite en original.


Revisó:
Ing. Luis Fernando Osorio C
Director Técnico

Aprobó
Luis Alirio Avellaneda Reyes
Gerente Técnico

*** FIN DE INFORME ***




Calle 145 No 45 - 35. Teléfono (601) 248 17 77 Movil. (+57) 310 806 10 72 Bogotá DC - Colombia
e-mail: laboratorio@dapcl.com

# CONSORCIO SUBA MT

NIT. 901902678-2

COP 1013-2024-LP (119224)

**CONSORCIO SUBA MT**
**GRUPO 3**

**REVISION Y AJUSTE A DISEÑO DE PAVIMENTOS DEL CONTRATO DE CONSULTORIA 345 DE 2018**

**OBJETO DEL CONTRATO: EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO (GRUPO 1) EN LA LOCALIDAD DE SUBA EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO**

**CIV 11002907**

**SEGMENTO VIAL SOBRE LA CARRERA 150ª ENTRE LA CALLE 138 Y DIAGONAL 138F**

**BOGOTÁ D.C, JUNIO DE 2025**

Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

## CONTROL DE DOCUMENTOS

| ESTADO REVISIÓN Y APROBACIÓN | NOMBRE | CARGO | FIRMA | FECHA |
|---|---|---|---|---|
| **POR EL CONTRATISTA DE OBRA** | | | | |
| Realizo | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | MAO SEBASTIAN BERMEO | | JUNIO 2025 |
| **POR LA INTERVENTORIA DE OBRA** | | | | |
| V°. B°. INTERVENTORÍA | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | Everardo Tardo Ortiz | | JUNIO 2025 |

**MODIFICACIONES**

| FECHA | VERSIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN |
|---|---|---|
| 04-06-2025 | 00 | Versión Inicial N° 00 |

6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO 26
6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN: 26
6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 27
6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 29
6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD 29
6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 29
6.1.3. CONFIABILIDAD 29
6.1.2 MÓDULO RESILIENTE 30
6.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO 33
ALTERNATIVA PCA (CIV11002907): 34
ALTERNATIVA AASHTO (CIV11002907): 35

6 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO 40

9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR 42

7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES 44

* CONCRETO HIDRÁULICO 44

* MATERIALES GRANULARES: 44

* MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE 44

8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES 45

9 ANÁLISIS DE RIESGOS 50

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 52

11 PROCESO CONSTRUCTIVO 57

12 FUENTES DE CONSULTA 59

## LISTADO DE TABLAS

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO ..... 10
TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE ..... 13

TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA 13
TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA ..... 14
TABLA 3-4 INDICE DE SEVICIABILIDAD ..... 15
TABLA 3-5 VALORES DE CD RECOMENDADOS ..... 15
TABLA 3-6 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 16
TABLA 4-1CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANÁLISIS ..... 17
TABLA 4-1 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUÍA – GRUPO DE DISEÑO 2 ..... 19
TABLA 4-2 NUMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V9 – GRUPO 1 - GUÍA BAJOS VOLÚMENES IDU ..... 19
TABLA 4-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR ..... 20
TABLA 5-1 TRÁNSITO DE DISEÑO ..... 22
TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142 ..... 22
TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO ..... 23
TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS ..... 23
TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS NO. 1 ..... 24
TABLA 5-6 TRANSITO BAJO ANÁLISIS NO. 2 ..... 25
TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 27
TABLA 6-2 VALORES DE CD RECOMENDADOS ..... 29
TABLA 6-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 30
Tabla 6-4 Análisis de CBR (%) ..... 31
TABLA 6-5 MODULO RESILIENTE ..... 31
Tabla 6-6 Análisis de CBR (%) ..... 32
Table 6-7 Valores de K conjunto a partir del capas granulares ..... 34
TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA ..... 34
TABLA 6-9 ALTERNATIVA AASHTO ..... 35
TABLA 6-10 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 36
TABLA 6-11 PASADORES SEGÚN PCA ..... 38
TABLA 6-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA ..... 38
TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA ..... 39
TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR ..... 40
TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR ..... 40
TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 42
TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES ..... 43
TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES ..... 45
TABLA 8-2 ZODMES ..... 47
TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO ..... 50
TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 52
TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11002907) ..... 52
TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 53

TABLA 10-4 CALENDARIO DE ACTUACIONES POR AÑO..... 54

## LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO ..... 10
FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TÉRMINOS DE PSI ..... 12
FIGURA 4-6 UBICACIÓN DE SEGMENTO DE ACUERDO AL CORREDOR ..... 18
FIGURA 4-7 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – **CIV11002907** ..... 20
FIGURA 4-8 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO ..... 21

## LISTADO DE ANEXOS

**ANEXO 1.** INFORME PREVIO - contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA.

**ANEXO 2.** PLAN DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS.

**ANEXO 3.** MEMORIAS DE CALCULO.

## INTRODUCCIÓN

Se elabora un estudio para la EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE segmento vial CIV 11002907 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

Con el fin de obtener un diagnóstico del corredor, se tiene en cuenta estudios previos en el sector en donde se ejecutó el estudio geotécnico mediante la ejecución de apiques asociado a la evaluación del tránsito, en términos de ejes equivalentes de 80kN.

A partir de la evaluación geotécnica del tramo objeto de estudio realizado por el Consorcio Gevial en el año 2020 bajo el contrato ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL LOCAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA - FDLS-345-2018, se plantean las intervenciones a nivel de pavimentos para los segmentos viales en la localidad de Suba de la ciudad de Bogotá D.C., tomando en consideración las variables que se establecen en la metodología del anexo técnico, caracterizando el perfil estratigráfico por medio de la ejecución de apiques, las cuales son insumo para el diseño de pavimentos, tales como: CBR de la subrasante y el tránsito de diseño evaluado a un periodo de diseño a 10 años. Además de los parámetros implícitos en la metodología de diseño de pavimentos a emplear AASHTO/93.



Calle 38 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

# 1. OBJETIVOS Y ALCANCE

## 1.1. OBJETIVOS GENERALES

Plantear una propuesta integral de intervención de Pavimento para el segmento vial CIV 11002907 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

## 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, la evaluación geotécnica de las capas que componen la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio.

A partir el uso de herramientas computacionales modelar las estructuras propuestas mediante la metodología AASHTO/93 y con el programa UNALOSA, conocer los esfuerzos y deformaciones actuantes en las estructuras diseñadas.

Plantear recomendaciones generales en cuanto a la conformación de una adecuada plataforma de trabajo, con el fin de garantizar el correcto desempeño de la estructura de pavimento propuesta.

Evaluar estrategias de mantenimiento para garantizar un adecuado comportamiento estructural del pavimento en servicio.

## 1.3. ALCANCE

Por medio del actual informe técnico es presentado el diseño de pavimentos, para el segmento vial CIV 11002907 sobre la Carrera 150A entre la Calle 138 y Diagonal 138F, de la localidad de Suba en la ciudad de Bogotá D.C:

Los capítulos que se incluyen en el presente informe son:

2. Descripción de la Metodología.
3. Metodología de estudio.
4. Trabajos de Campo.
   - ✓ Evaluación geotécnica del tramo de estudio.
5. Estudio de Tránsito.
6. Diseño de la Estructura de Pavimentos.
7. Secciones Transversales.

8. Caracterización de materiales.
9. Conclusiones y Recomendaciones.

Se plantearán las intervenciones necesarias a nivel de pavimento.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

# 2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

El presente informe se desarrolla como parte de la ejecución del contrato cuyo objeto corresponde al DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE EL SEGMENTO VIAL CIV 11002907 – LOCALIDAD DE SUBA – BOGOTÁ D.C.

## 2.1. LOCALIZACIÓN

El segmento vial CIV 11002907 de la localidad de Suba se encuentra en Bogotá D.C. A continuación, se presenta la localización del sitio objeto de estudio:

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO




FUENTE. GOOGLE.COM

A continuación, se presentan los segmentos a intervenir:

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO

| CIV | Ubicación |
|---|---|
| 11002907 | Carrera 150ª entre Calle 138 y Diagonal 138F |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

## 2.2. CLIMA

Bogotá D.C. tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C, son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)1.

| | | |
|---|---|---|
| Temperatura promedio | = | 20 °C |
| Precipitación media anual | = | 1258 mm/año |

[1]ESTACION IDEAM 2120622- UNIVERSIDAD NACIONAL



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

365

# 3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

## 3.1. PCA

La metodología relacionada a continuación corresponde al tramo vial objeto de estudio, resaltando como objetivo principal la definición de las estrategias de intervención a nivel de pavimento.

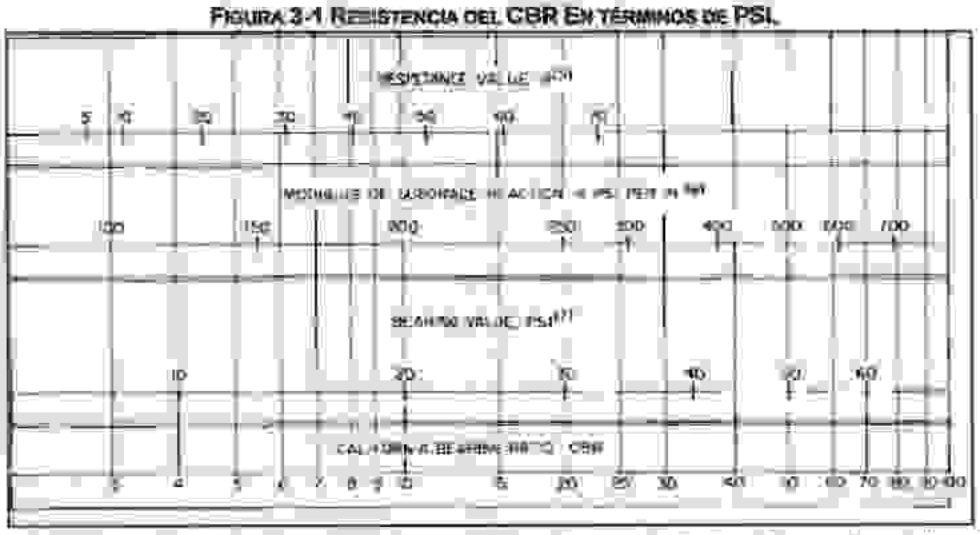
En general se considera que la intervención característica a realizar será la de diseño de la estructura del pavimento.

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.

FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TÉRMINOS DE PSI.



Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE

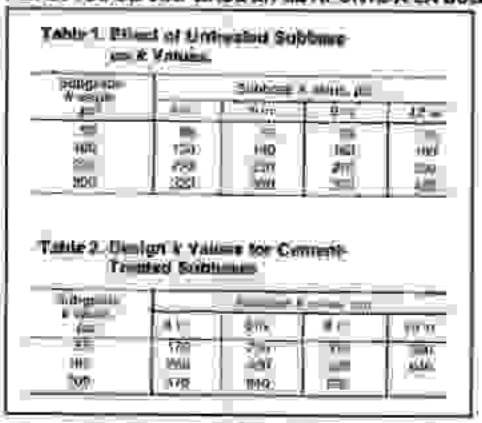


Table 1. Effect of Untreated Subbase on K Values

| Subgrade K value, pci | Subbase K value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 100 | 130 | 140 | 160 | 180 |
| 200 | 220 | 230 | 270 | 320 |
| 300 | 320 | 340 | 400 | 480 |

Table 2. Design k Values for Cement-Treated Subbases

| Subgrade k value, pci | Assumed k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 8 in. | 10 in. |
| 50 | 170 | 230 | 310 | 400 |
| 100 | 260 | 340 | 440 | 550 |
| 200 | 370 | 460 | 590 | 720 |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

## 3.2. AASHTO

A continuación, se describe las variables que se consideran en el método AASHTO:

### 3.2.1. SUBRASANTE

Caracterizada a través del módulo de reacción de la subrasante K (en pci). Si la losa se apoya directamente sobre la subrasante, el K que se utiliza en el diseño es aquel que se obtenga de la subrasante. Sin embargo, cuando la losa se apoya sobre una capa granular de subbase o base o sobre un material estabilizado con cementante hidráulico, el K de manera obvia incrementa.

TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA

| K subrasante | | Valores de K | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Capa granular no tratada | | | | | | | |
| | | 10 cm | | 15 cm | | 22.5 cm | | 30 cm | |
| MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci |
| 20 | 73 | 45 | 165 | 70 | 255 | 92 | 337 | 118 | 430 |
| 40 | 147 | 85 | 310 | 128 | 470 | 167 | 615 | 212 | 780 |
| 60 | 220 | 124 | 455 | 185 | 680 | 240 | 885 | 305 | 1120 |
| 80 | 295 | 167 | 615 | 245 | 900 | 315 | 1160 | 400 | 1470 |
| K Subrasante | | Capa estabilizada con cementante hidráulico | | | | | | | |
| MPa/m | pci | 10 cm | | 15 cm | | 20 cm | | 25 cm | |
| 20 | 73 | 80 | 290 | 90 | 330 | 105 | 400 | 135 | 500 |
| 40 | 147 | 100 | 370 | 130 | 500 | 165 | 600 | 230 | 850 |
| 60 | 220 | 140 | 520 | 180 | 660 | 245 | 900 | | |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

### 3.2.2. TRANSITO

Esta variable es difícil de establecer y caracterizar ya que los vehículos que circulen por una vía presentan diferentes magnitudes, configuraciones de ejes, presiones de inflado, velocidad de circulación y número de llantas. Por lo general se caracteriza a través del número de ejes equivalentes de 8.2 o 13 toneladas que circulan en el carril y el período de diseño (N) 2.

### 3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA

Los parámetros mecánicos con los cuales se caracteriza la losa de concreto son el módulo elástico Ec y el de rotura MR en psi, medidos a los 28 días.

### 3.2.4. SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Índice de serviciabilidad (ΔPSI=Po -Pf). Valores recomendados para determinar el valor de Pf para pavimento rígido se presentan en la tabla:

TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA

| Tipo de Carretera | Periodo de Diseño (Años) |
|---|---|
| Urbana de tránsito elevado | 30 – 50 |
| Interurbana de tránsito elevado | 20 – 50 |
| Pavimentada de baja intensidad de tránsito | 15 – 25 |
| De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava | 10 – 20 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Inicialmente esta condición se cuantificó a través de la opinión de los conductores, cuyas respuestas se tabulaban en la escala de 5 a 1.

[2] Pavimentos, materiales, Hugo Rondón.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

**TABLA 3-4 ÍNDICE DE SEVICIABILIDAD**

| Índice de Serviciabilidad (*PSI*) | Calificación |
|---|---|
| 5 – 4 | Muy buena |
| 4 – 3 | Buena |
| 3 – 2 | Regular |
| 2 – 1 | Mala |
| 1 – 0 | Muy mala |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final. El índice de servicio inicial po depende del diseño y de la calidad de la construcción. En los pavimentos flexibles estudiados por la AASHTO, el pavimento nuevo alcanzó un valor medio de po = 4,2.

### 3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

**TABLA 3-5 VALORES DE CD RECOMENDADOS**

| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento esta expuesta a grados de humedad próxima a la saturación | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 – 5% | 5 – 25% | Más de 25% |
| Excelente | 1.25 – 1.20 | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 |
| Muy malo | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 – 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993



Calle 38 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

361

### 3.2.7. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla:

**TABLA 3-8 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO**

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad *R* [%] | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Colectoras | 80.0 – 95.0 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| *R* [%] | 50 | 60 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 99.9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Z* | 0.000 | -0.253 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -1.751 | -1.881 | -2.054 | -2.327 | -3.090 |

| Proyecto de pavimento | $S_o$ | |
|---|---|---|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J):

Es un parámetro adimensional que tiene en cuenta la capacidad que tienen los pasadores en una estructura de pavimento rígido de transferir o distribuir cargas en la zona más propensa a fallar (juntas). Este parámetro adicionalmente tiene en cuenta el efecto que genera sobre las juntas y sobre la transferencia de carga el confinamiento lateral de la losa.

Para juntas con pasadores, el valor recomendado de J es 2.7 y 3.2, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente. Para juntas sin pasadores, los valores de J pueden llegar a aumentar hasta 4.2 y 4.4, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente.

El espesor de la losa de concreto (D, en pulgadas) que compone la estructura del pavimento rígido se determina a través de la ecuación:



# 4. ESTUDIOS PREVIOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta la evaluación geotécnica de la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio. A continuación, se presenta lo relacionado::

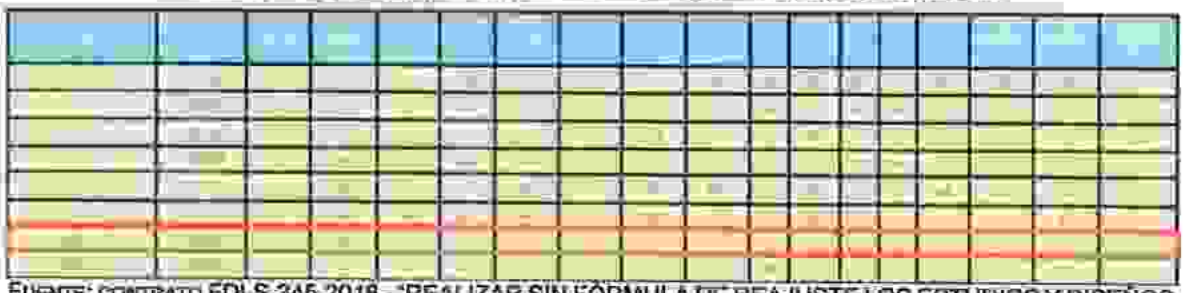
## 4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA

La subrasante del corredor, está conformado por arcilla de baja compresibilidad CL.

Las arcilla de baja plasticidad CL se evidencian como materiales plásticos, con porcentaje de pasa 200% de 9.5% y porcentaje de arena de 6.5%. El CBR de este material en condiciones de inmersión es de 2.3% sin potencial expansivo.

Como es común en los suelos de esta localidad es necesario la estabilización y/o mejoramiento del mismo, esto, con el fin de tener una capacidad de soporte adecuada para la estructura del pavimento y el tránsito proyectado, dado que el **CBR promedio y de diseño es 2.30%;** es decir, se evidencia un material de una capacidad baja. Las propiedades anteriormente descritas se pueden evidenciar en la siguiente tabla:

TABLA 4-1CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANALISIS

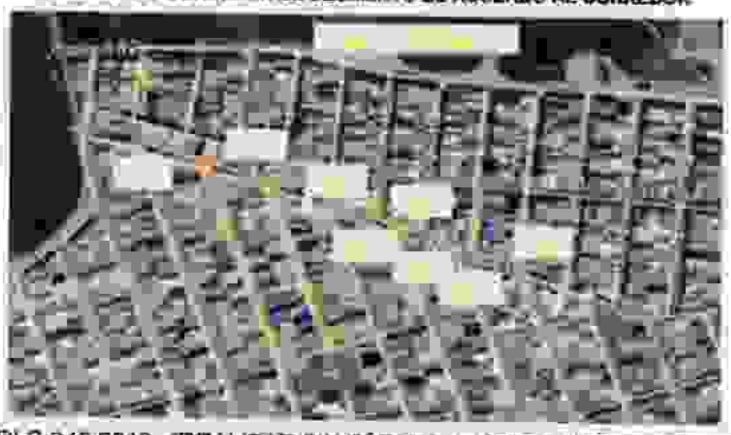


FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA

## 4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO

Los corredores de diseño 3 se encuentran conformados cada uno por dos segmentos viales. Por su parte, el corredor 3 se compone de cinco (5) segmentos viales, mientras que los corredores 4, 5, 6 y 7 por tres (3) CIVs respectivamente y, finalmente el corredor 8 por cuatro (4) segmentos, según se muestra a continuación:

FIGURA 4-1 UBICACIÓN DE SEGMENTO DE ACUERDO AL CORREDOR



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

**Grupo 3:** Localizado en la Carrera 150A entre la Calle 138 y Diagonal 138F y se encuentra conformado por el segmento vial 11002907.

## 4.3. TRANSITO

Del informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 3, el cual en su gran mayoría son vías peatonales (V9) es menor, en términos de ejes equivalentes de 8.2 T, al mínimo indicado por la Guía de diseño pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías Locales para Bogotá D.C, por lo tanto se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 615.000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 4-2 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUÍA – GRUPO DE DISEÑO 2

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO

Del informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 3:

TABLA 4-3 NUMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V9 – GRUPO 1 - GUÍA BAJOS VOLÚMENES IDU

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor:

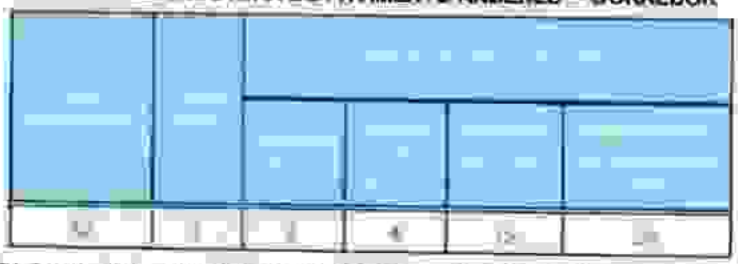
FIGURA 4-2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11002907




FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor:

TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.5. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO CONTRÁCTILES

Si bien en los capítulos anteriores se presentaron las zonas en las cuales se detectó la presencia de suelos con susceptibilidad contracto expansiva, es necesario que durante la etapa de construcción de las obras se evalúe de forma constante y permanente la calidad y tipología de los suelos de Subrasante con el objetivo de detectar zonas adicionales con presencia de suelos expansivos, ya que de darse esta situación deberá darse, también, el tratamiento que se indica en el presente capítulo.

- Construir la estructura de pavimento definida en los estudios, contemplando el material de mejoramiento correspondiente.



344

FIGURA 4-3 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.6. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" se presentan las siguientes conclusiones:

- La gran mayoría de las vías de este grupo de diseño son vías V9 las cuales son peatonales, lo que implica un diseño tendiente a pavimento articulado por el menor costo que esta alternativa representa. Por su parte, en las vías vehiculares se propone una estructura de pavimento flexible convencional.
- Se llevaron a cabo apiques o calicatas en cada CIV de diseño de donde se obtiene el perfil estratigráfico y se tomaron muestras para la caracterización principalmente de los suelos de subrasante. Los ensayos que se realizaron corresponden a humedad natural, gradación, límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico), eventualmente ensayos de límites de contracción y CBR's inalterado de la subrasante.
- De acuerdo con los resultados de la información geotécnica, apiques y ensayos de laboratorio, los suelos de subrasante son muy pobres y de muy baja capacidad de soporte y además en algunos casos los suelos han presentado características expanso contráctil dado por la expansión en ensayos de CBR y límites de contracción.
- Existe una perfecta correlación entre la Geología Regional del sector específico de Suba y las condiciones de subrasante obtenidas de la caracterización de la subrasante.
- El dimensionamiento de las estructuras de pavimento corresponde al diseño con el CBR en condiciones saturadas que a pesar de que es la condición más crítica, esta situación se evidencia por la cercanía al río Bogotá.
- Se plantean dos (2) alternativas de diseño enfocadas en el tipo de estabilización de la subrasante, pero sin cambiar la tipología de las estructuras, lo que se da en beneficio directo del proyecto.
- El dimensionamiento de las estructuras de pavimento se llevó a cabo bajo la metodología de la Guía de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C., para el caso de vías en pavimento articulado y la metodología AASHTO-93 para el dimensionamiento de las estructuras en pavimento flexible.

## 5. ESTUDIO DE TRANSITO

Efectuar, mediante la revisión del Informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta el tránsito para el segmento vial CIV 11002907:

Del informe de "Estudio de Tránsito V2" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 2, se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 615.000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 5-1 TRÁNSITO DE DISEÑO

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| [illegible] | CL 139 | CRA 145 A | CRA 142 | V-6 | 1.3E+06 |
| [illegible] | CL 139 | CRA 145 | CRA 142 Y DG 142 S | V-6/V-9 | 1.3E+06 / 6.15E+05 |
| [illegible] | CL 139 | CRA 144 Y DG 142 S | CRA 145 A | V-6/V-9 | 1.3E+06 / 6.15E+05 |
| [illegible] | CL 139 | CRA 143 A | CRA 143 BIS | V-6/V-9 | 1.3E+06 / 6.15E+05 |
| [illegible] | CRA 145 C | CL 140 | CL 139 | V-7 | 6.13E+05 |
| [illegible] | CRA 143 A | CL 139 | CL 139 | V-7 | 6.13E+05 |
| [illegible] | CRA 139 F | CRA 140 C | CL 140 A | V-9 | 6.13E+05 |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

### Análisis 1:

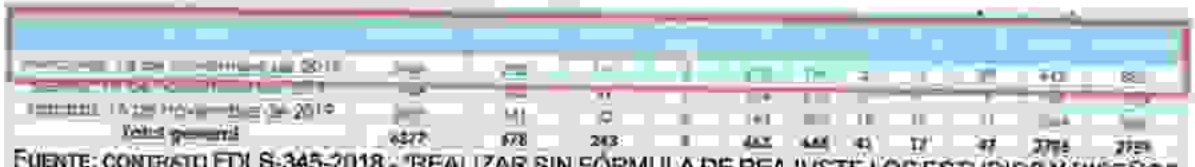
De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un conteo que se relaciona con la estación No. 2, ubicada en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 142 hasta la Calle 139 y se reportaron los siguientes resultados:

TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142





346



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

Teniendo en cuenta que el tránsito de estudio previos obedece a 650.000 ejes equivalentes de 8.2, se presenta la siguiente equivalencia para estimar el tránsito en repeticiones esperadas por tipo de vehículo, es necesario aplicar factores de equivalencia de carga (FEC) específicos para cada vehículo. Estos factores reflejan el daño relativo que cada tipo de vehículo genera al pavimento en comparación con un eje estándar de 8.2 toneladas. A continuación, se presenta la siguiente estimación de composición vehicular:

**TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO**

| | |
|---|---|
| Autos | 0 |
| Microbuses | 0,4 |
| busetas | 0,4 |
| Bus Intermunicipales | 1,0 |
| C2P | 1,14 |
| C2G | 3,44 |
| C3-C4 | 3,76 |
| C5 | 4,4 |
| >C5 | 4,72 |

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRANSITO COLOMBIA.

Teniendo en cuenta la tabla anterior, se utilizan los FEC por cada vehículo y se obtienen los siguientes resultados:

**TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS**

| Tipo | Cantidad | FEC estimado | Repeticiones equivalentes |
|---|---|---|---|
| Automóvil | 2026 | 0 | 0 |
| Microbús | 235 | 0,4 | 94 |
| Buseta | 110 | 0,4 | 44 |
| Bus Inter | 2 | 1 | 2 |
| C2P | 215 | 1,14 | 245,1 |
| C2G | 151 | 3,44 | 519,44 |
| C3 | 5 | 3,76 | 18,8 |
| C3-S2 | 0 | 3,76 | 0 |
| C3-S3 | 29 | 3,76 | 109,04 |
| Moto | 943 | 0 | 0 |
| Bicicleta | 882 | 0 | 0 |

| Tipo | Cantidad | FEC estimado | Repeticiones equivalentes |
|---|---|---|---|
| Total Repeticiones Día | | | 1032,38 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Con una proyección de periodo de diseño se tiene para 20 años, crecimiento del tráfico anual del 3%, y 365 días al año.

Se usa esta fórmula para estimar las repeticiones acumuladas:

$$N = EPS_{diario} \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

N=10.125.259 repeticiones equivalentes de 8.2 toneladas.

El valor estimado de repeticiones acumuladas a 20 años se derivó del aforo vehicular realizado el miércoles 19 de noviembre de 2019 en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 139, correspondiente a la estación No. 2 del estudio de tránsito. Para el diseño de la estructura de pavimento del segmento CIV 11002907, y con el fin de evitar una sobredimensión innecesaria, se adopta un enfoque de diseño conservador pero seguro, basado en datos reales. En consecuencia, se considera únicamente el 8% del volumen total registrado en dicho aforo, dado que los datos corresponden a una intersección con un flujo vehicular elevado en comparación con el tramo objeto de análisis. Esta proporción se justifica por la necesidad de ajustar el diseño a condiciones operativas más representativas del segmento vial intervenido, manteniendo al mismo tiempo un margen de seguridad estructural.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se presenta la siguiente tabla resumen con las repeticiones estimadas:

TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS NO. 1

| Peso (toneladas) | Repeticiones |
|---|---|
| 8.2 | 810.020 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

## Análisis 2:

De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un tránsito 650.000 ejes equivalentes de 8.2 para la estimación que se hizo en el informe del año 2019. A continuación, se presenta el análisis a considerar.

TABLA 5-6 TRANSITO BAJO ANÁLISIS NO. 2

| Tasa de crecimiento: 3% | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Año 2019** | **Año 2020** | **Año 2021** | **Año 2022** | **Año 2023** | **Año 2024** | **Año 2025** |
| 650000 | 669500 | 689585 | 710273 | 731581 | 753528 | 776134 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La tabla presentada se construyó a partir de las estimaciones de tránsito reportadas en los estudios previos del componente de tránsito correspondientes al año 2019. No obstante, considerando que el año base para el análisis es 2025, se realizó una proyección del volumen de tránsito aplicando una tasa de crecimiento anual del 3% (informe de tránsito de: FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA). Esta proyección tiene como objetivo establecer un criterio de diseño bajo condiciones conservadoras y seguras, sin incurrir en una sobredimensión innecesaria de la estructura del pavimento.

Finalmente, es importante resaltar que el presente análisis se basa en los estudios previos desarrollados en el marco del contrato No. 345-2018, específicamente en la información contenida en el estudio de tránsito elaborado en dicha consultoría. Con fundamento en estos antecedentes y considerando los datos de volúmenes vehiculares y composición del tráfico reportados, se proyecta un valor de tránsito acumulado de **776.134 vehículos equivalentes** para el horizonte de diseño. Este valor constituye la base para el dimensionamiento estructural, en concordancia con los lineamientos técnicos establecidos en las metodologías de diseño vial vigente.

# 6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

En el desarrollo del presente estudio se diseñará la alternativa de diseño:

- Pavimento rígido mediante el método de la Portland Cement Association PCA 84.
- Pavimento rígido mediante el método AASHTO. Guide for Design of Pavement Structures 1993.

## 6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO

Al presentar una propuesta de diseño del pavimento, es necesario considerar tres variables fundamentales, como lo son: la exploración geotécnica (determinar las características del perfil estratigráfico existente), la evaluación estructural del pavimento (evaluación del deterioro superficial), diseño geométrico (rasante) y las cargas de tránsito proyectadas en el periodo de intervención.

Como fue indicado en el Alcance del documento, este informe busca definir la propuesta de intervención a nivel de pavimento para el CIV11002907.

- **MATERIALES**

Los materiales deberán cumplir con las especificaciones IDU-18, resolución 010910 del 27 de diciembre de 2019 de la siguiente manera:

- Capas de concreto hidráulico. IDU-800-18.
- Capas de material granular. IDU-500-18.
- Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales. IDU-410-18.

### 6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN:

**Alternativa**

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 15 cm de espesor (MR: 4,1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

(*) Tener presente que en la actual etapa **NO** se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos.

TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Tramo de Estudio | Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) |
|---|---|---|
| CIV11002907 | Rígido | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón en un espesor 30 cm, incluye sello de 10 cm de material granular. |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **CLIMA Y TEMPERATURA**

Bogotá D.C. tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C, son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)3.

Temperatura promedio = 20 °C
Precipitación media anual = 1258 mm/año

### 6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO

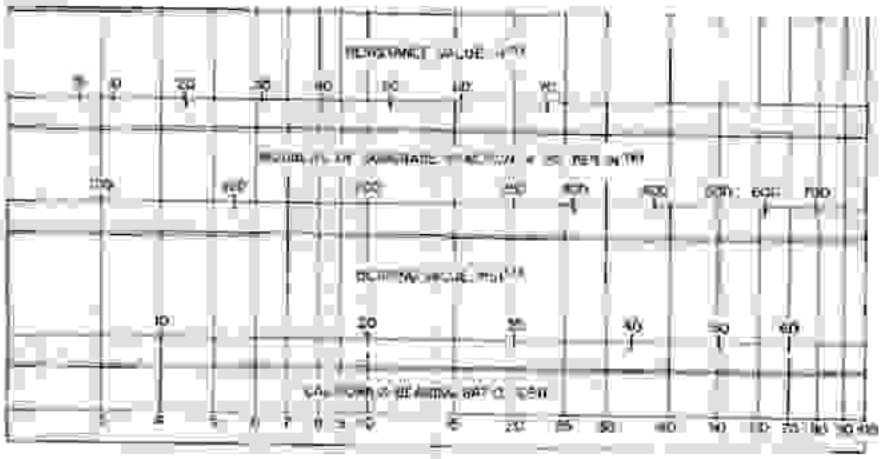
Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga

[3] ESTACION IDEAM 2120522- UNIVERSIDAD NACIONAL

- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.



Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

**Table 1. Effect of Untreated Subbase on *k* Values.**

| Subgrade *k* value, pci | Subbase *k* value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in | 6 in | 9 in | 12 in |
| 50 | 65 | 75 | 85 | 110 |
| 100 | 130 | 140 | 160 | 190 |
| 200 | 220 | 230 | 270 | 320 |
| 300 | 320 | 330 | 370 | 430 |

**Table 2. Design *k* Values for Cement-Treated Subbases**

| Subgrade *k* value pci | Subbase *k* value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in | 6 in | 8 in | 10 in |
| 50 | 170 | 250 | 310 | 390 |
| 100 | 250 | 400 | 520 | 640 |
| 200 | 470 | 640 | 830 | |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

### 6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO

Para el diseño del pavimento rigido se mediante el método AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Periodo de diseño: **20 años.**

### 6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad: 4.2 – 2.0.

### 6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd: 0.90 – Regular. para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

**TABLA 6-2 VALORES DE CD RECOMENDADOS**

| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento esta expuesta a grados de humedad próxima a la saturacion | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 - 5% | 5 - 25% | Más de 25% |
| Excelente | 1.25 - 1.20 | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 |
| Buena | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 |
| Muy pobre | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 - 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 6.1.3. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla:



403

TABLA 6-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R [%] | |
|---|---|---|
| | Urbano | Interurbano |
| Colectoras | 80.0 – 95.0 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R [%] | 50 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 98 | 99.99 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Z_r$ | 0.000 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -2.054 | -3.750 |

| Proyecto de pavimento | S | |
|---|---|---|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Valor So: 0.35.
Modulo de elasticidad concreto: 4.228.920 psi.
$f_c^{'}$ = 5500 psi.

$$E = 57{,}000 \cdot \sqrt{f_c'}$$

E = módulo de elasticidad en psi
$f_c^{'}$ = resistencia a compresión del concreto en psi

Módulo de rotura concreto: 4.1 MPa = 594 PSI.
Coeficiente de transferencia de carga (J): 2.7 para juntas con pasadores.

### 6.1.2 MÓDULO RESILIENTE

De acuerdo con Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" efectuada en el tramo objeto de estudio, el módulo Resiliente- MR, corresponderá a los valores de resistencia de la subrasante obtenidos en los ensayos de CBR en Inmersión, los cuales fueron registrados en el capítulo de Estudios previos.

El valor de **CBR promedio y de diseño es 2.30%**



404

TABLA 6-4 ANÁLISIS DE CBR (%)

| CBR DE DISEÑO |
|---|
| 2.30 |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con lo anterior, el módulo se correlaciona con el valor promedio de los valores de CBR de laboratorio en inmersión (Capitulo de Estudios Previos), teniendo en cuenta la ecuación-14, para CBR<10%, de la Guía para diseño de estructuras de pavimento de AASHTO/1993,

$$Mr = 1500 * CBR, \text{ (psi) (14)}$$

Si CBR<10%

TABLA 6-5 MODULO RESILIENTE

| Tramo de Estudio | CBR diseño (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|
| CIV 11002907 | 2.30 | 3450 | 23.8 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, se requiere realizar un mejoramiento de la subrasante, para lo cual se propone la realización de un mejoramiento con material tipo rajón (IDU No. ET-410-18), al que se le establecen las siguientes características:

- Espesor de mejoramiento mínimo: 30 cm

Con base en estas características, se determina las características del CBR mejorado con la metodología de IVANOV, de acuerdo a la siguiente formulación, donde:

Eequiv: Módulo Resiliente compuesto de la subrasante mejorada

Einf: Módulo Resiliente capa inferior

N: Parámetro de rigidez, determinado a partir de los módulos de las capas inferior y superior

A: Radio de carga

H: Espesor de la capa de mejoramiento o capa superior

$$h = \frac{2A}{N} * \tan\left[\frac{1 - {Einf}/{Eequiv}}{\frac{2}{\pi} * \left(1 - {1}/{N^{3,5}}\right)}\right] \quad (15)$$

$$N = \left(\frac{E\,sup}{E\,inf}\right)^{0,5}$$

El módulo de la cada inferior es estimado a partir de la siguiente expresión.

$$E = 10 * CBR(\%) \quad (16)$$

El módulo de la capa superior, tomando en consideración que el módulo de las capas granulares es dependiente del estado de esfuerzos y confinamiento de las capas, se determina a partir de la ecuación de Shell, en función del espesor de capa de mejoramiento y el módulo de la capa inferior mediante la expresión.

$$Esup = 0{,}204 * E\,inf * H^{0{,}45} \quad (17)$$

| CBR de subrasante | Módulo de subrasante | | Módulo de mejoramien | Espesor mejoramiento | Módulo combinado de Subrasante+Mejoramiento | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CBR de SBR (%) | Esr (MPa) | Esr (kg/cm$^2$) | Ege (MPa) | Hge (cm) | Eeq (kg/cm$^2$) | Eeq (MPa) | CBR (%) |
| 2,40 | 24,00 | 244,7 | 76,9 | 30,0 | 503,4 | 49,4 | 4,9 |

TABLA 6-8 ANÁLISIS DE CBR (%)

| Tramo de Estudio | Mejoramiento de la subrasante (m) | CBR Equivalente (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|---|
| CIV11002907 | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón en un espesor 30 cm, incluye sello de 10 cm de material granular. | 4,9 | 7350 | 50,6 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 6.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO

Es este capítulo se presentan las estructuras de pavimento definidas para las vías del proyecto y el espacio público. Se incluyen las estructuras de pavimentos y los espesores de sus capas. En el Anexo se presentan las memorias de cálculo del diseño.

- Pavimento rígido con losas de concreto apoyadas sobre sub-base granular.

Para el diseño del pavimento rígido se empleará la metodología PCA 84 y se realizará la realizará la verificación de esfuerzos y deformaciones con el software EverFe

**PARÁMETROS DE DISEÑO**

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Período de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU MR41.
- Juntas con pasadores de transmisión de carga
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

**MÓDULO DE REACCIÓN k DE LA SUPERFICIE DE LA SUBRASANTE**

El valor de k se puede determinar mediante la siguiente correlación con el CBR:

$$k_{[kg/cm^3]} = 0.25 + 5.15 \log CBR$$

$$k_{[lb/pulg^3]} = 36.05\, k_{[kg/cm^3]} \quad (14)$$

k= 137.15 lb/pulg3

El valor mostrado anteriormente se obtiene a partir del CBR mostrado anteriormente correspondiente a 4.9 %, teniendo en cuenta el valor de mejoramiento con rajón en un espesor de 30 cm, con sello de 10 cm de material granular.

**ALTERNATIVA PCA (CIV11002907):**

La sub-base se recomienda para prevenir el fenómeno de bombeo, y su presencia aumenta la capacidad de soporte de pavimento optimizando el espesor de la losa de concreto. A continuación, se presenta el incremento que se puede obtener mediante la instalación de 15 cm de sub-base:

**TABLA 6-7 VALORES DE K CONJUNTO A PARTIR DEL CAPAS GRANULARES**

| Valor de K subr. | | Valor de K para sub base granular | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Subrasante | | 100 mm | | 150 mm | | 225 mm | | 300 mm | |
| Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 |
| 20 | 75 | 25 | 95 | 28 | 96 | 32 | 117 | 38 | 140 |
| 40 | 147 | 45 | 165 | 48 | 180 | 52 | 210 | 66 | 245 |
| 60 | 220 | 64 | 235 | 68 | 245 | 76 | 280 | 90 | 330 |
| 80 | 285 | 87 | 320 | 90 | 330 | 100 | 370 | 117 | 430 |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

De acuerdo con la tabla anterior, ingresamos con el valor de 137.15 lb/pulg3 (37.58 Mpa/m) tenemos un valor de k conjunto de = 48 MPa/m (175.18 lb/pulg3) mediante la aplicación de una capa de sub granular de 15 cm.

Teniendo en cuenta lo citado anteriormente y a partir de la utilización del software computacional BS-PCA se obtiene un espesor de losa de 15 cm, tal como se muestra a continuación:

**TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA**




**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

En el anexo se encuentra la memoria de cálculo.

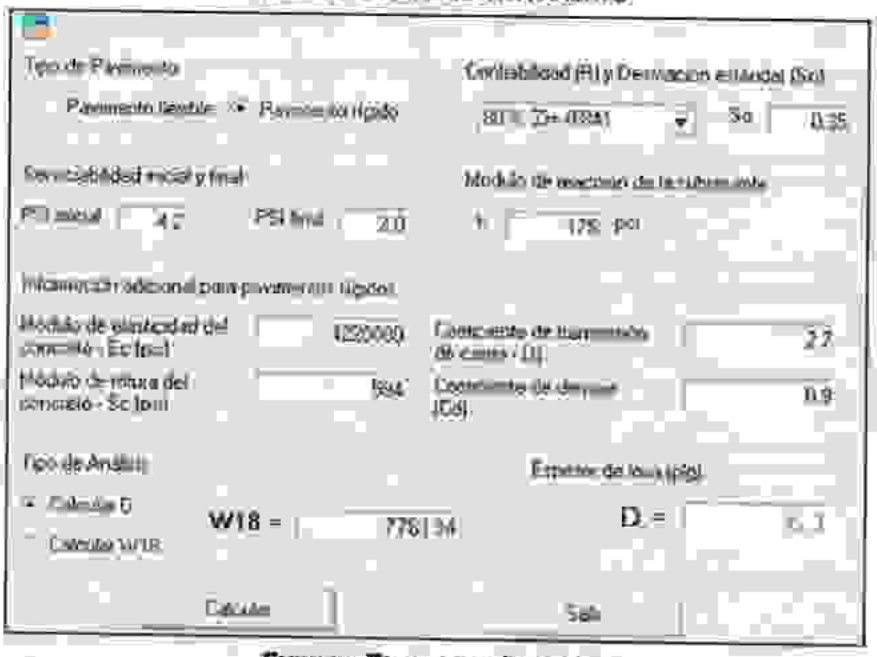


408

## ALTERNATIVA AASHTO (CIV11002907):

La alternativa para la metodología AASHTO, presenta el siguiente resultado:

**TABLA 6-9 ALTERNATIVA AASHTO**




**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

Teniendo en cuenta la metodología AASHTO, el espesor de la losa es de 15 cm.

**Calidad del concreto**

La resistencia a la flexión se expresa en su Módulo de Rotura. Para el presente diseño, se propone un módulo de rotura de 4,1 MPa.

**Transferencia de Carga**

Se considera el diseño con pasadores.

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- materiel heterogèneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 15 cm de espesor (MR: 4.1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con lo anterior, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

TABLA 8-10 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura (*) | |
|---|---|---|---|
| | | Descripción | Espesor (cm) |
| Rígida | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón ET 410-18 de forma puntual en un espesor de 30 cm. Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub-base granular. | Concreto Hidraulico | 15 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con rajón | 30 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

(*) Generalmente, la metodología PCA tiende a arrojar un espesor de losa mayor que la metodología AASHTO. Esto se debe a que PCA evalúa directamente los esfuerzos que actúan sobre la losa (tracción, flexión y tensiones térmicas), considerando condiciones críticas como carga en el borde, expansión térmica, fricción entre losas y gradientes de temperatura, lo cual conduce a diseños más conservadores en ciertos contextos, especialmente en aplicaciones industriales o con alta variabilidad térmica.
En cambio, AASHTO se basa en modelos empíricos, ajustados a condiciones de prueba específicas (AASHO Road Test), por lo cual sus resultados pueden ser menos conservadores, especialmente fuera de los rangos para los cuales se calibró la ecuación.

**Modulación de losas:**

El concreto hidráulico como superficie de rodadura, se encuentra sujeto a diferentes esfuerzos, entre los cuales se encuentran: cargas de tránsito, contracción y expansión del concreto (el concreto al endurecer ocupa menos volumen que cuando está fresco) y diferencias de temperatura o humedad entre la fibra superior y la inferior, entre otras. Con el fin de contrarrestar estos esfuerzos, no es suficiente el proporcionar un espesor adecuado, sino proyectar juntas longitudinales y transversales que impiden un fisuramiento temprano del concreto, estas juntas deben estar diseñadas técnicamente, mediante el empleo de los siguientes criterios:

***Espaciamiento de Juntas***

- ✓ La separación de las juntas transversales se encuentra en función del espesor del pavimento, mediante la relación:

$$S = (21 \text{ a } 24)\, d$$

*Ecuación 1*

Donde,
S = Separación de la junta
d = espesor del pavimento

21 = Para valores máximos de fricción entre la base y el pavimento.
24 = Para valores normales de fricción entre la base y el pavimento.

*Para el espesor del CIV11002907 de 150 mm la separación máxima entre juntas transversales es de: 2.60m.*

La relación entre el largo y el ancho de la losa debe encontrarse entre un intervalo de 1 y 1.25.

$$1.0<largo/ancho<1.25$$

En función del espesor de la losa, la longitud de la losa debe ser máximo 25 veces el valor del espesor,

$$L \leqslant 25\ H$$
$$L_{20} \leq 5{,}0$$
$$L_{30} \leq 7{,}5$$

Donde
L: Longitud de la Losa
H: Espesor de la Losa (m)

Teniendo en cuenta que el segmento vial tiene un ancho aproximado de 5.2 (2.60 por losa) metros la relación de esbeltez, igual a 1.0 la longitud es de 2.60, para losas de espesores de 15 cm. Sin embargo, es importante aclarar que la longitud y ancho de la losa están en función de la geometría de la vía, considerando los criterios antes citados en términos de esbeltez.

**Transferencia Mecánica de Carga**

Aunque es preciso reconocer que los agregados ofrecen mediante su trabazón un grado de transferencia de carga, debido al tráfico de la vía en estudio es necesario implementar una transferencia de carga mecánica mediante la disposición de dovelas (barras de acero lisas insertadas en las juntas) que buscan transferir cargas sin restringir el movimiento horizontal.

Pasadores: Considerando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para una losa cuyos espesores de 150 mm se requiere el empleo de pasadores lisos, constituidos por Barras de 3/4" de diámetro, de 350 mm de longitud y separación entre centros de 300 mm.

TABLA 6-11 PASADORES SEGÚN PCA

| ESPESOR DE LOSA (pulg) | DIAMETRO DEL PASADOR (pulg) | LONGITUD (pulg) | ESPACIAMIENTO (pulg) |
|---|---|---|---|
| 5 | 5/8 | 12 | 12 centro a centro |
| 6 | 3/4 | 14 | |
| 7 | 7/8 | 14 | |
| 8 | 1 | 14 | |
| 9 | 1 1/8 | 16 | |
| 10 | 1 1/4 | 18 | |
| 11 | 1 3/8 | 18 | |
| 12 | 1 1/2 | 20 | |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Barras de anclaje: Tomando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para un ancho de carril de 2.80 m y un espesor de losa de 150 mm, en las juntas longitudinales se emplearán barras corrugadas de ½" pulgada de diámetro, de fy = 280.0 MPa, con una longitud de 0.60 m y una separación entre las mismas de 0.60 m

TABLA 6-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA

| Espesor losa (mm) | Varillas de ½" | |
|---|---|---|
| | Long (mm) | Separación entre centros (m) |
| | | Carril 2.60 m |
| 150 | 600 | 0.60 |
| 175 | | 0.60 |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Es fundamental asegurar la correcta alineación y nivelación de pasadores y dovelas para garantizar una transferencia de carga eficiente y evitar concentraciones de esfuerzo.

Durante la construcción, se debe verificar la correcta colocación y fijación de los pasadores y dovelas antes del vertido del concreto.

**Esfuerzo y deformación:**

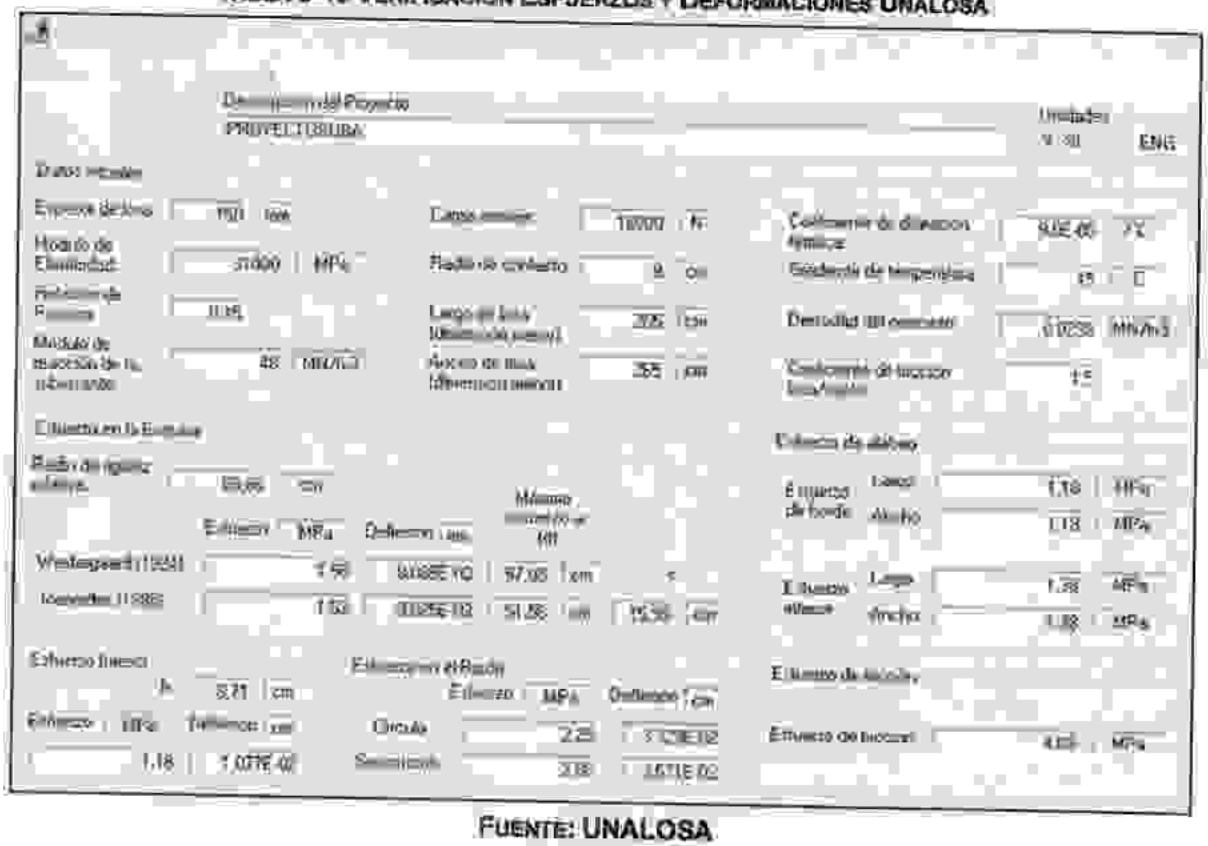
**Parámetros iniciales:**

**Espesor de la losa (h):** 150 mm.
**Módulo de ruptura del concreto (MR):** 4.1 MPa.
**Módulo de elasticidad del concreto (E):** 31,000 MPa.
**Relación de Poisson (v):** 0.15.
**Módulo de reacción de la subrasante (k):** 33 MPa/m.

**Carga aplicada (P):** 8.2 Toneladas
**Radio de contacto de la carga (a):** aproximadamente 150 mm.

Asimismo, mediante el software especializado UNALOSA, se lleva a cabo la verificación de los estados de esfuerzo y deformación asociados a una losa de pavimento con espesor de 15 cm:

**TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA**




**FUENTE: UNALOSA**

## Conclusión

Bajo una carga de 80 kN, la losa de concreto de 15 cm de espesor, con un MR de 4.1 MPa, apoyada sobre una subbase granular de 15 cm y una subrasante con k = 48 MPa/m, experimentaría un esfuerzo interior máximo de aproximadamente 1.16 MPa y una deflexión máxima de 0.107 mm. Ambos valores están dentro de los límites aceptables, indicando un diseño estructural adecuado para las condiciones planteadas.

# 6 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO

En el presente apartado, se desarrolla el diseño de pavimentos para los andenes teniendo en cuenta las características geotécnicas de la subrasante, los materiales de la estructura y los espesores mínimos permitidos. Este diseño, se llevará a cabo de acuerdo con lo establecido en la Cartilla de Andenes de la Secretaría Distrital de Planeación (SDP modificación 07-06-2018).

En concordancia con la propuesta de diseño urbanístico, se plantea una de estructura de andén, en concreto estampado.

Con base en los resultados de la exploración geotécnica realizada para las vías a intervenir, se caracteriza de la misma manera el suelo de subrasante para las estructuras de los andenes pertinentes, de acuerdo con lo establecido en el apartado de Procesos Constructivos de la Cartilla de Andenes (Mod. 2018), para así mismo establecer una estructura típica para los mismos. A continuación, se define el tipo de subrasante en función de los valores de CBR natural en condición de inmersión.

**TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR**

| TIPO DE SUBRASANTE | CBR en (condición de inmersión) |
|---|---|
| S1 | Mayor o igual a 3% |
| S2 | Menor de 3% |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

Con base a lo anterior, conservando para el diseño de andenes el CBR de diseño de los segmentos viales vehiculares, se obtiene un suelo Tipo S2, lo cual indica que se requieren actividades de mejoramiento.

**TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR**

| Tipo de Suelo existente en la Subrasante | Clasificación AASHTO | Clasificación AASHTO | CBR | Proceso a seguir |
|---|---|---|---|---|
| Suelos Granulares (Gravas y Arenas) | Tipos A1 y/o A3 | Excelente o bueno | > 20 | Recolectar y compactar capa obtenida y controlar especificaciones con el diseñador |
| Suelos Finos (Arcillas y limos de baja plasticidad) | Tipo A4 | Regular o Malo | > 20 | Retirar |
| Suelos Finos (Arcillas y limos de alta plasticidad) | Tipo A4 y A2 | Regular o Malo | < 20 | Remplazar 30 cm con material de relleno de CBR mínimo del 10% (Sección 320 de la IDU (E-301) o vigente) |
| Suelos Finos (Arcillas y limos de alta plasticidad) | Tipo A5 y A7 | Regular o Malo | < 20 | Mejorar 30 cm con capa granular compactada o cal viva (Sección 330 de la IDU (E-301) o vigente) |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

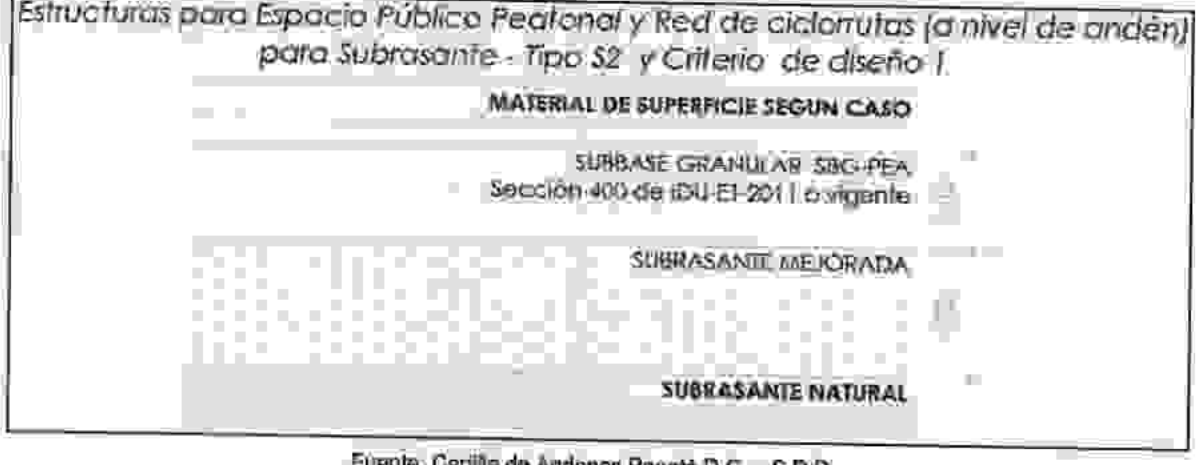
De acuerdo con la tabla anterior, se define la clasificación AASHTO del suelo existente, el cual funcionara como subrasante en función del CBR y se determinó que se debe mejorar la subrasante, teniendo en cuenta las condiciones del suelo la alternativa de mejoramiento se realizará reemplazando 20 cm de espesor del material inadecuado de la subrasante por material granular con CBR mínimo de 10%.

Posteriormente se establecen los criterios de diseño de acuerdo con el tipo de superficie y el usos posible del espacio público, para este proyecto se tomó el criterio de Diseño 1, de la Cartilla de Andenes Bogotá D.C. de la Secretaría Distrital de Planeación, la cual dice textualmente: "Para el espacio público peatonal y la red de ciclorruta a nivel de andén, por donde no circula ningún tipo de vehículo pesado, se propusieron espesores mínimos de construcción, con subbase granular tipo SBG_ PEA_B, según Especificación IDU o vigente. Aplica para estructuras articuladas y flexibles, y acceso vehicular de vivienda (máximo 2 vehículos livianos)".

Teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados, se propone la estructura de pavimento peatonal con sus espesores.

**ILUSTRACIÓN 1 ESTRUCTURA DE ESPACIO PÚBLICO PEATONAL**

*Estructuras para Espacio Público Peatonal y Red de ciclorrutas (a nivel de andén) para Subrasante - Tipo S2 y Criterio de diseño 1.*




Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:

TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1600 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

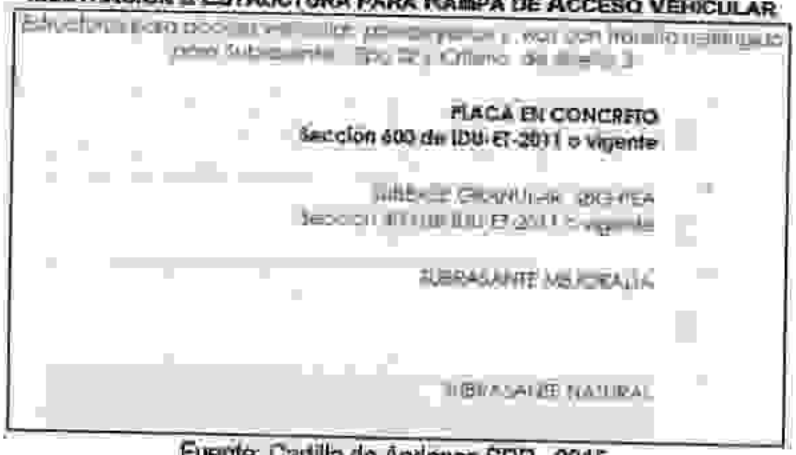
De acuerdo contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA", se puede concluir que para la estructura de pavimento de la zona peatonal se dispone de una sola zona homogénea, y con la cual se proyectó la estructura mostrada en la tabla anterior.

## 9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR

De acuerdo con la Cartilla de Andenes Bogotá D.C, las rampas no solo dan acceso vehicular a los predios sino también el acceso de las personas con movilidad reducida a los andenes y zonas peatonales que serán construidos con el desarrollo del proyecto.

Para un suelo S2 con CBR < 3%, tránsito de vehículos livianos y paso ocasional de vehículos comerciales tipo C2, se obtuvieron los espesores de las rampas vehiculares al proyecto de acuerdo a los criterios de la Cartilla de Andenes– DAPD.

ILUSTRACIÓN 2 ESTRUCTURA PARA RAMPA DE ACCESO VEHICULAR




Fuente: Cartilla de Andenes SDP , 2015

TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 15 | Placa de Concreto MR 41 kg/cm² |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 50 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

El concreto hidráulico se recomienda con módulo de rotura de 41 kg/cm conformado con la granulometría AG-1 (Tamaño máximo del pétreo de 2½ pulgadas), presentada en la Sección 500 Pavimento de Concreto Hidráulico.

En los lugares donde sea necesario completar niveles se hará con un material seleccionado por capas no mayores a 0.20 m logrando una densidad mínima del 95%, estos materiales seleccionados deben cumplir con características geotécnicas tales como IP menor o igual a 10%, contenido de finos menor o igual a 25%, CBR del 10%, tamaño máximo de 3", esto de acuerdo con el las especificaciones ET-IC-01.

# 7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

La propuesta de diseño contempla la construcción de capas estructurales de pavimento compuestas por materiales tales como mezclas asfálticas y materiales granulares. Atendiendo las especificaciones técnicas válidas en el desarrollo del presente proyecto y las cuales corresponden a las Especificaciones técnicas de construcción del Instituto Nacional de Vías - INVIAS, se presenta a continuación la caracterización de cada una de estos materiales.

- **CONCRETO HIDRÁULICO**

El concreto hidráulico, tiene la particularidad de ofrecer a la estructura una alta resistencia a la compresión que se necesita para soportar y absorber las cargas que circulan. Dicha mezcla deberá cumplir con las características especificadas en IDU-800-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MATERIALES GRANULARES:**

Los materiales granulares deberán cumplir con las especificaciones establecidas en la Especificación Técnica. Capas granulares de base y subbase del capítulo IDU-500-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE**

Los materiales de mejoramiento de subrasante deberán cumplir con las características especificadas en el capítulo IDU-410-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

# 8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES

Para garantizar que los parámetros mecánicos de cada uno de los materiales empleados en el diseño de pavimentos, cumplan con los requisitos establecidos en las Especificaciones Técnicas, su versión o actualización vigente, para la modelación de la estructura de pavimento y puedan ser suministrados por los proveedores adscritos en la base de datos vigente en la página web del IDU, se realizó un análisis de las fuentes de suministro de materiales y mezclas asfálticas, con los cuales se construirán las estructuras de pavimento y espacio público asociado con base en el diseño recomendado.

A continuación, se presentan los proveedores de mezclas asfálticas, agregados pétreos y concreto hidráulico seleccionado por su experiencia y teniendo en que se encuentran vigentes en el "Listado de Proveedores" en la página del IDU.

**TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES**

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| AGREGADOS PÉTREOS | OPERADOR DEL TITULO MINERO N° EHD-131. KM 3.8 ZONA INDUSTRIAL BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 295 DE 2009 | **DROMOS** |
| AGREGADOS PÉTREOS | KILÓMETRO 10 DE LA VÍA MULTIFAMILIAR LOS CENTAUROS. PUENTE CAÍDO VEREDA EL COCUY PREDIO SAN LUIS SOBRE EL RÍO GUAYURIBA - VILLAVICENCIO | IDU 432 DE 2016 | **REX VILLAVO** |
| AGREGADOS PÉTREOS | CARRERA 6 #153 A- 60 EN LA LOCALIDAD USAQUÉN -BOGOTÁ | IDU 435 DE 2016 | **REX BTA** |
| AGREGADOS PÉTREOS | Av. CRA 7 # 160A-06 SAN CRISTÓBAL NORTE, LOCALIDAD USAQUÉN - BOGOTÁ | IDU 568 DE 2020 | **REX BTA 7MA** |



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| AGREGADOS PÉTREOS | KILÓMETRO 3,5 VEREDA BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 455 DE 2017 | INCOMINERI |
| AGREGADOS PÉTREOS | KM 4 VÍA LA MESA - MONDOÑEDO- MOSQUERA | IDU 582 DE 2020 | LA ROCA |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1,5 VÍA AUTOPISTA MEDELLÍN COSTADO SUR - COTA | IDU 486 DE 2018 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | PREDIO DENOMINADO LOTE 10, EN LA VEREDA SAN JOSE - MOSQUERA | IDU 510 DE 2019 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1,5 VÍA BOGOTÁ- MEDELLÍN, COSTADO OCCIDENTAL VEREDA VUELTA GRANDE - COTA | IDU 582 DE 2020 | GRECO |
| ASFALTO | PREDIO VISTA HERMOSA, VEREDA BALSILLAS - KILOMETRO 25 VÍA LA MESA - PLANTA DE ASFALTO CMI | IDU 26 DE 2002 | AA |
| ASFALTO | KM 3.8 EN LA ZONA INDUSTRIAL, VEREDA BALSILLAS MOSQUERA | IDU 187 DE 2005 | DROMOS |
| ASFALTO | KM 17+200 DE LA CARRETERA CENTRAL DEL NORTE (CRA 7 DE BOGOTÁ) | IDU 164 DE 2004 | CTU |



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| CONCRETO | KR 62 No. 19 - 04 INT. 5, LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA | IDU 22 DE 2002 | HOLCIM |
| CONCRETO | PLANTA NEREIDAS - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55 A SUR - 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 216 DE 2006 | TREMIX |
| CONCRETO | PLANTA SUR - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55A SUR – 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 439 DE 2016 | POLMIX |

**Zodmes:**

A continuación, se presentan las posibles zonas de depósito para materiales sobrantes de construcción para el Proyecto. Los sitios escogidos como botaderos o zonas de depósito servirán para disponer los materiales estériles y/o sobrantes procedentes de las excavaciones de las vías.

Considerando adicionalmente parámetros como capacidad de almacenamiento y condiciones geológicas-geomorfológicas, se escogieron nueve (9) zonas para la disposición de materiales de excavación o botaderos que permitirán almacenar el volumen de material estéril o sobrante en la fase de construcción de la vía (Ver Tabla 13.4).

TABLA 8-2 ZODMES

| CATEGORÍA | NOMBRE – RAZÓN SOCIAL | MUNICIPIO | PREDIO O LOTE |
|---|---|---|---|
| 1. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | CEMEX DE COLOMBIA S.A. | BOGOTA D.C. | Reserva ecológica privada la Fiscala Capacidad: 5.000.000 m3 |
| 2. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE | RECICLADOS INDUSTRIALES | COTA | Lote la Britania Vega, en la Vereda Siberia, Municipio de Cota, |

| | | | |
|---|---|---|---|
| CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | DE COLOMBIA S.A.S. | | Cundinamarca Capacidad: 40.000 m3 |
| 3. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | Lotes 2, 3, 4 de los predios identificados con cédulas catastrales N° 00-02-0002-0186; 00-02-0002-0184-000 y 00-02-0002-0183-000, ubicados en la Vereda Panamá del Municipio de Soacha Capacidad: 4 000 000 m3 |
| 4. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | RESIESCOL S.A.S ESP | MOSQUERA | Predio denominado Lote 4 A, matrícula inmobiliaria N° 50c - 1433092, ubicado en la Vereda Balsillas del Municipio de Mosquera, Cundinamarca |
| 5. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | MATERIALES Y LOGÍSTICA S.A.S. MYLSA | MADRID | Predios denominados Finca el Paraíso, el Valle de las Mercedes y Finca la Zulia, ubicados en las Veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid Cundinamarca Capacidad: 1 000 000 m3 |
| 6. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | CICLOMAT S.A.S. | COTA | Predio ubicado 600 metros al sur de la Autopista Medellín (calle 80) entrada PRACO-DIDACOL Vía Siberia –Bogotá, Vereda Siberia del Municipio de Cota, Cundinamarca |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | En el predio el Vinculo (Polígono 3) del Municipio de Soacha-km 14 de la Vía Soacha – Sibaté. |
| 8. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | RELLENOS DE COLOMBIA S.A.S. EN LIQUIDACIÓN | MOSQUERA | Vereda balsillas, km 3 vía la mesa, Mosquera, Cundinamarca. |
| 9. DISPOSICIÓN DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | MAQUINAS AMARILLAS S.A.S. – MARILLA S.A.S. | BOGOTA D.C. | Plan de manejo y recuperación ambiental de la mina las Manas y Santa Inés en el área del contrato de concesión minera 8151 a nombre de la empresa HOLCIM COLOMBIA S A (Perfil o-o' sector Nor-Este) Tunjuelito-Bogotá. |

La evaluación de las áreas definidas para botaderos corresponden a superficies suavizadas planas a moderadamente inclinadas en depósitos aluviales recientes de llanura aluvial de los ríos Bogotá, Subachoque y Tunjuelito, así como de los depósitos de terrazas altas de la Sabana de Bogotá, los cuales corresponden a planicies extensas de aspecto aterrazado y morfología ondulada suavemente inclinada y limitada hacia los cauces por escarpes de 2 – 20 m de altura, se encuentran constituidos de arcillas grises, localmente con intercalaciones de arenas finas y delgados niveles de gravas y turbas, en capas paralelas producto de la acumulación de materiales en la cuenca ocupada por el antiguo lago de la Sabana de Bogotá, con espesores de 20 - 300 m.

Estas superficies en depósitos de la llanura aluvial y los depósitos de terrazas de la Sabana de Bogotá pueden presentar una buena condición de estabilidad, teniendo en cuenta la morfología de estas áreas, así como la pendiente y la composición de los materiales que la constituyen. Cabe resaltar que el área que conforma la ZODME ubicado en la finca El Paraíso, el valle de las Mercedes y finca La Zulia, de las veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid en Cundinamarca, se encuentra sobre superficies onduladas a inclinadas en laderas de la Formación Arenisca Dura del Grupo Guadalupe y en contacto con los depósitos aluviales de terrazas altas de la Sabana de Bogotá. Estas áreas deben ser evaluadas con trabajo de campo para determinar las condiciones morfodinámicas y de estabilidad de estas superficies. La localización de las ZODMES se presenta en la Figura 13.1, en la cual también se han ubicado las fuentes de materiales.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

424

# 9 ANÁLISIS DE RIESGOS

El análisis de los posibles riesgos en la ejecución del proyecto permite tener un panorama realista donde se considere las posibles eventualidades y su potencial consecuencia, esto permitirá establecer planes de contingencia en caso de que se presenten cualquiera de las situaciones citadas.

Para el caso de estudio, se prevén los siguientes riesgos, asociados a la etapa de construcción consecutiva a la etapa de diseño.

TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO

| RIESGO | TIPO DE CAUSA | CAUSAS PROBABLES | CONSECUENCIAS |
|---|---|---|---|
| Imprecisión en la determinación del CBR de diseño | Menor resistencia de la subrasante | Muestro Insuficiente | Disminución de la vida útil de la estructura, Falla prematura por deformación de la subrasante |
| | | Errores en el procesamiento de la información | |
| | | Afectaciones climáticas | |
| | | daños en el sistema de drenaje | |
| | | errores en la caracterización del material | |
| Aumentos en los niveles de transito | Aumento en el número de ejes equivalentes esperados | Cambios de uso de la vía por desvio | Estructura deficiente para las cargas esperadas, falla prematura de la carpeta asfáltica. |
| | | Implementación de nuevas rutas en el corredor vial | |
| | | Aumento de las cargas de los vehículos de transporte | |
| | | Errores en el conteo para establecer el TPD | |
| | | Aumentos inesperados por transito atraído/generado | |



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861467 – 3115650207
consorciosubamt@gmail.com

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fallas en los materiales | Daños por mala calidad en los materiales instalados | Malos procesos constructivos | Falla de zonas puntuales de la estructura |
| | | Cambios en la humedad por daños en el drenaje | |
| | | deficiencias en los controles de calidad | |

## 10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las propuestas de intervención RECOMENDADA como parte de las actividades a ejecutar en el proyecto de la referencia, consisten en:

**Alternativa**

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 15 cm de espesor (MR: 4,1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

Se recomienda el uso del geotextil NT1800 en la estructura de pavimento entre el suelo natural y material de mejoramiento con rajón, para evitar la contaminación entre capas y asegurar la estabilidad de la estructura.

**TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO**

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura | |
|---|---|---|---|
| | | Descripción | Espesor (cm) |
| Rigida | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón ET 410-18 de forma puntual en un espesor de 30 cm. Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub-base granular. | Concreto Hidráulico | 15 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con rajon | 30 |

**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

(*) Tener presente que en la actual etapa **NO** se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos.

De igual forma, se presenta el siguiente gráfico con la estructura de pavimento recomendada.

**TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11002907)**

| Descripción | Espesor (cm) |
|---|---|
| Concreto Hidráulico | 15 |
| Sub-base granular | 15 |
| Mejoramiento con rajón | 30 |

**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

La estructura de pavimento recomendada es en flexible, en función de garantizar la distribución de esfuerzos y el empalme con los materiales presentes en cada segmento vial. La alternativa es pavimento rígido es viable des del punto de vista técnico. sin embargo, la modificación de rigidez de los materiales presentes en la zona puede generar un impacto negativo en la distribución de presiones, además, los costos asociados son muy superiores a la de pavimento flexible y las condiciones de carga no lo ameritan.
Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:

**TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO**

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

La revisión y propuesta se hace de acuerdo a lo presentando en el informe de pavimento del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se tuvieron en cuenta los parámetros geotécnicos, tránsito y consideraciones generales. Sin embargo, se presenta una alternativa de rodadura en concreto hidráulico que garantice la durabilidad y que cuenta con las siguientes ventajas:

- Permite simular adoquines, piedra natural, ladrillo, madera u otros acabados, mejorando notablemente el aspecto visual del entorno urbano o residencial.
- Al estar hecho de concreto hidráulico, soporta cargas vehiculares y condiciones climáticas extremas sin perder su forma ni integridad.
- No se deforma ni se hunde como otros pavimentos modulares; solo requiere limpieza periódica y, en algunos casos, reaplicación del sellador.
- Una vez vaciado el concreto, el estampado se realiza mientras el concreto aún está fresco, lo que ahorra tiempo frente a métodos tradicionales como adoquines o losas prefabricadas.
- Continuidad superficial: Al no tener juntas como los adoquines, evita el crecimiento de maleza y reduce los accidentes.
- Al tener textura superficial, ofrece buen desempeño antideslizante, tanto en zonas peatonales como en pasos vehiculares, incluso en condiciones húmedas.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

- Aunque su instalación puede ser ligeramente más costosa que el concreto convencional, su vida útil y bajo costo de mantenimiento representan un ahorro a mediano y largo plazo.
- Puede adaptarse a parques, ciclovías, pasos peatonales, calles residenciales, andenes, glorietas, entre otros.

## 8.1. RECOMENDACIONES GENERALES

1. Mantenimiento posterior al servicio de la vía:

   - La intervención propuesta deberá estar acompañada de un mantenimiento rutinario al drenaje existente en la vía, el cual consistirá en la limpieza de las estructuras y revisión del estado de funcionamiento de las mismas.

   - A continuación, se presentan las actividades de mantenimiento rutinario y periódico a ejecutar según periodo de diseño:

Las actividades de mantenimiento rutinario y periódico se deberán realizar en función del área de deterioro teniendo en cuenta lo siguiente:

TABLA 10-4 CALENDARIO DE ACTUACIONES POR AÑO

| Calendario de actuaciones: Periodo de diseño: 10 años | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Año | Construcción | Fresado y sobre-capa de 5cm | Parcheo | Sello de fisuras. |
| Año - 0 | X | | | |
| Año - 1 | | | | |
| Año - 2 | | | | |
| Año - 3 | | | X | X |
| Año - 4 | | | | |
| Año - 5 | | | | |
| Año - 6 | | X | X | X |
| Año - 7 | | | | |
| Año - 8 | | | | |
| Año - 9 | | | X | X |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA

- ***Sello de grietas:*** Esta actividad consiste en la eventual conformación de las fisuras, su limpieza y la aplicación de un producto bituminoso sellante en caliente, cuyas características y cantidades dependen de la abertura de ellas, según lo establecido en el artículo 466 de las especificaciones generales de construcción de carreteras que rigen el contrato (INVIAS 2013, Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014). Dicho tratamiento se debe realizar para fisuras de tipo longitudinal y/o transversal (no interconectadas) cuya abertura sea superior a 6mm. Para evitar el desprendimiento del sello, este deberá quedar por debajo de la superficie de la fisura aproximadamente 5mm.

- ***Parcheo y Bacheo.*** El parcheo se define como la actividad que busca reemplazar en un área deteriorada (sin compromiso estructural) la carpeta asfáltica, mejorando la superficie y por ende el nivel de servicio ofrecido al usuario. El bacheo consiste en la intervención de aéreas localizadas del pavimento deterioradas, abarcando las capas asfálticas y/o las granulares hasta lograr un apoyo firme. Estas actividades se encuentran en función del área deteriorada y el tipo de deterioro. La excavación a realizar para la reparación, deberá ceñirse a lo establecido en los artículos 460 y/o 465 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras (INVIAS 2013, Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014).

  Para la ejecución de los trabajos correspondientes a Parcheo y Bacheo, se deberá tener en cuenta las recomendaciones establecidas en el Apéndice B.

  Para la ejecución de los trabajos correspondientes a Bacheo, se deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

  - El material granular a utilizar podrá ser de base o subbase granular, de acuerdo a lo que se encuentre en el área adyacente al Bache.

  - La demolición o fresado se realizará desde el interior del área afectada hacia los bordes, el fondo de la excavación deberá quedar nivelado, libre de residuos y proporcionar capacidad de soporte.

  - El espesor de material granular a restituir deberá ser el mismo al encontrado en el área adyacente al bache.

  - Todas las operaciones de aireación o humedecimiento del material se realizarán antes de su compectación, hasta llegar a la humedad óptima.

  - La extendida de los materiales granulares se realizará por medio de un equipo de enrazado manual. El extendido deberá ser realizado por capas con un espesor adecuado (en función del equipo utilizado) y uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación especificado.

- La compactación se efectuará de los bordes del bache hacia adentro.

- Sobre la superficie de la base del área afectada y en las paredes de la excavación se aplicará un riego asfáltico con emulsión de rompimiento lento, la cual deberá cumplir con lo establecido en las especificaciones generales de construcción de carreteras que rigen el contrato.

- El dimensionamiento mínimo para garantizar los procesos de compactación deberá ser de 1,10m de ancho y 2,20m de longitud.

- El corte se realizará perimetralmente, deberá tener las paredes verticales y el espesor homogéneo.

- La demolición se realizará desde el interior del área afectada hacia los bordes, el fondo de la excavación deberá quedar nivelado, libre de residuos y sin la presencia de fisuras, en el caso que la capa de soporte de la nueva capa sea asfáltica.

- Sobre la superficie de la base del área afectada y en las paredes de la excavación se aplicará un riego asfáltico con emulsión de rompimiento rápido, la cual deberá cumplir con lo establecido en las especificaciones generales de construcción de carreteras que rigen el contrato.

- Una vez la emulsión rompa, se procederá con la extendida y compactación de la mezcla asfáltica. La mezcla deberá extenderse de las orillas hacia el centro para evitar segregación y la compactación se efectuará de los bordes del parche hacia el centro del mismo.

**VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA PLATAFORMA**

Para el caso donde se presenten deformaciones plásticas (mayores a 1cm) ante una prueba de carga (como el paso de volqueta cargada en varios recorridos sobre la plataforma de trabajo), se realizarán mejoramientos puntuales en la subrasante con material tipo tolerable ART 230 INV 2013, resolución 1376 del 26 de mayo de 2014. La prueba de carga se puede hacer con cualquier elemento que cumpla las condiciones de seguridad en función de la sección de la excavación

- En los sectores en donde existan hundimientos y fisuras severas (h≥20mm) se recomienda ante la existencia de árboles laterales, realizar un tratamiento particular, mediante la tala o restitución de las especies existentes.

## 11 PROCESO CONSTRUCTIVO

### RECOMENDACIONES GENERALES

Dado que los suelos naturales presentan valores de CBR inferiores a 3% se hace necesario estabilizar mecánicamente la subrasante con un material tipo "rajón".

Una vez finalizada la excavación y alcanzado el suelo de subrasante, el material del cuerpo del mejoramiento se colocará en capas sensiblemente paralelas a la superficie de la explanación, de espesor uniforme y lo suficientemente reducido, para que, con los medios disponibles, los vacíos entre los fragmentos más grandes se llenen con las partículas más pequeñas del mismo material, de modo que se obtenga el nivel de densificación deseado.

El rajón, éste se colocará directamente sobre la subrasante, evitando su vertido desde alturas mayores a dos metros (2,0 m), con el fin de reducir su segregación. Deberá extenderse con procedimientos manuales ó con equipos livianos debido a las condiciones de la subrasante. Su compactación podrá realizarse con pasadas de buldózer o retroexcavadora, de manera que las puntas del rajón penetren parcialmente en el terreno natural. Posteriormente se realizará la instaleción del sello de rajón, el cual puede componerse de un material tipo SBG_C, el conjunto de rajón y sello de 10 cm conformarán el total de espesor de mejoramiento.

La construcción de la capa de rajón deberá adelantarse siguiendo los lineamientos establecidos en la Sección 321-11 de las Especificaciones Técnicas

### INSTALACIÓN DE CAPAS DE BASE Y SUBBASE GRANULAR

La instalación de las capas de base y subbase granular se realizarán cuando la superficie sobre la cual quedarán apoyadas presente la calidad, densidad, cotas y secciones indicadas dentro de los documentos del proyecto, previamente deberá estar concluido todo lo relacionado con los sistemas de drenaje recomendados de acuerdo con el Estudio y Diseño de Redes.

La superficie donde se dispondrá el material se deberá encontrar suficientemente seca y compacta para evitar que se produzcan ahuellamientos o desplazamientos en ella. El material se extenderá en todo el ancho previsto, en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

La cantidad de material extendido será tal, que el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos (2) ó más capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). En este caso, se aplicarán para cada capa los procedimientos de ejecución y control acá descritos. El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes.

Una vez que el material de la capa granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo adecuado, hasta alcanzar la densidad especificada.

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo aprobado y/o que normalmente se utiliza, se podrán compactar por otros medios adecuados, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

Una vez terminada la compactación, el Constructor perfilará la superficie de la capa granular, ajustándola a los perfiles longitudinales y transversales del proyecto.

## INSTALACIÓN DE CAPAS DE CONCRETO HIDRÁULICO

El proceso constructivo para pavimento en concreto hidráulico inicia con la limpieza y nivelación del terreno, seguida de la compactación de la rasante. Posteriormente, se coloca y compacta la subbase y, la base hidráulica. Se instalan las formaletas laterales o guías de nivel, y se procede a colocar el refuerzo de acero. El concreto es vaciado, extendido y vibrado para garantizar su adecuada consolidación, luego se alisa y texturiza la superficie según el acabado requerido. Una vez terminado, se realizan los cortes de juntas de contracción y construcción, y se aplica el curado mediante compuestos químicos o métodos húmedos por un mínimo de siete días. Finalmente, se inspecciona la calidad de la obra y se permite el tránsito vehicular/peatonal de acuerdo con los tiempos de fraguado y resistencia establecidos en el diseño

## 12 FUENTES DE CONSULTA


- INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO-IDU. ANEXO TÉCNICO DE DIAGNÓSTICO PARA CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL PARA BOGOTÁ. Versión 5.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS AASHTO. Guide for design of pavement structures. Washington: AASHTO, 1993.
- Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción del Innstiuto Nacional De Vias – 2013.
- Normas de ensayos de materiales INVIAS-2013. Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014.
- Shell International Petroleum Company Limited. Addendum to the Shell Pavement Design Manual. London, 1985
- Yang H. Huang: Pavement Analysis and Design. Second Edition. Pearson Prentice Hall. UnitedStates of America, 2004.
- HIGUERA SANDOVAL, CARLOS HERNANDO. Nociones sobre métodos de diseño de pavimentos para carreteras, UPTC, Tunja, 2008.
- IDU, INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO. Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción, para proyectos de infraestructura vial y de espacio público, para Bogotá D.C. 2019.

**DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA**
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**
**Software : BS-PCA**

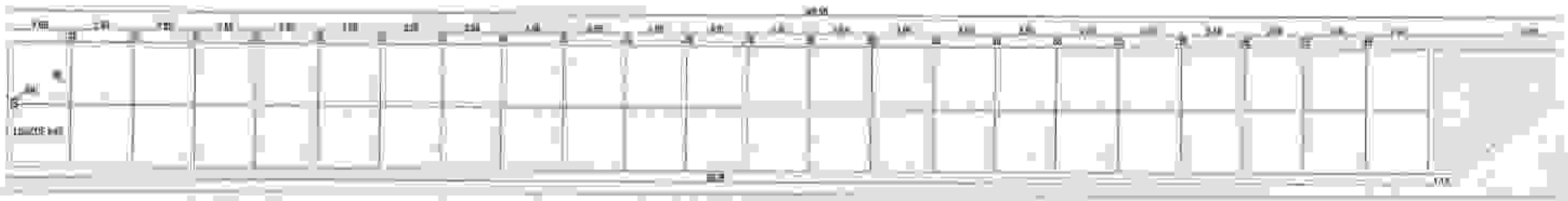
Datos :

Resistencia K del Apoyo : 175 PCI (lb/pulg3)
Espesor Losa : 150 mm
Modulo de Rotura : 42 Kg/cm2
Bermas : NO
Pasadores : SI
Factor de Seguridad Cargas : 1

Resultados :

| Carga Tn | Carga FS kN | Repeticiones Esperadas | Repeticiones Admisib_Fatiga | Consumo Fatiga % | Repeticiones Admisi_Erosion | Consumo Erosion % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **EJES SIMPLES** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| 6,00 | 58,80 | 776.134 | 1.934.436 | 40,12 | 10.260.961 | 7,56 |
| **EJES TANDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| **EJES TRIDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| | | | Total : | 40,12 | | 7,56 |

17002907



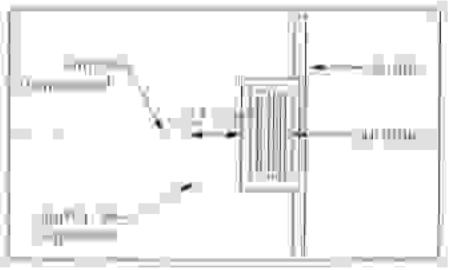






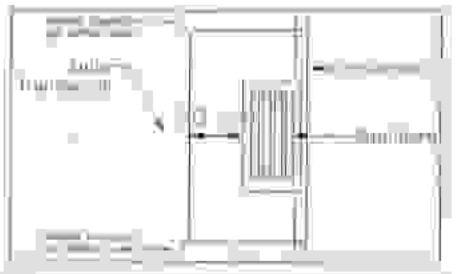












# CONSORCIO SUBA MT

NIT. 901902678-2

COP 1013-2024-LP (119224)

**CONSORCIO SUBA MT**
**GRUPO 3**

**REVISION Y AJUSTE A DISEÑO DE PAVIMENTOS DEL CONTRATO DE CONSULTORIA 345 DE 2018**

**OBJETO DEL CONTRATO: EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO (GRUPO 1) EN LA LOCALIDAD DE SUBA EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO**

**CIV 11003331**

**SEGMENTO VIAL SOBRE LA CARRERA 150B ENTRE LA CALLE 136ª Y LA CALLE 137**

**BOGOTÁ D.C, JUNIO DE 2025**

Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

## CONTROL DE DOCUMENTOS

| ESTADO REVISIÓN Y APROBACIÓN | NOMBRE | CARGO | FIRMA | FECHA |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **POR EL CONTRATISTA DE OBRA** | | | | |
| Realizo | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | MAO SEBASTIAN BERMEO | | JUNIO 2025 |
| **POR LA INTERVENTORIA DE OBRA** | | | | |
| V°. B°. INTERVENTORÍA | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | Eduardo Pardo Cano | | JUNIO 2025 |

**MODIFICACIONES**

| FECHA | VERSIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN |
| --- | --- | --- |
| 04-06-2025 | 00 | Versión Inicial N° 00 |

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 7

1. OBJETIVOS Y ALCANCE 8

1.1. OBJETIVOS GENERALES 8
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8
1.3. ALCANCE 8

2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA 10

2.1. LOCALIZACIÓN 10
2.2. CLIMA 11

3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO 12

3.1. PCA 12
3.2. AASHTO 13
3.2.1. SUBRASANTE 13
3.2.2. TRANSITO 14
3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA 14
3.2.4. SERVICIABILIDAD 14
3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD 14
3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 15
3.2.7. CONFIABILIDAD 16
3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J): 16

4. ESTUDIOS PREVIOS 17

4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA 17
4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO 18
4.3. TRANSITO 18
4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO 19
4.5. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO CONTRÁCTILES 20
4.6. CONCLUSIONES 21

5. ESTUDIO DE TRANSITO 22

6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 26

6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO 26
6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN: 26
6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 27
6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 29
6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD 29
6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 29
6.1.3. CONFIABILIDAD 29
6.1.2 MÓDULO RESILIENTE 30
6.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO 33
ALTERNATIVA PCA (CIV11003331): 34
ALTERNATIVA AASHTO (CIV11003331): 35

6 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO 40

9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR 42

7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES 44

- CONCRETO HIDRÁULICO 44

- MATERIALES GRANULARES: 44

- MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE 44

8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES 45

9 ANÁLISIS DE RIESGOS 50

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 52

11 PROCESO CONSTRUCTIVO 57

12 FUENTES DE CONSULTA 59

## LISTADO DE TABLAS

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO ..... 10
TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE ..... 13

TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA 13
TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA ..... 14
TABLA 3-4 ÍNDICE DE SEVICIABILIDAD ..... 15
TABLA 3-5 VALORES DE CD RECOMENDADOS ..... 15
TABLA 3-6 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 16
TABLA 4-1CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANÁLISIS ..... 17
TABLA 4-1 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUÍA – GRUPO DE DISEÑO 2 ..... 19
TABLA 4-2 NUMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V9 – GRUPO 1 -GUÍA BAJOS VOLUMENES IDU ..... 19
TABLA 4-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR ..... 20
TABLA 5-1 TRÁNSITO DE DISEÑO ..... 22
TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142 ..... 23
TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO ..... 23
TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS ..... 23
TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS NO. 1 ..... 24
TABLA 5-6 TRANSITO BAJO ANÁLISIS NO. 2 ..... 25
TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 27
TABLA 6-2 VALORES DE CD RECOMENDADOS ..... 29
TABLA 6-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 30
Tabla 6-4 Análisis de CBR (%) ..... 31
TABLA 6-5 MODULO RESILIENTE ..... 31
Tabla 6-6 Análisis de CBR (%) ..... 32
Tabla 6-7 Valores de K conjunto a partir del capas granulares ..... 34
TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA ..... 34
TABLA 6-9 ALTERNATIVA AASHTO ..... 35
TABLA 6-10 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 36
TABLA 6-11 PASADORES SEGÚN PCA ..... 38
TABLA 6-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA ..... 38
TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA ..... 39
TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR ..... 40
TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR ..... 40
TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 42
TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES ..... 43
TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES ..... 45
TABLA 8-2 ZODMES ..... 47
TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO ..... 50
TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 52
TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11003331) ..... 52
TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 53

TABLA 10-4 CALENDARIO DE ACTUACIONES POR AÑO..... 54

## LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO ..... 10
FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TÉRMINOS DE PSI ..... 12
FIGURA 4-6 UBICACIÓN DE SEGMENTO DE ACUERDO AL CORREDOR ..... 18
FIGURA 4-7 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11003331 ..... 20
FIGURA 4-8 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO ..... 21

## LISTADO DE ANEXOS

**ANEXO 1.** INFORME PREVIO - contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA.

**ANEXO 2.** PLAN DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS.

**ANEXO 3.** MEMORIAS DE CALCULO

## INTRODUCCIÓN

Se elabora un estudio para la EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE segmento vial CIV 11003331 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

Con el fin de obtener un diagnóstico del corredor, se tiene en cuenta estudios previos en el sector en donde se ejecutó el estudio geotécnico mediante la ejecución de apiques asociado a la evaluación del tránsito, en términos de ejes equivalentes de 80kN.

A partir de la evaluación geotécnica del tramo objeto de estudio realizado por el Consorcio Gevial en el año 2020 bajo el contrato ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL LOCAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA - FDLS-345-2018, se plantean las intervenciones a nivel de pavimentos para los segmentos viales en la localidad de Suba de la ciudad de Bogotá D.C., tomando en consideración las variables que se establecen en la metodología del anexo técnico, caracterizando el perfil estratigráfico por medio de la ejecución de apiques, las cuales son insumo para el diseño de pavimentos, tales como: CBR de la subrasante y el tránsito de diseño evaluado a un periodo de diseño a 10 años. Además de los parámetros implícitos en la metodología de diseño de pavimentos a emplear AASHTO/93.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

493

# 1. OBJETIVOS Y ALCANCE

## 1.1. OBJETIVOS GENERALES

Plantear una propuesta integral de intervención de Pavimento para el segmento vial CIV 11003331 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

## 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - 'REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, la evaluación geotécnica de las capas que componen la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio.

A partir el uso de herramientas computacionales modelar las estructuras propuestas mediante la metodología AASHTO/93 y con el programa UNALOSA, conocer los esfuerzos y deformaciones actuantes en las estructuras diseñadas.

Plantear recomendaciones generales en cuanto a la conformación de una adecuada plataforma de trabajo, con el fin de garantizar el correcto desempeño de la estructura de pavimento propuesta.

Evaluar estrategias de mantenimiento para garantizar un adecuado comportamiento estructural del pavimento en servicio.

## 1.3. ALCANCE

Por medio del actual informe técnico es presentado el diseño de pavimentos, para el segmento vial CIV 11003331 sobre la Carrera 150B entre la Calle 136A y La Calle 136A, de la localidad de Suba en la ciudad de Bogotá D.C:

Los capítulos que se incluyen en el presente informe son:

2. Descripción de la Metodología.
3. Metodología de estudio.
4. Trabajos de Campo.
   - ✓ Evaluación geotécnica del tramo de estudio.
5. Estudio de Tránsito.
6. Diseño de la Estructura de Pavimentos.
7. Secciones Transversales.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125881487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

8. Caracterización de materiales.
9. Conclusiones y Recomendaciones.

Se plantearán las intervenciones necesarias a nivel de pavimento.

# 2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

El presente informe se desarrolla como parte de la ejecución del contrato cuyo objeto corresponde al DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE EL SEGMENTO VIAL CIV 11003331 – LOCALIDAD DE SUBA – BOGOTÁ D.C.

## 2.1. LOCALIZACIÓN

El segmento vial CIV 11003331 de la localidad de Suba se encuentra en Bogotá D.C. A continuación, se presenta la localización del sitio objeto de estudio:

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO



FUENTE. GOOGLE.COM

A continuación, se presentan los segmentos a intervenir.

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO

| CIV | Ubicación |
|---|---|
| 11003331 | Carrera 150b entre Calle 136a y la Calle 137 |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

## 2.2. CLIMA

Bogotá D.C. tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C, son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)[1].

| | | |
|---|---|---|
| Temperatura promedio | = | 20 °C |
| Precipitación media anual | = | 1258 mm/año |

[1] ESTACION IDEAM 2120622- UNIVERSIDAD NACIONAL



447

# 3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

## 3.1. PCA

La metodología relacionada a continuación corresponde al tramo vial objeto de estudio, resaltando como objetivo principal la definición de las estrategias de intervención a nivel de pavimento.

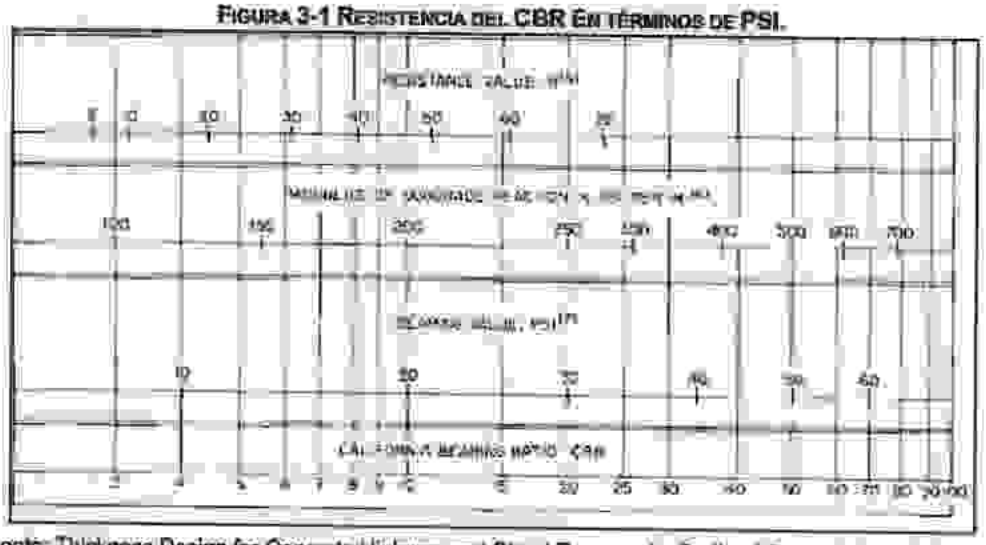
En general se considera que la intervención característica a realizar será la de diseño de la estructura del pavimento.

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Período de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.

FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TÉRMINOS DE PSI.



Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE



Table 1 Effect of Untreated Subbase on k Values

| Subgrade k value, pci | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in | 6 in | 9 in | 12 in |
| 50 | 80 | 95 | 110 | 125 |
| 100 | 130 | 140 | 160 | 180 |
| 200 | 190 | 210 | 250 | 290 |
| 300 | 250 | 280 | 330 | 400 |

Table 2 Design k Values for Cement-Treated Subbases

| Subgrade k value, pci | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in | 6 in | 9 in | 12 in |
| 50 | 170 | 220 | 310 | 440 |
| 100 | 260 | 340 | 460 | 640 |
| 200 | 370 | 470 | 630 | 880 |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

## 3.2. AASHTO

A continuación, se describe las variables que se consideran en el método AASHTO:

### 3.2.1. SUBRASANTE

Caracterizada a través del módulo de reacción de la subrasante K (en pci). Si la losa se apoya directamente sobre la subrasante, el K que se utiliza en el diseño es aquel que se obtenga de la subrasante. Sin embargo, cuando la losa se apoya sobre una capa granular de subbase o base o sobre un material estabilizado con cementante hidráulico, el K de manera obvia incrementa.

TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA

| K subrasante | | Valores de K | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Capa granular no tratada | | | | | | | |
| | | 10 cm | | 15 cm | | 22.5 cm | | 30 cm | |
| MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci |
| 20 | 73 | 43 | 155 | 28 | 105 | 82 | 117 | 68 | 140 |
| 40 | 147 | 96 | 185 | 69 | 190 | 67 | 210 | 68 | 245 |
| 60 | 220 | 84 | 235 | 66 | 245 | 76 | 280 | 90 | 330 |
| 80 | 294 | 87 | 320 | 90 | 330 | 100 | 370 | 117 | 430 |
| K subrasante | | Capa estabilizada con cementante hidraulico | | | | | | | |
| MPa/m | pci | 10 cm | | 15 cm | | 20 cm | | 25 cm | |
| 20 | 73 | 40 | 220 | 80 | 300 | 105 | 400 | 135 | 500 |
| 40 | 147 | 100 | 370 | 140 | 500 | 185 | 680 | 230 | 850 |
| 60 | 220 | 140 | 520 | 180 | 700 | 245 | 900 | | |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

### 3.2.2. TRANSITO

Esta variable es difícil de establecer y caracterizar ya que los vehículos que circulan por una vía presentan diferentes magnitudes, configuraciones de ejes, presiones de inflado, velocidad de circulación y número de llantas. Por lo general se caracteriza a través del número de ejes equivalentes de 8.2 o 13 toneladas que circulan en el carril y el período de diseño (N) 2.

### 3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA

Los parámetros mecánicos con los cuales se caracteriza la losa de concreto son el módulo elástico Ec y el de rotura MR en psi, medidos a los 28 días.

### 3.2.4. SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Índice de serviciabilidad (ΔPSI=Po -Pf). Valores recomendados para determinar el valor de Pf para pavimento rígido se presentan en la tabla:

TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA

| Tipo de Carretera | Periodo de Diseño (Años) |
|---|---|
| Urbana de tránsito elevado | 30 – 50 |
| Interurbana de tránsito elevado | 20 – 50 |
| Pavimentada de baja intensidad de tránsito | 15 – 25 |
| De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava | 10 – 20 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Inicialmente esta condición se cuantificó a través de la opinión de los conductores, cuyas respuestas se tabulaban en la escala de 5 a 1:

[2]Pavimentos: materiales. Hugo Rondon



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

TABLA 3-4 ÍNDICE DE SEVICIABILIDAD

| Índice de Serviciabilidad (PSI) | Calificación |
|---|---|
| 5 – 4 | Muy buena |
| 4 – 3 | Buena |
| 3 – 2 | Regular |
| 2 – 1 | Mala |
| 1 – 0 | Muy mala |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final. El índice de servicio inicial po depende del diseño y de la calidad de la construcción. En los pavimentos flexibles estudiados por la AASHTO, el pavimento nuevo alcanzó un valor medio de po = 4,2.

### 3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

TABLA 3-5 VALORES DE CD RECOMENDADOS

| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 – 5% | 5 – 25% | Más de 25% |
| Excelente | 1.25 – 1.20 | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 |
| Muy malo | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 – 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993



453

### 3.2.7. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla:

**TABLA 3-8 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO**

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R (%) | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Colectoras | 80.0 – 99.0 | 75.0 – 95.0 |
| locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R [%] | 50 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 98 | 99.9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Z_r$ | 0.0000 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -2.054 | -3.750 |

| Proyecto de pavimento | $S_o$ | |
|---|---|---|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J):

Es un parámetro adimensional que tiene en cuenta la capacidad que tienen los pasadores en una estructura de pavimento rígido de transferir o distribuir cargas en la zona más propensa a fallar (juntas). Este parámetro adicionalmente tiene en cuenta el efecto que genera sobre las juntas y sobre la transferencia de carga el confinamiento lateral de la losa.

Para juntas con pasadores, el valor recomendado de J es 2.7 y 3.2, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente. Para juntas sin pasadores, los valores de J pueden llegar a aumentar hasta 4.2 y 4.4, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente.

El espesor de la losa de concreto (D, en pulgadas) que compone la estructura del pavimento rígido se determina a través de la ecuación:



# 4. ESTUDIOS PREVIOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta la evaluación geotécnica de la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio. A continuación, se presenta lo relacionado:

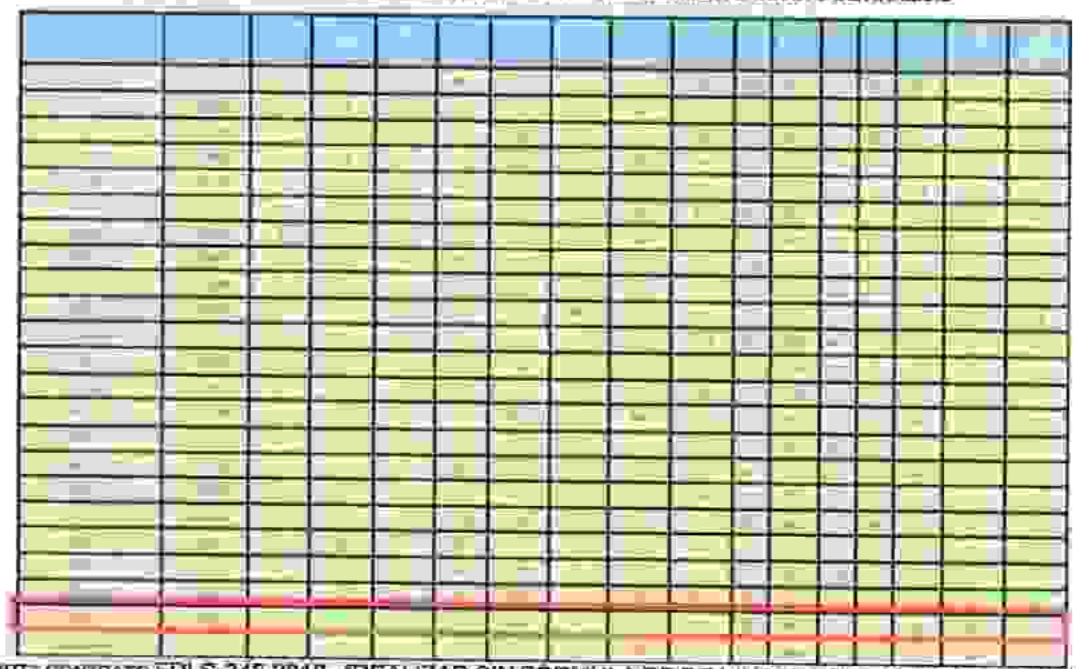
## 4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA

La subrasante del corredor, está conformado por arcilla de baja compresibilidad CL.

Las arcillas de baja plasticidad CL se evidencian como materiales plásticos, con porcentaje de pasa 200% de 98% y porcentaje de arena de 2.0%. El CBR de este material en condiciones de inmersión es de 2.14% sin potencial expansivo.

Como es común en los suelos de esta localidad es necesario la estabilización y/o mejoramiento del mismo, esto, con el fin de tener una capacidad de soporte adecuada para la estructura del pavimento y el transito proyectado, dado que el **CBR promedio y de diseño es 2.14%;** es decir, se evidencia un material de una capacidad baja. Las propiedades anteriormente descritas se pueden evidenciar en la siguiente tabla:

TABLA 4-1CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANÁLISIS

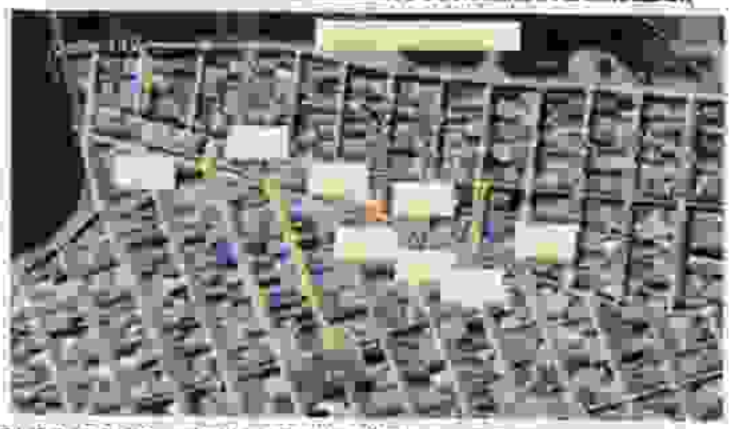


FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA

## 4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO

Los corredores de diseño 3 se encuentran conformados cada uno por dos segmentos viales. Por su parte, el corredor 3 se compone de cinco (5) segmentos viales, mientras que los corredores 4, 5, 6 y 7 por tres (3) CIVs respectivamente y, finalmente el corredor 8 por cuatro (4) segmentos, según se muestra a continuación:

FIGURA 4-1 UBICACIÓN DE SEGMENTO DE ACUERDO AL CORREDOR



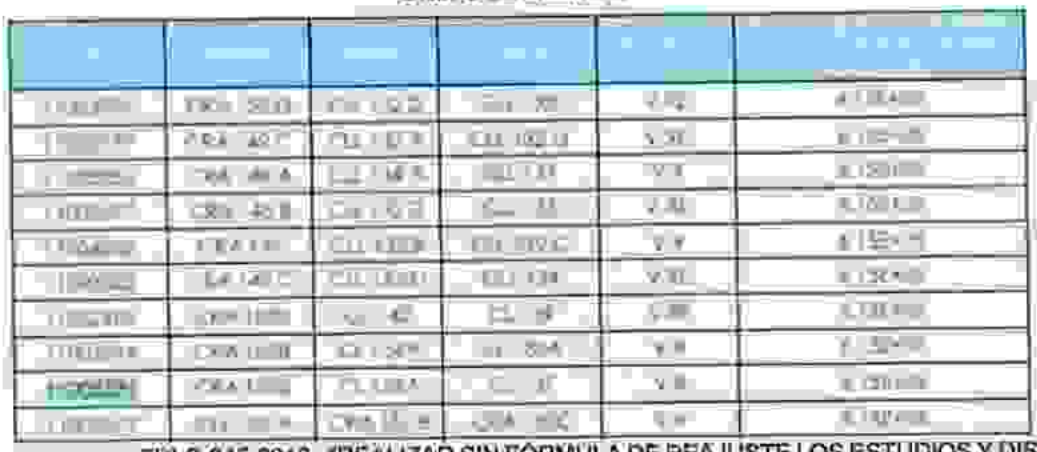
FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

**Grupo 3:** Localizado en la Carrera 150b entre la Calle 136a y la Calle 137 y se encuentra conformado por el segmento vial 11003331.

## 4.3. TRANSITO

Del informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 3, el cual en su gran mayoría son vías peatonales (V9) es menor, en términos de ejes equivalentes de 8.2 T, al mínimo indicado por la Guía de diseño pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías Locales para Bogotá D.C, por lo tanto se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 615.000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 4-2 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUÍA – GRUPO DE DISEÑO 2

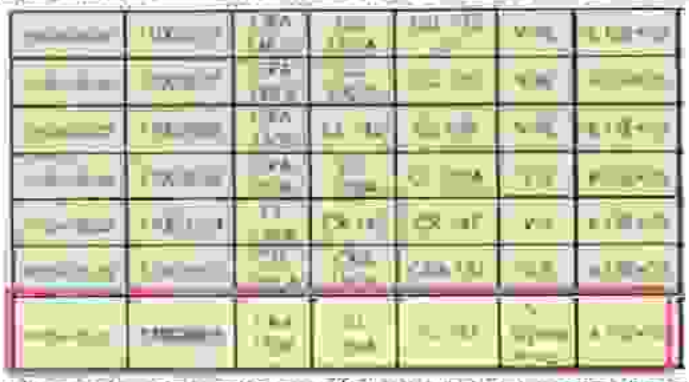


FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO

Del informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 – "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 3:

TABLA 4-3 NUMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V3 – GRUPO 1 - GUÍA BAJOS VOLÚMENES IDU



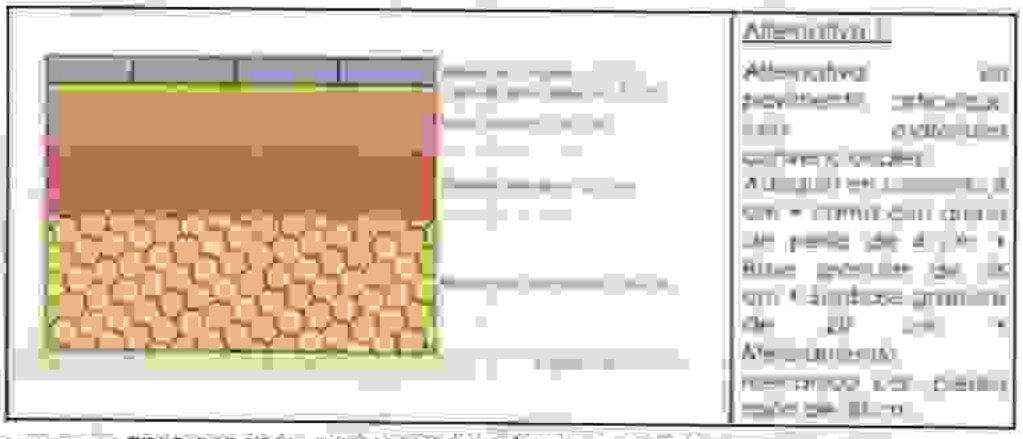
FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor:



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

FIGURA 4-2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11003331



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor:

TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.5. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO CONTRÁCTILES

Si bien en los capítulos anteriores se presentaron las zonas en las cuales se detectó la presencia de suelos con susceptibilidad contracto expansiva, es necesario que durante la etapa de construcción de las obras se evalúe de forma constante y permanente la calidad y tipología de los suelos de Subrasante con el objetivo de detectar zonas adicionales con presencia de suelos expansivos, ya que de darse esta situación deberá darse, también, el tratamiento que se indica en el presente capítulo.

- Construir la estructura de pavimento definida en los estudios, contemplando el material de mejoramiento correspondiente.



456

FIGURA 4-3 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.6. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" se presentan las siguientes conclusiones:

- La gran mayoría de las vías de este grupo de diseño son vías V9 las cuales son peatonales, lo que implica un diseño tendiente a pavimento articulado por el menor costo que esta alternativa representa. Por su parte, en las vías vehiculares se propone una estructura de pavimento flexible convencional.
- Se llevaron a cabo apiques o calicatas en cada CIV de diseño de donde se obtiene el perfil estratigráfico y se tomaron muestras para la caracterización principalmente de los suelos de subrasante. Los ensayos que se realizaron corresponden a humedad natural, gradación, límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico), eventualmente ensayos de límites de contracción y CBR's inalterado de la subrasante.
- De acuerdo con los resultados de la información geotécnica, apiques y ensayos de laboratorio, los suelos de subrasante son muy pobres y de muy baja capacidad de soporte y además en algunos casos los suelos han presentado características expanso contráctil dado por la expansión en ensayos de CBR y límites de contracción.
- Existe una perfecta correlación entre la Geología Regional del sector específico de Suba y las condiciones de subrasante obtenidas de la caracterización de la subrasante.
- El dimensionamiento de las estructuras de pavimento corresponde al diseño con el CBR en condiciones saturadas que a pesar de que es la condición más crítica, esta situación se evidencia por la cercanía al río Bogotá.
- Se plantean dos (2) alternativas de diseño enfocadas en el tipo de estabilización de la subrasante, pero sin cambiar la tipología de las estructuras, lo que se da en beneficio directo del proyecto.
- El dimensionamiento de las estructuras de pavimento se llevó a cabo bajo la metodología de la Guía de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C., para el caso de vías en pavimento articulado y la metodología AASHTO-93 para el dimensionamiento de las estructuras en pavimento flexible.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

## 5. ESTUDIO DE TRANSITO

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta el tránsito para el segmento vial CIV 11003331:

Del informe de "Estudio de Tránsito V2" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 2, se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 615.000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 5-1 TRÁNSITO DE DISEÑO

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

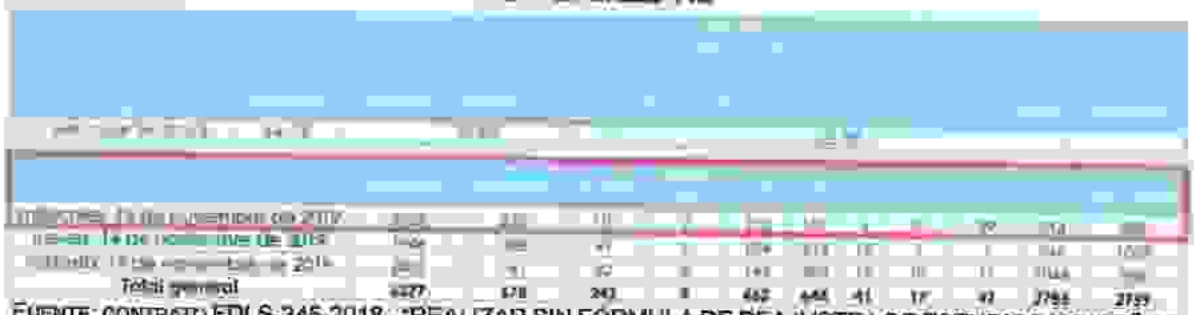
### Análisis 1:

De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un conteo que se relaciona con la estación No. 2. ubicada en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 142 hasta la Calle 139 y se reportaron los siguientes resultados:



Calle 35 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

**TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142**



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

Teniendo en cuenta que el tránsito de estudio previos obedece a 650.000 ejes equivalentes de 8.2, se presenta la siguiente equivalencia para estimar el tránsito en repeticiones esperadas por tipo de vehículo, es necesario aplicar factores de equivalencia de carga (FEC) específicos para cada vehículo. Estos factores reflejan el daño relativo que cada tipo de vehículo genera al pavimento en comparación con un eje estándar de 8.2 toneladas. A continuación, se presenta la siguiente estimación de composición vehicular:

**TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO**

| | |
|---|---|
| Autos | 0 |
| Microbuses | 0.4 |
| buseta | 0.4 |
| Bus Intermunicipales | 1.0 |
| C2P | 1.14 |
| C2G | 3.44 |
| C3-C4 | 3.76 |
| C5 | 4.4 |
| >C5 | 4.72 |

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO COLOMBIA.

Teniendo en cuenta la tabla anterior, se utilizan los FEC por cada vehículo y se obtienen los siguientes resultados:

**TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS**

| Tipo | Cantidad | FEC estimado | Repeticiones equivalentes |
|---|---|---|---|
| Automóvil | 2026 | 0 | 0 |
| Microbús | 235 | 0,4 | 94 |
| Buseta | 110 | 0,4 | 44 |
| Bus Inter | 2 | 1 | 2 |
| C2P | 215 | 1,14 | 245,1 |

| Tipo | Cantidad | FEC estimado | Repeticiones equivalentes |
|---|---|---|---|
| C2G | 151 | 3,44 | 519,44 |
| C3 | 5 | 3,76 | 18,8 |
| C3-S2 | 0 | 3,76 | 0 |
| C3-S3 | 29 | 3,76 | 109,04 |
| Moto | 943 | 0 | 0 |
| Bicicleta | 882 | 0 | 0 |
| **Total Repeticiones Día** | | | 1032,38 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Con una proyección de periodo de diseño se tiene para 20 años, crecimiento del tráfico anual del 3%, y 365 días al año.

Se usa esta fórmula para estimar las repeticiones acumuladas:

$$N = EPS_{diseño} \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

N=10.125.259 repeticiones equivalentes de 8.2 toneladas.

El valor estimado de repeticiones acumuladas a 20 años se derivó del aforo vehicular realizado el miércoles 19 de noviembre de 2019 en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 139, correspondiente a la estación No. 2 del estudio de tránsito. Para el diseño de la estructura de pavimento del segmento CIV 11003331, y con el fin de evitar una sobredimensión innecesaria, se adopta un enfoque de diseño conservador pero seguro, basado en datos reales. En consecuencia, se considera únicamente el 8% del volumen total registrado en dicho aforo, dado que los datos corresponden a una intersección con un flujo vehicular elevado en comparación con el tramo objeto de análisis. Esta proporción se justifica por la necesidad de ajustar el diseño a condiciones operativas más representativas del segmento vial intervenido, manteniendo al mismo tiempo un margen de seguridad estructural.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se presenta la siguiente tabla resumen con las repeticiones estimadas:

TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS NO. 1

| Peso (toneladas) | Repeticiones |
|---|---|
| 8.2 | 810.020 |

FUENTE: ELABORACION PROPIA

**Análisis 2:**

De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un tránsito 650.000 ejes equivalentes de 8.2 para la estimación que se hizo en el informe del año 2019. A continuación, se presenta el análisis a considerar.

TABLA 5-6 TRANSITO BAJO ANÁLISIS NO. 2

| Tasa de crecimiento: 3% | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Año 2019** | **Año 2020** | **Año 2021** | **Año 2022** | **Año 2023** | **Año 2024** | **Año 2025** |
| 650000 | 669500 | 689585 | 710273 | 731581 | 753528 | 776134 |

FUENTE: ELABORACION PROPIA

La tabla presentada se construyó a partir de las estimaciones de tránsito reportadas en los estudios previos del componente de tránsito correspondientes al año 2019. No obstante, considerando que el año base para el análisis es 2025, se realizó una proyección del volumen de tránsito aplicando una tasa de crecimiento anual del 3% (informe de tránsito de: FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA). Esta proyección tiene como objetivo establecer un criterio de diseño bajo condiciones conservadoras y seguras, sin incurrir en una sobredimensión innecesaria de la estructura del pavimento.

Finalmente, es importante resaltar que el presente análisis se basa en los estudios previos desarrollados en el marco del contrato No. 345-2018, específicamente en la información contenida en el estudio de tránsito elaborado en dicha consultoría. Con fundamento en estos antecedentes y considerando los datos de volúmenes vehiculares y composición del tráfico reportados, se proyecta un valor de tránsito acumulado de **776.134 vehículos equivalentes** para el horizonte de diseño. Este valor constituye la base para el dimensionamiento estructural, en concordancia con los lineamientos técnicos establecidos en las metodologías de diseño vial vigente.

# 6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

En el desarrollo del presente estudio se diseñará la alternativa de diseño:

- Pavimento rígido mediante el método de la Portland Cement Association PCA 84.
- Pavimento rígido mediante el método AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

## 6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO

Al presentar una propuesta de diseño del pavimento, es necesario considerar tres variables fundamentales, como lo son: la exploración geotécnica (determinar las características del perfil estratigráfico existente), la evaluación estructural del pavimento (evaluación del deterioro superficial), diseño geométrico (rasante) y las cargas de tránsito proyectadas en el periodo de intervención.

Como fue indicado en el Alcance del documento, este informe busca definir la propuesta de intervención a nivel de pavimento para el CIV11003331.

- **MATERIALES**

Los materiales deberán cumplir con las especificaciones IDU-18, resolución 010910 del 27 de diciembre de 2019 de la siguiente manera:

- Capas de concreto hidráulico. IDU-800-18.
- Capas de material granular. IDU-500-18.
- Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales. IDU-410-18.

### 6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN:

**Alternativa**

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 15 cm de espesor (MR: 4,1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

(*) Tener presente que en la actual etapa NO se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos.

TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Tramo de Estudio | Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) |
|---|---|---|
| CIV11003331 | Rígido | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rejón en un espesor 30 cm, incluye sello de 10 cm de material granular |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **CLIMA Y TEMPERATURA**

Bogotá D.C. tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C, son consultados en los calendarios meteorologicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)3.

| | | |
|---|---|---|
| Temperatura promedio | = | 20 °C |
| Precipitación media anual | = | 1258 mm/año |

### 6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGIDO

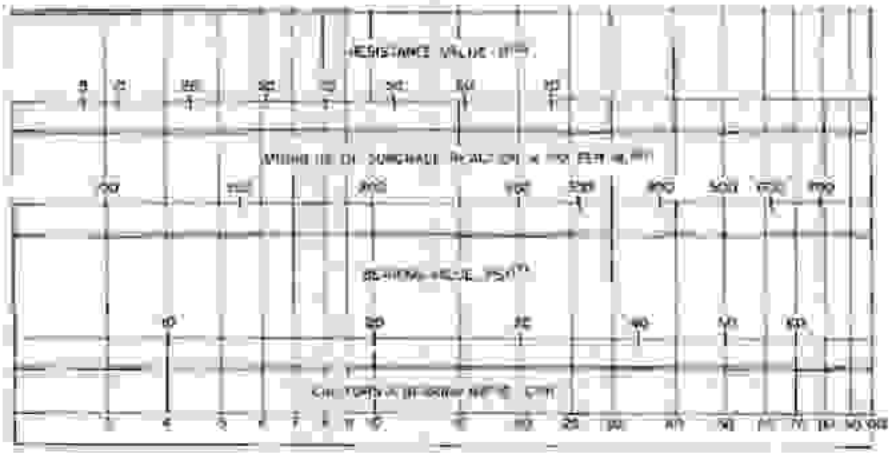
Para el diseño del pavimento rigido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga

[3] ESTACION IDEAM 2120822- UNIVERSIDAD NACIONAL

- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.



Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

**Table 1. Effect of Untreated Subbase on *k* Values.**

| Subgrade *k* value, pci | Subbase *k* value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 8 in. | 12 in. |
| 50 | 65 | 75 | 85 | 110 |
| 100 | 130 | 140 | 160 | 190 |
| 200 | 220 | 230 | 270 | 320 |
| 300 | 320 | 330 | 370 | 430 |

**Table 2. Design *k* Values for Cement-Treated Subbases**

| Subgrade *k* value, pci | Subbase *k* value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 8 in. | 10 in. |
| 50 | 170 | 230 | 310 | 390 |
| 100 | 280 | 400 | 520 | 630 |
| 200 | 470 | 640 | 830 | |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

### 6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGIDO

Para el diseño del pavimento rigido se mediante el método AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Periodo de diseño: **20 años.**

### 6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad: 4.2 – 2.0.

### 6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd: 0.90 – Regular. para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

**TABLA 6-2 VALORES DE CD RECOMENDADOS**

| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento esta expuesta a grados de humedad proxima a la saturacion | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 - 5% | 5 - 25% | Más de 25% |
| Excelente | 1.25 - 1.20 | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 |
| Muy malo | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 - 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

### 6.1.3. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla:



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861467 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

**TABLA 6-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO**

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R (%) | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Colectoras | 80.0 – 95.0 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R (%) | 50 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 92 | 93 | 95 | 98 | 99.99 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Z | 0,000 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -2.054 | -3.750 |

| Proyecto de pavimento | S | |
|---|---|---|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Valor So: 0.35.
Modulo de elasticidad concreto: 4.228.920 psi.
$f_c'$ = 5500 psi.

$$E = 57.000 \cdot \sqrt{f_c'}$$

E = módulo de elasticidad en psi
$f_c'$ = resistencia a compresión del concreto en psi

Módulo de rotura concreto: 4.1 MPa = 594 PSI.
Coeficiente de transferencia de carga (J): 2.7 para juntas con pasadores.

### 6.1.2 MÓDULO RESILIENTE

De acuerdo con Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" efectuada en el tramo objeto de estudio, el módulo Resiliente- MR, corresponderá a los valores de resistencia de la subrasante obtenidos en los ensayos de CBR en inmersión, los cuales fueron registrados en el capítulo de Estudios previos:

El valor de **CBR promedio y de diseño es 2.1%**

TABLA 6-4 ANÁLISIS DE CBR (%)

| CBR DE DISEÑO |
|---|
| 2.1 |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con lo anterior, el módulo se correlaciona con el valor promedio de los valores de CBR de laboratorio en inmersión (Capítulo de Estudios Previos), teniendo en cuenta la ecuación-14, para CBR<10%, de la Guía para diseño de estructuras de pavimento de AASHTO/1993,

$$Mr = 1500 * CBR, \text{ (psi) (14)}$$

Si CBR<10%

TABLA 6-5 MÓDULO RESILIENTE

| Tramo de Estudio | CBR diseño (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|
| CIV 11003331 | 2.1 | 3150 | 21.71 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, se requiere realizar un mejoramiento de la subrasante, para lo cual se propone la realización de un mejoramiento con material tipo rajón (IDU No. ET-410-18), al que se le establecen las siguientes características:

- Espesor de mejoramiento mínimo: 30 cm

Con base en estas características, se determina las características del CBR mejorado con la metodología de IVANOV, de acuerdo a la siguiente formulación, donde:

Esquiv: Módulo Resiliente compuesto de la subrasante mejorada

Einf: Módulo Resiliente capa inferior

N: Parámetro de rigidez, determinado a partir de los módulos de las capas inferior y superior

A: Radio de carga

H: Espesor de la capa de mejoramiento o capa superior

$$h = \frac{2A}{N} * \tan\left[\frac{1 - {Einf}/{Eequiv}}{\frac{2}{\pi} * \left(1 - {1}/{N^{3,5}}\right)}\right] \quad (15)$$

$$N = \left(\frac{E\,sup}{E\,inf}\right)^{0,33}$$

El módulo de la cada inferior es estimado a partir de la siguiente expresión:

$$E = 10 * CBR(\%) \quad (16)$$

El módulo de la capa superior, tomando en consideración que el módulo de las capas granulares es dependiente del estado de esfuerzos y confinamiento de las capas, se determina a partir de la ecuación de Shell, en función del espesor de capa de mejoramiento y el módulo de la capa inferior mediante la expresión.

$$Esup = 0{,}204 * E\,inf * H^{0{,}45} \quad (17)$$

| CBR de subrasante | Módulo de subrasante | | Módulo de mejoramien | Espesor mejoramiento | Módulo combinado de Subrasante+Mejoramiento | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CBR de SBR (%) | Esr (MPa) | Esr (kg/cm$^2$) | Ege (MPa) | Hge (cm) | Eeq (kg/cm$^2$) | Eeq (MPa) | CBR (%) |
| 2,10 | 21,00 | 214,1 | 76,9 | 30,0 | 473,7 | 46,4 | 4,64 |

TABLA 6-6 ANÁLISIS DE CBR (%)

| Tramo de Estudio | Mejoramiento de la subrasante (m) | CBR Equivalente (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|---|
| CIV11003331 | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón en un espesor 30 cm, incluye sello de 10 cm de material granular. | 4,6 | 6900 | 47,57 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



458

### 6.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO

Es este capítulo se presentan las estructuras de pavimento definidas para las vías del proyecto y el espacio público. Se incluyen las estructuras de pavimentos y los espesores de sus capas. En el Anexo se presentan las memorias de cálculo del diseño.

- Pavimento rígido con losas de concreto apoyadas sobre sub-base granular.

Para el diseño del pavimento rígido se empleará la metodología PCA 84 y se realizará la realizará la verificación de esfuerzos y deformaciones con el software EverFe

**PARÁMETROS DE DISEÑO**

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU MR41.
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

**MÓDULO DE REACCIÓN k DE LA SUPERFICIE DE LA SUBRASANTE**

El valor de k se puede determinar mediante la siguiente correlación con el CBR:

$$k_{[kg/cm^3]} = 0.25 + 5.15 \log CBR$$

$$k_{[lb/pulg^3]} = 36.85\, k_{[kg/cm^3]} \quad (14)$$

k= 137.15 lb/pulg3

El valor mostrado anteriormente se obtiene a partir del CBR mostrado anteriormente correspondiente a 4.6 %, teniendo en cuenta el valor de mejoramiento con rajón en un espesor de 30 cm, con sello de 10 cm de material granular.

## ALTERNATIVA PCA (CIV11003331):

La sub-base se recomienda para prevenir el fenómeno de bombeo, y su presencia aumenta la capacidad de soporte de pavimento optimizando el espesor de la losa de concreto. A continuación, se presenta el incremento que se puede obtener mediante la instalación de 15 cm de sub-base:

**TABLA 6-7 VALORES DE K CONJUNTO A PARTIR DEL CAPAS GRANULARES**

| Valor de K para subrasante | | Valor de K para sub base granular | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100 mm | | 150 mm | | 225 mm | | 300 mm | |
| Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 |
| 20 | 73 | 23 | 85 | 26 | 96 | 32 | 117 | 38 | 140 |
| 40 | 147 | 45 | 165 | 49 | 180 | 57 | 210 | 66 | 245 |
| 60 | 220 | 64 | 235 | 68 | 245 | 76 | 280 | 90 | 330 |
| 80 | 295 | 87 | 320 | 90 | 330 | 100 | 370 | 117 | 430 |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

De acuerdo con la tabla anterior, ingresamos con el valor de 132.06 lb/pulg3 (36.18 Mpa/m) tenemos un valor de k conjunto de = 44 MPa/m (160.58 lb/pulg3) mediante la aplicación de una capa de sub granular de 15 cm.

Teniendo en cuenta lo citado anteriormente y a partir de la utilización del software computacional BS-PCA se obtiene un espesor de losa de 15 cm, tal como se muestra a continuación:

**TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA**



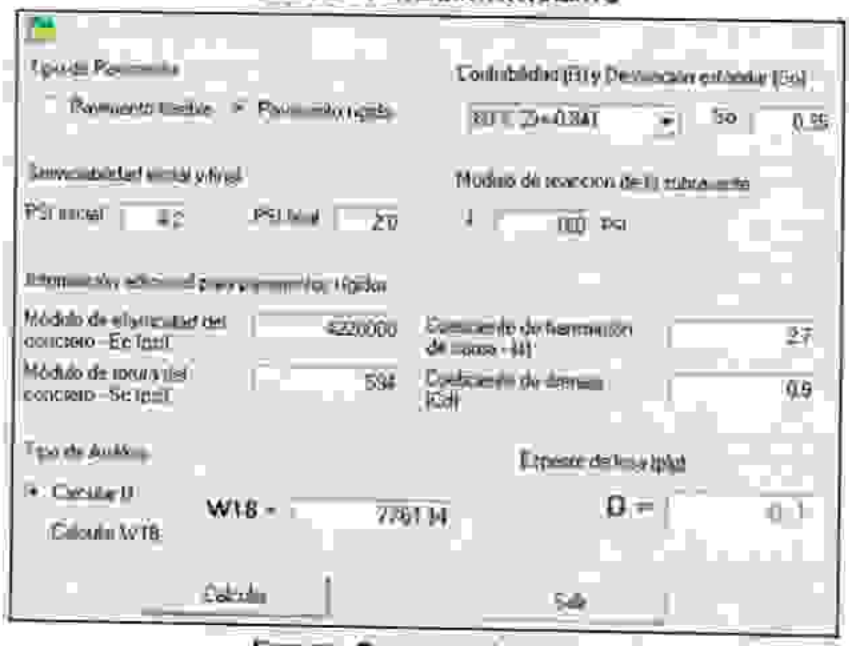

**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

En el anexo se encuentra la memoria de cálculo.

**ALTERNATIVA AASHTO (CIV11003331):**

La alternativa para la metodología AASHTO, presenta el siguiente resultado:

**TABLA 6-9 ALTERNATIVA AASHTO**




**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

Teniendo en cuenta la metodología AASHTO, el espesor de la losa es de 15 cm.

**Calidad del concreto**

La resistencia a la flexión se expresa en su Módulo de Rotura. Para el presente diseño, se propone un módulo de rotura de 4,1 MPa.

**Transferencia de Carga**

Se considera el diseño con pasadores.

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 15 cm de espesor (MR: 4.1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con lo anterior, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

TABLA 8-10 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura (*) | |
|---|---|---|---|
| | | Descripción | Espesor (cm) |
| Rígida | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón ET 410-18 de forma puntual en un espesor de 30 cm. Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub-base granular. | Concreto Hidráulico | 15 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con rajón | 30 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

(*) Generalmente, la metodología PCA tiende a arrojar un espesor de losa mayor que la metodología AASHTO. Esto se debe a que PCA evalúa directamente los esfuerzos que actúan sobre la losa (tracción, flexión y tensiones térmicas), considerando condiciones críticas como carga en el borde, expansión térmica, fricción entre losas y gradientes de temperatura, lo cual conduce a diseños más conservadores en ciertos contextos, especialmente en aplicaciones industriales o con alta variabilidad térmica.
En cambio, AASHTO se basa en modelos empíricos, ajustados a condiciones de prueba específicas (AASHO Road Test), por lo cual sus resultados pueden ser menos conservadores, especialmente fuera de los rangos para los cuales se calibró la ecuación.

**Modulación de losas:**

El concreto hidráulico como superficie de rodadura, se encuentra sujeto a diferentes esfuerzos, entre los cuales se encuentran: cargas de tránsito, contracción y expansión del concreto (el concreto al endurecer ocupa menos volumen que cuando está fresco) y diferencias de temperatura o humedad entre la fibra superior y la inferior, entre otras. Con el fin de contrarrestar estos esfuerzos, no es suficiente el proporcionar un espesor adecuado, sino proyectar juntas longitudinales y transversales que impiden un fisuramiento temprano del concreto, estas juntas deben estar diseñadas técnicamente, mediante el empleo de los siguientes criterios:

***Espaciamiento de Juntas***

- ✓ La separación de las juntas transversales se encuentra en función del espesor del pavimento, mediante la relación:

$$S = (21 \text{ a } 24)\, d$$

*Ecuación 1*

Donde,
S = Separación de la junta

d = espesor del pavimento

21 = Para valores máximos de fricción entre la base y el pavimento.

24 = Para valores normales de fricción entre la base y el pavimento.

*Para el espesor del CIV11003331 de 150 mm la separación máxima entre juntas transversales es de: 2.60m.*

La relación entre el largo y el ancho de la losa debe encontrarse entre un intervalo de 1 y 1,25.

$$1.0<largo/ancho<1,25$$

En función del espesor de la losa, la longitud de la losa debe ser máximo 25 veces el valor del espesor,

$$L \leqslant 25\ H$$
$$L_{20} \leq 5{,}0$$
$$L_{30} \leq 7{,}5$$

Donde

L: Longitud de la Losa

H: Espesor de la Losa (m)

Teniendo en cuenta que el segmento vial tiene un ancho aproximado de 5.2 (2.60 por losa) metros la relación de esbeltez, igual a 1,0 la longitud es de 2.60, para losas de espesores de 15 cm. Sin embargo, es importante aclarar que la longitud y ancho de la losa están en función de la geometría de la vía, considerando los criterios antes citados en términos de esbeltez.

**Transferencia Mecánica de Carga**

Aunque es preciso reconocer que los agregados ofrecen mediante su trabazón un grado de transferencia de carga; debido al tráfico de la vía en estudio es necesario implementar una transferencia de carga mecánica mediante la disposición de dovelas (barras de acero lisas insertadas en las juntas) que buscan transferir cargas sin restringir el movimiento horizontal.

Pasadores: Considerando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para una losa cuyos espesores de 150 mm se requiere el empleo de pasadores lisos, constituidos por Barras de 3/4" de diámetro, de 350 mm de longitud y separación entre centros de 300 mm.



453

TABLA 6-11 PASADORES SEGÚN PCA

| ESPESOR DE LOSA (pulg) | DIAMETRO DEL PASADOR (pulg) | LONGITUD (pulg) | ESPACIAMIENTO (pulg) |
|---|---|---|---|
| 5 | 5/8 | 12 | 12 centro a centro |
| 6 | 3/4 | 14 | |
| 7 | 7/8 | 14 | |
| 8 | 1 | 14 | |
| 9 | 1 1/8 | 16 | |
| 10 | 1 1/4 | 18 | |
| 11 | 1 3/8 | 19 | |
| 12 | 1 1/2 | 20 | |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Barras de anclaje: Tomando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para un ancho de carril de 2.60 m y un espesor de losa de 150 mm, en las juntas longitudinales se emplearán barras corrugadas de ½" pulgada de diámetro, de fy = 280.0 MPa, con una longitud de 0.60 m y una separación entre las mismas de 0.60 m

TABLA 6-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA

| Espesor losa (mm) | Varillas de ½" | |
|---|---|---|
| | Long (mm) | Separación entre centros (m) |
| | | Carril 2.60 m |
| 150 | 600 | 0.60 |
| 175 | | 0.60 |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Es fundamental asegurar la correcta alineación y nivelación de pasadores y dovelas para garantizar una transferencia de carga eficiente y evitar concentraciones de esfuerzo.

Durante la construcción, se debe verificar la correcta colocación y fijación de los pasadores y dovelas antes del vertido del concreto.

**Esfuerzo y deformación:**

**Parámetros Iniciales:**

**Espesor de la losa (h):** 150 mm.
**Módulo de ruptura del concreto (MR):** 4.1 MPa.
**Módulo de elasticidad del concreto (E):** 31,000 MPa.

**Relación de Poisson (v):** 0.15.
**Módulo de reacción de la subrasante (k):** 33 MPa/m.
**Carga aplicada (P):** 8.2 Toneladas
**Radio de contacto de la carga (a):** aproximadamente 150 mm.

Asimismo, mediante el software especializado UNALOSA, se lleva a cabo la verificación de los estados de esfuerzo y deformación asociados a una losa de pavimento con espesor de 15 cm:

**TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA**




**FUENTE: UNALOSA**

## Conclusión

Bajo una carga de 80 kN, la losa de concreto de 15 cm de espesor, con un MR de 4.1 MPa, apoyada sobre una subbase granular de 15 cm y una subrasante con k = 48 MPa/m, experimentaría un esfuerzo interior máximo de aproximadamente 1.16 MPa y una deflexión máxima de 0.107 mm. Ambos valores están dentro de los límites aceptables, indicando un diseño estructural adecuado para las condiciones planteadas.

# 6 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO

En el presente apartado, se desarrolla el diseño de pavimentos para los andenes teniendo en cuenta las características geotécnicas de la subrasante, los materiales de la estructura y los espesores mínimos permitidos. Este diseño, se llevará a cabo de acuerdo con lo establecido en la Cartilla de Andenes de la Secretaría Distrital de Planeación (SDP modificación 07-06-2018).

En concordancia con la propuesta de diseño urbanístico, se plantea una de estructura de andén, en concreto estampado.

Con base en los resultados de la exploración geotécnica realizada para las vías a intervenir, se caracteriza de la misma manera el suelo de subrasante para las estructuras de los andenes pertinentes, de acuerdo con lo establecido en el apartado de Procesos Constructivos de la Cartilla de Andenes (Mod. 2018), para así mismo establecer una estructura típica para los mismos. A continuación, se define el tipo de subrasante en función de los valores de CBR natural en condición de inmersión.

**TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR**

| TIPO DE SUBRASANTE | CBR en (condicion de inmersión) |
|---|---|
| S1 | Mayor o igual a 3% |
| S2 | Menor de 3% |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

Con base a lo anterior, conservando para el diseño de andenes el CBR de diseño de los segmentos viales vehiculares, se obtiene un suelo Tipo S2, lo cual indica que se requieren actividades de mejoramiento..

**TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR**

| Tipo de Suelo existente en la Subrasante | Clasificación AASHTO | Clasificación AASHTO | CBR | Proceso a seguir |
|---|---|---|---|---|
| Suelos Granulares (Gravas y Arenas) | Tipos A1,A2 ,A3 | Excelente a Bueno | > 3% | Escarificar, conformar y compactar hasta obtener la densidad especificada por el diseñador |
| Suelos Finos (Arcillas y limos de baja plasticidad) | Tipos A4 | Regular a Malo | > 3% | Retirar |
| Suelos finos (Arcillas y limos de alta plasticidad) | Tipos A5 y A6 | Regular a Malo | < 3% | Remplazar 20 cm con material de relleno de CBR mínimo del 10% (sección 330 del IDU - ET-2011 o vigente) |
| Suelos Finos (arcillas y limos de alta plasticidad) | Tipos A6 y A7 | Regular a Malo | < 3% | Retirar 20 cm con capa granular (subbase granular) o cal viva (sección 330 del IDU ET-2011 o vigente) |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

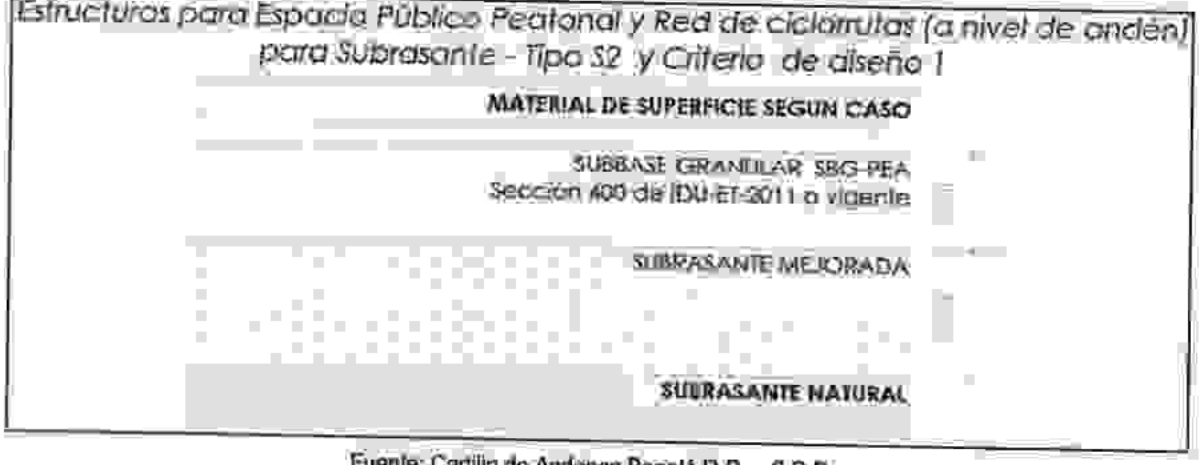
De acuerdo con la tabla anterior, se define la clasificación AASHTO del suelo existente, el cual funcionara como subrasante en función del CBR y se determinó que se debe mejorar la subrasante, teniendo en cuenta las condiciones del suelo la alternativa de mejoramiento se realizará reemplazando 20 cm de espesor del material inadecuado de la subrasante por material granular con CBR mínimo de 10%.

Posteriormente se establecen los criterios de diseño de acuerdo con el tipo de superficie y al usos posible del espacio público. para este proyecto se tomó el criterio de Diseño 1, de la Cartilla de Andenes Bogotá D.C. de la Secretaría Distrital de Planeación, la cual dice textualmente: "Para el espacio público peatonal y la red de ciclorruta a nivel de andén, por donde no circula ningún tipo de vehículo pesado, se propusieron espesores mínimos de construcción, con subbase granular tipo SBG_PEA_B, según Especificación IDU o vigente. Aplica para estructuras articuladas y flexibles, y acceso vehicular de vivienda (máximo 2 vehículos livianos)".

Teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados, se propone la estructura de pavimento peatonal con sus espesores.

**ILUSTRACIÓN 1 ESTRUCTURA DE ESPACIO PÚBLICO PEATONAL**

*Estructuras para Espacio Público Peatonal y Red de ciclorrutas (a nivel de andén) para Subrasante - Tipo S2 y Criterio de diseño 1*




Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:

TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

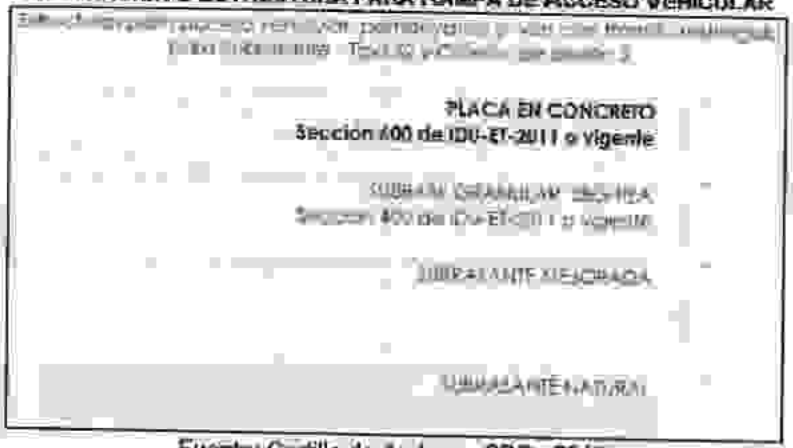
De acuerdo contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA", se puede concluir que para la estructura de pavimento de la zona peatonal se dispone de una sola zona homogénea, y con la cual se proyectó la estructura mostrada en la tabla anterior.

## 9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR

De acuerdo con la Cartilla de Andenes Bogotá D.C, las rampas no solo dan acceso vehicular a los predios sino también el acceso de las personas con movilidad reducida a los andenes y zonas peatonales que serán construidos con el desarrollo del proyecto.

Para un suelo S2 con CBR < 3%, tránsito de vehículos livianos y paso ocasional de vehículos comerciales tipo C2, se obtuvieron los espesores de las rampas vehiculares al proyecto de acuerdo a los criterios de la Cartilla de Andenes– DADP.

ILUSTRACIÓN 2 ESTRUCTURA PARA RAMPA DE ACCESO VEHICULAR




Fuente: Cartilla de Andenes SDP , 2015

TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 15 | Placa de Concreto MR 41 kg/cm² |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 50 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia.

El concreto hidráulico se recomienda con módulo de rotura de 41 kg/cm conformado con la granulometria AG-1 (Tamaño máximo del pétreo de 2½ pulgadas), presentada en la Sección 500 Pavimento de Concreto Hidráulico.

En los lugares donde sea necesario completar niveles se hará con un material seleccionado por capas no mayores a 0.20 m logrando una densidad mínima del 95%, estos materiales seleccionados deben cumplir con características geotécnicas tales como IP menor o igual a 10%, contenido de finos menor o igual a 25%, CBR del 10%, tamaño máximo de 3", esto de acuerdo con el las especificaciones ET-IC-01.

# 7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

La propuesta de diseño contempla la construcción de capas estructurales de pavimento compuestas por materiales tales como mezclas asfálticas y materiales granulares. Atendiendo las especificaciones técnicas válidas en el desarrollo del presente proyecto y las cuales corresponden a las Especificaciones técnicas de construcción del Instituto Nacional de Vías - INVIAS, se presenta a continuación la caracterización de cada una de estos materiales.

- **CONCRETO HIDRÁULICO**

El concreto hidráulico, tiene la particularidad de ofrecer a la estructura una alta resistencia a la compresión que se necesita para soportar y absorber las cargas que circulan. Dicha mezcla deberá cumplir con las características especificadas en IDU-800-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MATERIALES GRANULARES:**

Los materiales granulares deberán cumplir con las especificaciones establecidas en la Especificación Técnica: Capas granulares de base y subbase del capítulo IDU-500-16 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE**

Los materiales de mejoramiento de subrasante deberán cumplir con las características especificadas en el capítulo IDU-410-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

# 8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES

Para garantizar que los parámetros mecánicos de cada uno de los materiales empleados en el diseño de pavimentos, cumplan con los requisitos establecidos en las Especificaciones Técnicas, su versión o actualización vigente, para la modelación de la estructura de pavimento y puedan ser suministrados por los proveedores adscritos en la base de datos vigente en la página web del IDU, se realizó un análisis de las fuentes de suministro de materiales y mezclas asfálticas, con los cuales se construirán las estructuras de pavimento y espacio público asociado con base en el diseño recomendado.

A continuación, se presentan los proveedores de mezclas asfálticas, agregados pétreos y concreto hidráulico seleccionado por su experiencia y teniendo en que se encuentran vigentes en el "Listado de Proveedores" en la página del IDU.

TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| AGREGADOS PÉTREOS | OPERADOR DEL TITULO MINERO N° EHD-131. KM 3.8 ZONA INDUSTRIAL BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 295 DE 2009 | **DROMOS** |
| AGREGADOS PÉTREOS | KILÓMETRO 10 DE LA VÍA MULTIFAMILIAR LOS CENTAUROS, PUENTE CAÍDO VEREDA EL COCUY PREDIO SAN LUIS SOBRE EL RÍO GUAYURIBA - VILLAVICENCIO | IDU 432 DE 2016 | **REX VILLAVO** |
| AGREGADOS PÉTREOS | CARRERA 6 #153 A- 60 EN LA LOCALIDAD USAQUÉN -BOGOTÁ | IDU 435 DE 2016 | **REX BTA** |
| AGREGADOS PÉTREOS | Av. CRA 7 # 160A-06 SAN CRISTÓBAL NORTE, LOCALIDAD USAQUÉN - BOGOTÁ | IDU 568 DE 2020 | **REX BTA 7MA** |



981

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| AGREGADOS PÉTREOS | KILOMETRO 3,5 VEREDA BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 455 DE 2017 | INCOMINERI |
| AGREGADOS PÉTREOS | KM 4 VÍA LA MESA - MONDOÑEDO- MOSQUERA | IDU 582 DE 2020 | LA ROCA |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1,5 VÍA AUTOPISTA MEDELLÍN COSTADO SUR - COTA | IDU 486 DE 2018 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | PREDIO DENOMINADO LOTE 10, EN LA VEREDA SAN JOSE - MOSQUERA | IDU 510 DE 2019 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1,5 VÍA BOGOTÁ- MEDELLÍN, COSTADO OCCIDENTAL VEREDA VUELTA GRANDE - COTA | IDU 582 DE 2020 | GRECO |
| ASFALTO | PREDIO VISTA HERMOSA, VEREDA BALSILLAS - KILOMETRO 25 VÍA LA MESA - PLANTA DE ASFALTO CMI | IDU 28 DE 2002 | AA |
| ASFALTO | KM 3.8 EN LA ZONA INDUSTRIAL, VEREDA BALSILLAS MOSQUERA | IDU 187 DE 2005 | DROMOS |
| ASFALTO | KM 17+200 DE LA CARRETERA CENTRAL DEL NORTE (CRA 7 DE BOGOTÁ) | IDU 164 DE 2004 | CTU |

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| CONCRETO | KR 62 No. 19 - 04 INT. 5. LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA | IDU 22 DE 2002 | **HOLCIM** |
| CONCRETO | PLANTA NEREIDAS - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55 A SUR - 21. LOCALIDAD DE USME | IDU 216 DE 2006 | **TREMIX** |
| CONCRETO | PLANTA SUR - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55A SUR – 21. LOCALIDAD DE USME | IDU 439 DE 2016 | **POLMIX** |

**Zodmes:**

A continuación, se presentan las posibles zonas de depósito para materiales sobrantes de construcción para el Proyecto. Los sitios escogidos como botaderos o zonas de depósito servirán para disponer los materiales estériles y/o sobrantes procedentes de las excavaciones de las vías.

Considerando adicionalmente parámetros como capacidad de almacenamiento y condiciones geológicas-geomorfológicas, se escogieron nueve (9) zonas para la disposición de materiales de excavación o botaderos que permitirán almacenar el volumen de material estéril o sobrante en la fase de construcción de la vía (Ver Tabla 13.4).

TABLA 8-2 ZODMES

| CATEGORÍA | NOMBRE – RAZÓN SOCIAL | MUNICIPIO | PREDIO O LOTE |
|---|---|---|---|
| 1. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | CEMEX DE COLOMBIA S.A. | BOGOTA D.C. | Reserva ecológica privada la Fiscala. Capacidad: 5.000.000 m3 |
| 2. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE | RECICLADOS INDUSTRIALES | COTA | Lote la Britania Vega, en la Verada Siberia, Municipio de Cota, |



493

| | | | |
|---|---|---|---|
| CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | DE COLOMBIA S.A.S. | | Cundinamarca Capacidad: 40.000 m3 |
| 3. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | Lotes 2, 3, 4 de los predios identificados con cédulas catastrales N° 00-02-0002-0186; 00-02-0002-0184-000 y 00-02-0002-0183-000, ubicados en la Vereda Panamá del Municipio de Soacha Capacidad: 4 000 000 m3 |
| 4. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | RESIESCOL S.A.S ESP | MOSQUERA | Predio denominado Lote 4 A, matrícula inmobiliaria N° 50c - 1433092, ubicado en la Vereda Balsillas del Municipio de Mosquera, Cundinamarca |
| 5. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | MATERIALES Y LOGÍSTICA S.A.S. MYLSA | MADRID | Predios denominados Finca el Paraíso, el Valle de las Mercedes y Finca la Zulia, ubicados en las Veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid Cundinamarca Capacidad: 1 000 000 m3 |
| 6. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | CICLOMAT S.A.S. | COTA | Predio ubicado 600 metros al sur de la Autopista Medellín (calle 80) entrada PRACO-DIDACOL Vía Siberia –Bogotá, Vereda Siberia del Municipio de Cota, Cundinamarca |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | En el predio el Vinculo (Polígono 3) del Municipio de Soacha-km 14 de la Vía Soacha – Sibaté. |
| 8. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | RELLENOS DE COLOMBIA S.A.S. EN LIQUIDACIÓN | MOSQUERA | Vereda balsillas, km 3 vía la mesa, Mosquera, Cundinamarca. |
| 9. DISPOSICIÓN DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | MAQUINAS AMARILLAS S.A.S. – MARILLA S.A.S. | BOGOTA D.C. | Plan de manejo y recuperación ambiental de la mina las Manas y Santa Inés en el área del contrato de concesión minera 8151 a nombre de la empresa HOLCIM COLOMBIA S A (Perfil o-o' sector Nor-Este) Tunjuelito-Bogotá. |

La evaluación de las áreas definidas para botaderos corresponden a superficies suavizadas planas a moderadamente inclinadas en depósitos aluviales recientes de llanura aluvial de los ríos Bogotá, Subachoque y Tunjuelito, así como de los depósitos de terrazas altas de la Sabana de Bogotá, los cuales corresponden a planicies extensas de aspecto aterrazado y morfología ondulada suavemente inclinada y limitada hacia los cauces por escarpes de 2 – 20 m de altura; se encuentran constituidos de arcillas grises, localmente con intercalaciones de arenas finas y delgados niveles de gravas y turbas, en capas paralelas producto de la acumulación de materiales en la cuenca ocupada por el antiguo lago de la Sabana de Bogotá, con espesores de 20 - 300 m.

Estas superficies en depósitos de la llanura aluvial y los depósitos de terrazas de la Sabana de Bogotá pueden presentar una buena condición de estabilidad, teniendo en cuenta la morfología de estas áreas, así como la pendiente y la composición de los materiales que la constituyen Cabe resaltar que el área que conforma la ZODME ubicado en la finca El Paraíso, el valle de las Mercedes y finca La Zulia, de las veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid en Cundinamarca, se encuentra sobre superficies onduladas a inclinadas en laderas de la Formación Arenisca Dura del Grupo Guadalupe y en contacto con los depósitos aluviales de terrazas altas de la Sabana de Bogotá. Estas áreas deben ser evaluadas con trabajo de campo para determinar las condiciones morfodinámicas y de estabilidad de estas superficies. La localización de las ZODMES se presenta en la Figura 13.1, en la cual también se han ubicado las fuentes de materiales.

# 9 ANÁLISIS DE RIESGOS

El análisis de los posibles riesgos en la ejecución del proyecto permite tener un panorama realista donde se considere las posibles eventualidades y su potencial consecuencia, esto permitirá establecer planes de contingencia en caso de que se presenten cualquiera de las situaciones citadas.

Para el caso de estudio, se prevén los siguientes riesgos, asociados a la etapa de construcción consecutiva a la etapa de diseño.

TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO

| RIESGO | TIPO DE CAUSA | CAUSAS PROBABLES | CONSECUENCIAS |
|---|---|---|---|
| Imprecisión en la determinación del CBR de diseño | Menor resistencia de la subrasante | Muestro Insuficiente | Disminución de la vida útil de la estructura, Falla prematura por deformación de la subrasante |
| | | Errores en el procesamiento de la información | |
| | | Afectaciones climáticas | |
| | | daños en el sistema de drenaje | |
| | | errores en la caracterización del material | |
| Aumentos en los niveles de transito | Aumento en el número de ejes equivalentes esperados | Cambios de uso de la vía por desvío | Estructura deficiente para las cargas esperadas, falla prematura de la carpeta asfáltica. |
| | | Implementación de nuevas rutas en el corredor vial | |
| | | Aumento de las cargas de los vehículos de transporte | |
| | | Errores en el conteo para establecer el TPD | |
| | | Aumentos inesperados por transito atraído/generado | |



486

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fallas en los materiales | Daños por mala calidad en los materiales instalados | Malos procesos constructivos | Falla de zonas puntuales de la estructura. |
| | | Cambios en la humedad por daños en el drenaje | |
| | | deficiencias en los controles de calidad | |

## 10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las propuestas de intervención RECOMENDADA como parte de las actividades a ejecutar en el proyecto de la referencia, consisten en:

**Alternativa**

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 15 cm de espesor (MR: 4,1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

Se recomienda el uso del geotextil NT1800 en la estructura de pavimento entre el suelo natural y material de mejoramiento con rajón, para evitar la contaminación entre capas y asegurar la estabilidad de la estructura.

TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura | |
|---|---|---|---|
| | | Descripción | Espesor (cm) |
| Rígida | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón ET 410-16 de forma puntual en un espesor de 30 cm. Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub-base granular. | Concreto Hidráulico | 15 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con rajón | 30 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

(*) Tener presente que en la actual etapa **NO** se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos.

De igual forma, se presenta el siguiente gráfico con la estructura de pavimento recomendada.

TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11003331)

| Descripción | Espesor (cm) |
|---|---|
| Concreto Hidráulico | 15 |
| Sub-base granular | 15 |
| Mejoramiento con rajón | 30 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La estructura de pavimento recomendada es en flexible, en función de garantizar la distribución de esfuerzos y el empalme con los materiales presentes en cada segmento vial. La alternativa es pavimento rígido es viable des del punto de vista técnico, sin embargo, la modificación de rigidez de los materiales presentes en la zona puede generar un impacto negativo en la distribución de presiones, además, los costos asociados son muy superiores a la de pavimento flexible y las condiciones de carga no lo ameritan.
Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:

TABLA 10-3. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

La revisión y propuesta se hace de acuerdo a lo presentando en el informe de pavimento del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se tuvieron en cuenta los parámetros geotécnicos, tránsito y consideraciones generales. Sin embargo, se presenta una alternativa de rodadura en concreto hidráulico que garantice la durabilidad y que cuenta con las siguientes ventajas:

- Permite simular adoquines, piedra natural, ladrillo, madera u otros acabados, mejorando notablemente el aspecto visual del entorno urbano o residencial.
- Al estar hecho de concreto hidráulico, soporta cargas vehiculares y condiciones climáticas extremas sin perder su forma ni integridad.
- No se deforma ni se hunde como otros pavimentos modulares; solo requiere limpieza periódica y, en algunos casos, reaplicación del sellador.
- Una vez vaciado el concreto, el estampado se realiza mientras el concreto aún está fresco, lo que ahorra tiempo frente a métodos tradicionales como adoquines o losas prefabricadas.
- Continuidad superficial: Al no tener juntas como los adoquines, evita el crecimiento de maleza y reduce los accidentes.
- Al tener textura superficial, ofrece buen desempeño antideslizante, tanto en zonas peatonales como en pasos vehiculares, incluso en condiciones húmedas.

- Aunque su instalación puede ser ligeramente más costosa que el concreto convencional, su vida útil y bajo costo de mantenimiento representan un ahorro a mediano y largo plazo.
- Puede adaptarse a parques, ciclovías, pasos peatonales, calles residenciales, andenes, glorietas, entre otros.

## 8.1. RECOMENDACIONES GENERALES

1. Mantenimiento posterior al servicio de la vía:

   - La intervención propuesta deberá estar acompañada de un mantenimiento rutinario al drenaje existente en la vía, el cual consistirá en la limpieza de las estructuras y revisión del estado de funcionamiento de las mismas.

   - A continuación, se presentan las actividades de mantenimiento rutinario y periódico a ejecutar según periodo de diseño.

Las actividades de mantenimiento rutinario y periódico se deberán realizar en función del área de deterioro teniendo en cuenta lo siguiente:

TABLA 10-4 CALENDARIO DE ACTUACIONES POR AÑO

| Calendario de actuaciones: Periodo de diseño: 10 años | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Año | Construcción | Fresado y sobre-capa de 5cm | Parcheo | Sello de fisuras. |
| Año - 0 | X | | | |
| Año - 1 | | | | |
| Año - 2 | | | | |
| Año - 3 | | | X | X |
| Año - 4 | | | | |
| Año - 5 | | | | |
| Año - 6 | | X | X | X |
| Año - 7 | | | | |
| Año - 8 | | | | |
| Año - 9 | | | X | X |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA

- ***Sello de grietas:*** Esta actividad consiste en la eventual conformación de las fisuras, su limpieza y la aplicación de un producto bituminoso sellante en caliente, cuyas características y cantidades dependen de la abertura de ellas, según lo establecido en el artículo 466 de las especificaciones generales de construcción de carreteras que rigen el contrato (INVIAS 2013, Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014). Dicho tratamiento se debe realizar para fisuras de tipo longitudinal y/o transversal (no interconectadas) cuya abertura sea superior a 6mm. Para evitar el desprendimiento del sello, éste deberá quedar por debajo de la superficie de la fisura aproximadamente 5mm.

- ***Parcheo y Bacheo.*** El parcheo se define como la actividad que busca reemplazar en un área deteriorada (sin compromiso estructural) la carpeta asfáltica, mejorando la superficie y por ende el nivel de servicio ofrecido al usuario. El bacheo consiste en la intervención de aéreas localizadas del pavimento deterioradas, abarcando las capas asfálticas y/o las granulares hasta lograr un apoyo firme. Estas actividades se encuentran en función del área deteriorada y el tipo de deterioro. La excavación a realizar para la reparación, deberá ceñirse a lo establecido en los artículos 460 y/o 465 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras (INVIAS 2013, Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014).

  Para la ejecución de los trabajos correspondientes a Parcheo y Bacheo, se deberá tener en cuenta las recomendaciones establecidas en el Apéndice B.

  Para la ejecución de los trabajos correspondientes a Bacheo, se deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

  - El material granular a utilizar podrá ser de base o subbase granular, de acuerdo a lo que se encuentre en el área adyacente al Bache.

  - La demolición o fresado se realizará desde el interior del área afectada hacia los bordes, el fondo de la excavación deberá quedar nivelado, libre de residuos y proporcionar capacidad de soporte.

  - El espesor de material granular a restituir deberá ser el mismo al encontrado en el área adyacente al bache.

  - Todas las operaciones de aireación o humedecimiento del material se realizarán antes de su compactación, hasta llegar a la humedad óptima.

  - La extendida de los materiales granulares se realizará por medio de un equipo de enrazado manual. El extendido deberá ser realizado por capas con un espesor adecuado (en función del equipo utilizado) y uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación especificado.

- La compactación se efectuará de los bordes del bache hacia adentro.

- Sobre la superficie de la base del área afectada y en las paredes de la excavación se aplicará un riego asfáltico con emulsión de rompimiento lento, la cual deberá cumplir con lo establecido en las especificaciones generales de construcción de carreteras que rigen el contrato.

- El dimensionamiento mínimo para garantizar los procesos de compactación deberá ser de 1,10m de ancho y 2,20m de longitud.

- El corte se realizará perimetralmente, deberá tener las paredes verticales y el espesor homogéneo.

- La demolición se realizará desde el interior del área afectada hacia los bordes, el fondo de la excavación deberá quedar nivelado, libre de residuos y sin la presencia de fisuras, en el caso que la capa de soporte de la nueva capa sea asfáltica.

- Sobre la superficie de la base del área afectada y en las paredes de la excavación se aplicará un riego asfáltico con emulsión de rompimiento rápido, la cual deberá cumplir con lo establecido en las especificaciones generales de construcción de carreteras que rigen el contrato.

- Una vez la emulsión rompa, se procederá con la extendida y compactación de la mezcla asfáltica. La mezcla deberá extenderse de las orillas hacia el centro para evitar segregación y la compactación se efectuará de los bordes del parche hacia el centro del mismo.

**VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA PLATAFORMA**

Para el caso donde se presenten deformaciones plásticas (mayores a 1cm) ante una prueba de carga (como el paso de volqueta cargada en varios recorridos sobre la plataforma de trabajo), se realizarán mejoramientos puntuales en la subrasante con material tipo tolerable ART 230 INV 2013, resolución 1376 del 28 de mayo de 2014. La prueba de carga se puede hacer con cualquier elemento que cumpla las condiciones de seguridad en función de la sección de la excavación.

- En los sectores en donde existan hundimientos y fisuras severas (h≥20mm) se recomienda ante la existencia de árboles laterales, realizar un tratamiento particular, mediante la tala o restitución de las especies existentes.

## 11 PROCESO CONSTRUCTIVO

### RECOMENDACIONES GENERALES

Dado que los suelos naturales presentan valores de CBR inferiores a 3% se hace necesario estabilizar mecánicamente la subrasante con un material tipo "rajón".

Una vez finalizada la excavación y alcanzado el suelo de subrasante, el material del cuerpo del mejoramiento se colocará en capas sensiblemente paralelas a la superficie de la explanación, de espesor uniforme y lo suficientemente reducido, para que, con los medios disponibles, los vacíos entre los fragmentos más grandes se llenen con las partículas más pequeñas del mismo material, de modo que se obtenga el nivel de densificación deseado.

El rajón, éste se colocará directamente sobre la subrasante, evitando su vertido desde alturas mayores a dos metros (2,0 m), con el fin de reducir su segregación. Deberá extenderse con procedimientos manuales ó con equipos livianos debido a las condiciones de la subrasante. Su compactación podrá realizarse con pasadas de buldózer o retroexcavadora, de manera que las puntas del rajón penetren parcialmente en el terreno natural. Posteriormente se realizará la instalación del sello de rajón, el cual puede componerse de un material tipo SBG_C, el conjunto de rajón y sello de 10 cm conformarán el total de espesor de mejoramiento.

La construcción de la capa de rajón deberá adelantarse siguiendo los lineamientos establecidos en la Sección 321-11 de las Especificaciones Técnicas

### INSTALACIÓN DE CAPAS DE BASE Y SUBBASE GRANULAR

La instalación de las capas de base y subbase granular se realizarán cuando la superficie sobre la cual quedarán apoyadas presente la calidad, densidad, cotas y secciones indicadas dentro de los documentos del proyecto, previamente deberá estar concluido todo lo relacionado con los sistemas de drenaje recomendados de acuerdo con el Estudio y Diseño de Redes.

La superficie donde se dispondrá el material se deberá encontrar suficientemente seca y compacta para evitar que se produzcan ahuellamientos o desplazamientos en ella. El material se extenderá en todo el ancho previsto, en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

La cantidad de material extendido será tal, que el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos (2) ó más capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). En este caso, se aplicarán para cada capa los procedimientos de ejecución y control acá descritos. El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes.

Una vez que el material de la capa granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo adecuado, hasta alcanzar la densidad especificada.

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo aprobado y/o que normalmente se utiliza, se podrán compactar por otros medios adecuados, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

Una vez terminada la compactación, el Constructor perfilará la superficie de la capa granular, ajustandola a los perfiles longitudinales y transversales del proyecto.

## INSTALACIÓN DE CAPAS DE CONCRETO HIDRÁULICO

El proceso constructivo para pavimento en concreto hidráulico inicia con la limpieza y nivelación del terreno, seguida de la compactación de la rasante. Posteriormente, se coloca y compacta la subbase y, la base hidráulica. Se instalan las formaletas laterales o guías de nivel, y se procede a colocar el refuerzo de acero. El concreto es vaciado, extendido y vibrado para garantizar su adecuada consolidación, luego se alisa y texturiza la superficie según el acabado requerido. Una vez terminado, se realizan los cortes de juntas de contracción y construcción, y se aplica el curado mediante compuestos químicos o métodos húmedos por un mínimo de siete días. Finalmente, se inspecciona la calidad de la obra y se permite el tránsito vehicular/peatonal de acuerdo con los tiempos de fraguado y resistencia establecidos en el diseño.

## 12. FUENTES DE CONSULTA


- INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO-IDU. ANEXO TÉCNICO DE DIAGNÓSTICO PARA CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL PARA BOGOTÁ. Versión 5.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS AASHTO. Guide for design of pavement structures. Washington: AASHTO, 1993.
- Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción del Innstiuto Nacional De Vias – 2013.
- Normas de ensayos de materiales INVIAS-2013, Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014.
- Shell International Petroleum Company Limited. Addendum to the Shell Pavement Design Manual. London, 1985.
- Yang H. Huang: Pavement Analysis and Design. Second Edition. Pearson Prentice Hall. UnitedStates of America, 2004.
- HIGUERA SANDOVAL, CARLOS HERNANDO. Nociones sobre métodos de diseño de pavimentos para carreteras. UPTC. Tunja, 2008.
- IDU, INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO. Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción, para proyectos de infraestructura vial y de espacio público, para Bogotá D.C. 2019.

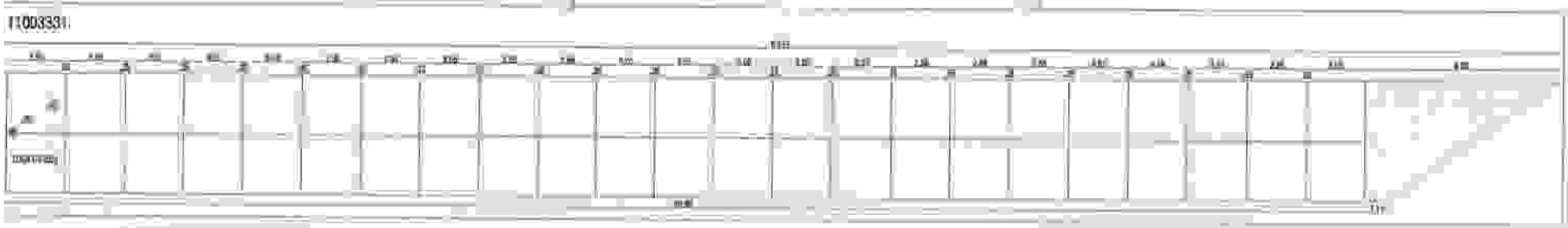
**DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA**
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**
**Software : BS-PCA**

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 160 PCI (lb/pulg3)
Espesor Losa : 150 mm
Modulo de Rotura : 42 Kg/cm2
Bermas : NO
Pasadores : SI
Factor de Seguridad Cargas : 1
Factor de Repeticiones Esperadas : 1

Resultados :

| Carga Tn | Carga kN | FS | Repeticiones Esperadas | Repeticiones Admisib_Fatiga | Consumo Fatiga % | Repeticiones Admisi_Erosion | Consumo Erosion % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **EJES SIMPLES** | | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| 6,00 | 58,80 | | 776.134 | 1.188.306 | 65,31 | 10.074.490 | 7,70 |
| **EJES TANDEM** | | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| **EJES TRIDEM** | | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| | | | | Total : | 65,31 | | 7,70 |

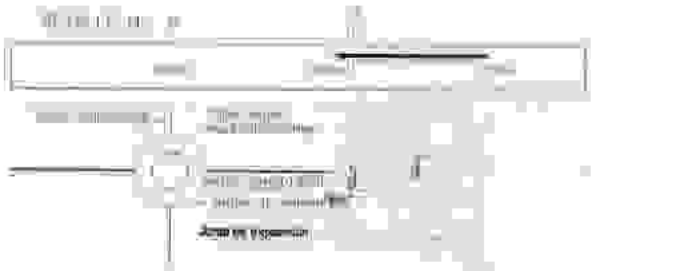


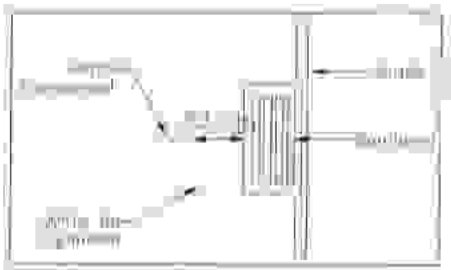




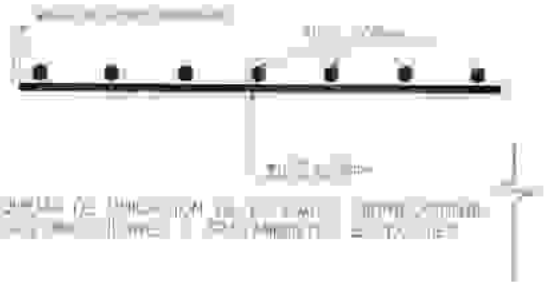














# CONSORCIO SUBA MT

NIT 901902678-2

COP 1013-2024-LP (119224)

**CONSORCIO SUBA MT**
**GRUPO 3**

**REVISION Y AJUSTE A DISEÑO DE PAVIMENTOS DEL CONTRATO DE CONSULTORIA 345 DE 2018**

**OBJETO DEL CONTRATO: EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO (GRUPO 1) EN LA LOCALIDAD DE SUBA EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO**

**CIV 11003507**

**SEGMENTO VIAL SOBRE LA CALLE 135ª ENTRE LA CARRERA 150B Y CARRERA 151**

**BOGOTÁ D.C, JUNIO DE 2025**

Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

## CONTROL DE DOCUMENTOS

| ESTADO REVISIÓN Y APROBACIÓN | NOMBRE | CARGO | FIRMA | FECHA |
|---|---|---|---|---|
| **POR EL CONTRATISTA DE OBRA** | | | | |
| **Realizo** | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | MAO SEBASTIAN BERMEO | | JUNIO 2025 |
| **POR LA INTERVENTORIA DE OBRA** | | | | |
| **V°. B°. INTERVENTORÍA** | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | Everardo Pardo Guio | | JUNIO 2025 |

**MODIFICACIONES**

| FECHA | VERSIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN |
|---|---|---|
| 04-06-2025 | 00 | Versión Inicial N° 00 |

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 7

1. OBJETIVOS Y ALCANCE 8

1.1. OBJETIVOS GENERALES 8
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8
1.3. ALCANCE 8

2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA 10

2.1. LOCALIZACIÓN 10
2.2. CLIMA 11

3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO 12

3.1. PCA 12
3.2. AASHTO 13
3.2.1. SUBRASANTE 13
3.2.2. TRANSITO 14
3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA 14
3.2.4. SERVICIABILIDAD 14
3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD 14
3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 15
3.2.7. CONFIABILIDAD 16
3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J): 16

4. ESTUDIOS PREVIOS 17

4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA 17
4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO 18
4.3. TRANSITO 18
4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO 19
4.5. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSD CONTRÁCTILES 20
4.6. CONCLUSIONES 21

5. ESTUDIO DE TRANSITO 22

6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 25

6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO 26
6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN: 26
6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 27
6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 29
6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD 29
6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 29
6.1.3. CONFIABILIDAD 29
6.1.2 MÓDULO RESILIENTE 30
6.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO 33
ALTERNATIVA PCA (CIV11003331): 34
ALTERNATIVA AASHTO (CIV11003507): 35

6 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO 41

9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR 43

7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES 45

• CONCRETO HIDRÁULICO 45

• MATERIALES GRANULARES: 45

• MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE 45

8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES 46

9 ANÁLISIS DE RIESGOS 51

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 53

11 PROCESO CONSTRUCTIVO 58

12 FUENTES DE CONSULTA 60

## LISTADO DE TABLAS

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO ..... 10
TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE ..... 13

TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA 13
TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA ..... 14
TABLA 3-4 ÍNDICE DE SEVICIABILIDAD ..... 15
TABLA 3-5 VALORES DE CD RECOMENDADOS ..... 15
TABLA 3-6 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 16
TABLA 4-1CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANÁLISIS ..... 17
TABLA 4-2 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUÍA – GRUPO DE DISEÑO 2 ..... 19
TABLA 4-3 NUMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V9 – GRUPO 1 - GUÍA BAJOS VOLÚMENES IDU ..... 19
TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR ..... 20
TABLA 5-1 TRÁNSITO DE DISEÑO ..... 22
TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142 ..... 23
TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO ..... 23
TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS ..... 23
TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS NO. 1 ..... 24
TABLA 5-6 TRANSITO BAJO ANÁLISIS NO. 2 ..... 25
TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 27
TABLA 6-2 VALORES DE CD RECOMENDADOS ..... 29
TABLA 6-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 30
Tabla 6-4 Análisis de CBR (%) ..... 31
TABLA 6-5 MODULO RESILIENTE ..... 31
Tabla 6-6 Análisis de CBR (%) ..... 32
Tabla 6-7 Valores de K conjunto a partir del capas granulares ..... 34
TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA ..... 34
TABLA 6-9 ALTERNATIVA AASHTO ..... 35
TABLA 6-10 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 36
TABLA 6-11 PASADORES SEGÚN PCA ..... 38
TABLA 6-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA ..... 38
TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA ..... 39
TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR ..... 41
TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR ..... 41
TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 43
TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES ..... 44
TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES ..... 46
TABLA 8-2 ZODMES ..... 48
TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO ..... 51
TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 53
TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11003507) ..... 53
TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 54

TABLA 10-4 CALENDARIO DE ACTUACIONES POR AÑO ..... 55

## LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO ..... 10
FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TÉRMINOS DE PSI. ..... 12
FIGURA 4-1 UBICACIÓN DE SEGMENTO DE ACUERDO AL CORREDOR ..... 18
FIGURA 4-2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11003507 ..... 20
FIGURA 4-3 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO. ..... 21

## LISTADO DE ANEXOS

**ANEXO 1.** INFORME PREVIO - contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA.

**ANEXO 2.** PLAN DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS.

**ANEXO 3.** MEMORIAS DE CALCULO.

## INTRODUCCIÓN

Se elabora un estudio para la EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE segmento vial CIV 11003507 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

Con el fin de obtener un diagnóstico del corredor, se tiene en cuenta estudios previos en el sector en donde se ejecutó el estudio geotécnico mediante la ejecución de apiques asociado a la evaluación del tránsito, en términos de ejes equivalentes de 80kN.

A partir de la evaluación geotécnica del tramo objeto de estudio realizado por el Consorcio Gevial en el año 2020 bajo el contrato ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL LOCAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA - FDLS-345-2018, se plantean las intervenciones a nivel de pavimentos para los segmentos viales en la localidad de Suba de la ciudad de Bogotá D.C., tomando en consideración las variables que se establecen en la metodología del anexo técnico, caracterizando el perfil estratigráfico por medio de la ejecución de apiques, las cuales son insumo para el diseño de pavimentos, tales como: CBR de la subrasante y el tránsito de diseño evaluado a un periodo de diseño a 10 años. Además de los parámetros implícitos en la metodología de diseño de pavimentos a emplear AASHTO/93.

# 1. OBJETIVOS Y ALCANCE

## 1.1. OBJETIVOS GENERALES

Plantear una propuesta integral de intervención de Pavimento para el segmento vial CIV 11003507 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

## 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, la evaluación geotécnica de las capas que componen la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio.

A partir el uso de herramientas computacionales modelar las estructuras propuestas mediante la metodología AASHTO/93 y con el programa UNALOSA, conocer los esfuerzos y deformaciones actuantes en las estructuras diseñadas.

Plantear recomendaciones generales en cuanto a la conformación de una adecuada plataforma de trabajo, con el fin de garantizar el correcto desempeño de la estructura de pavimento propuesta.

Evaluar estrategias de mantenimiento para garantizar un adecuado comportamiento estructural del pavimento en servicio.

## 1.3. ALCANCE

Por medio del actual informe técnico es presentado el diseño de pavimentos, para el segmento vial CIV 11003507 sobre la Calle 135A entre la Carrera 150B y La Carrera 151, de la localidad de Suba en la ciudad de Bogotá D.C:

Los capítulos que se incluyen en el presente informe son:

2. Descripción de la Metodología.
3. Metodología de estudio.
4. Trabajos de Campo.
   - ✓ Evaluación geotécnica del tramo de estudio.
5. Estudio de Tránsito.
6. Diseño de la Estructura de Pavimentos.
7. Secciones Transversales.



Calle 35 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

8. Caracterización de materiales.
9. Conclusiones y Recomendaciones.

Se plantearán las intervenciones necesarias a nivel de pavimento.

# 2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

El presente informe se desarrolla como parte de la ejecución del contrato cuyo objeto corresponde al DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE EL SEGMENTO VIAL CIV 11003507 – LOCALIDAD DE SUBA – BOGOTÁ D.C.

## 2.1. LOCALIZACIÓN

El segmento vial CIV 11003507 de la localidad de Suba se encuentra en Bogotá D.C. A continuación, se presenta la localización del sitio objeto de estudio:

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO




FUENTE. GOOGLE.COM

A continuación, se presentan los segmentos a intervenir:

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO

| CIV | Ubicación |
|---|---|
| 11003507 | Calle 135A entre la Carrera 150B y La Carrera 151 |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

## 2.2. CLIMA

Bogotá D.C. tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C, son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)1.

| | | |
|---|---|---|
| Temperatura promedio | = | 20 °C |
| Precipitación media anual | = | 1258 mm/año |

[1]ESTACION IDEAM 2120622- UNIVERSIDAD NACIONAL



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

509

# 3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

## 3.1. PCA

La metodología relacionada a continuación corresponde al tramo vial objeto de estudio, resaltando como objetivo principal la definición de las estrategias de intervención a nivel de pavimento.

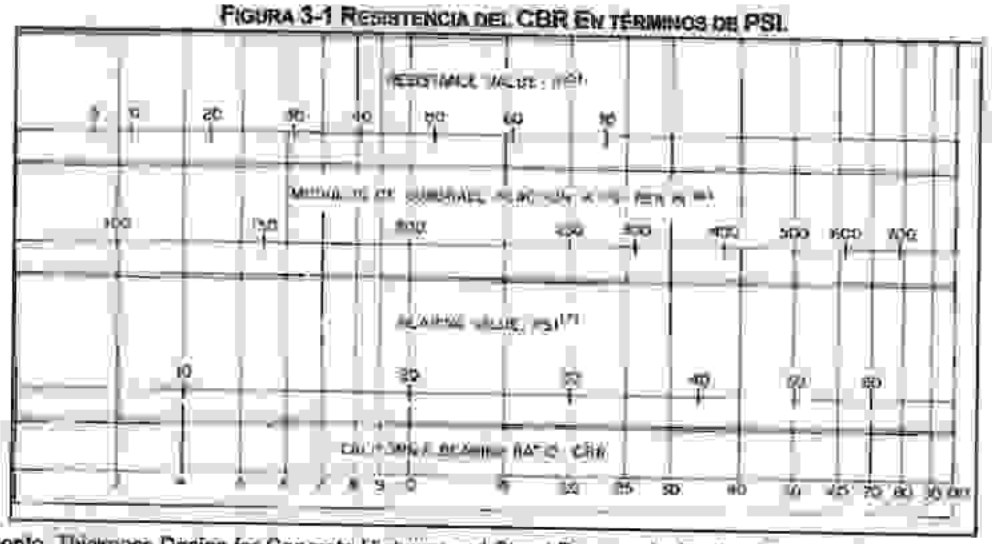
En general se considera que la intervención característica a realizar será la de diseño de la estructura del pavimento.

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Período de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.

FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TÉRMINOS DE PSI.



Fuente. Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE

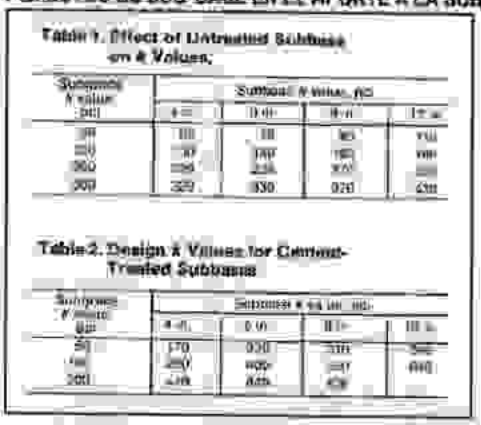


Table 1. Effect of Untreated Subbase on k Values.

| Subgrade k value (pci) | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in | 6 in | 9 in | 12 in |
| 50 | 65 | 75 | 85 | 95 |
| 100 | 90 | 105 | 120 | 135 |
| 200 | 130 | 150 | 170 | 190 |
| 300 | 170 | 195 | 220 | 245 |

Table 2. Design k Values for Cement-Treated Subbase

| Subgrade k value, pci | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in | 6 in | 9 in | 12 in |
| 50 | 170 | 220 | 330 | 440 |
| 100 | 260 | 325 | 445 | 570 |
| 200 | 420 | 505 | 670 | 845 |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

## 3.2. AASHTO

A continuación, se describe las variables que se consideran en el método AASHTO:

### 3.2.1. SUBRASANTE

Caracterizada a través del módulo de reacción de la subrasante K (en pci). Si la losa se apoya directamente sobre la subrasante, el K que se utiliza en el diseño es aquel que se obtenga de la subrasante. Sin embargo, cuando la losa se apoya sobre una capa granular de subbase o base o sobre un material estabilizado con cementante hidráulico, el K de manera obvia incrementa.

TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA

| K subrasante | | Valores de K | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Capa granular no tratada | | | | | | | |
| | | 10 cm | | 15 cm | | 22.5 cm | | 30 cm | |
| MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci |
| 20 | 73 | 43 | 85 | 50 | 95 | 62 | 115 | 75 | 140 |
| 40 | 147 | 85 | 165 | 95 | 185 | 115 | 210 | 135 | 245 |
| 60 | 220 | 125 | 245 | 140 | 270 | 165 | 305 | 190 | 350 |
| 80 | 295 | 165 | 325 | 185 | 355 | 215 | 395 | 245 | 450 |
| K subrasante | | Capa estabilizada con cementante hidráulico | | | | | | | |
| MPa/m | pci | 10 cm | | 15 cm | | 20 cm | | 25 cm | |
| 20 | 73 | 80 | 290 | 90 | 330 | 105 | 380 | 120 | 430 |
| 40 | 147 | 130 | 480 | 150 | 540 | 175 | 630 | 200 | 720 |
| 60 | 220 | 170 | 620 | 195 | 700 | 230 | 830 | 260 | 940 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.2. TRANSITO

Esta variable es difícil de establecer y caracterizar ya que los vehículos que circulan por una vía presentan diferentes magnitudes, configuraciones de ejes, presiones de inflado, velocidad de circulación y número de llantas. Por lo general se caracteriza a través del número de ejes equivalentes de 8.2 o 13 toneladas que circulan en el carril y el período de diseño (N) 2.

### 3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA

Los parámetros mecánicos con los cuales se caracteriza la losa de concreto son el módulo elástico Ec y el de rotura MR en psi, medidos a los 28 días.

### 3.2.4. SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Índice de serviciabilidad (ΔPSI=Po -Pf). Valores recomendados para determinar el valor de Pf para pavimento rígido se presentan en la tabla:

TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA

| Tipo de Carretera | Período de Diseño (Años) |
|---|---|
| Urbana de tránsito elevado | 30 – 50 |
| Interurbana de tránsito elevado | 20 – 50 |
| Pavimentada de baja intensidad de tránsito | 15 – 25 |
| De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava | 10 – 20 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Inicialmente esta condición se cuantificó a través de la opinión de los conductores, cuyas respuestas se tabulaban en la escala de 5 a 1:

[2] Pavimentos: materiales. Hugo Rondon.



512

TABLA 3-4 ÍNDICE DE SEVICIABILIDAD

| Índice de Serviciabilidad (*PSI*) | Calificación |
|---|---|
| 5 - 4 | Muy buena |
| 4 - 3 | Buena |
| 3 - 2 | Regular |
| 2 - 1 | Mala |
| 1 - 0 | Muy mala |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final. El índice de servicio inicial po depende del diseño y de la calidad de la construcción. En los pavimentos flexibles estudiados por la AASHTO, el pavimento nuevo alcanzó un valor medio de po = 4,2.

## 3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

TABLA 3-5 VALORES DE CD RECOMENDADOS

| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento esta expuesta a grados de humedad próxima a la saturación | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 - 5% | 5 - 25% | Mas de 25% |
| Excelente | 1.25 - 1.20 | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 |
| Buena | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 |
| Muy malo | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 - 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.7. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla.

TABLA 3-6 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R [%] | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Colectoras | 80.0 – 95.0 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R [%] | 50 | 60 | 75 | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 96 | 98 99 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Z | 0.000 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -1.751 | -2.054 |

| Proyecto de pavimento | $S_o$ | |
|---|---|---|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J):

Es un parámetro adimensional que tiene en cuenta la capacidad que tienen los pasadores en una estructura de pavimento rígido de transferir o distribuir cargas en la zona más propensa a fallar (juntas). Este parámetro adicionalmente tiene en cuenta el efecto que genera sobre las juntas y sobre la transferencia de carga el confinamiento lateral de la losa.

Para juntas con pasadores, el valor recomendado de J es 2.7 y 3.2, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente. Para juntas sin pasadores, los valores de J pueden llegar a aumentar hasta 4.2 y 4.4, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente.

El espesor de la losa de concreto (D, en pulgadas) que compone la estructura del pavimento rígido se determina a través de la ecuación:



# 4. ESTUDIOS PREVIOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta la evaluación geotécnica de la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio. A continuación, se presenta lo relacionado:

## 4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA

La subrasante del corredor, está conformado por arcilla de baja compresibilidad CL.

Las arcillas de baja plasticidad CL se evidencian como materiales plásticos, con porcentaje de pasa 200% de 95.1% y porcentaje de arena de 4.9%. El CBR de este material en condiciones de inmersión es de 1.27% sin potencial expansivo.

Como es común en los suelos de esta localidad es necesario la estabilización y/o mejoramiento del mismo, esto, con el fin de tener una capacidad de soporte adecuada para la estructura del pavimento y el tránsito proyectado, dado que el **CBR promedio y de diseño es 1.27%**; es decir, se evidencia un material de una capacidad baja. Las propiedades anteriormente descritas se pueden evidenciar en la siguiente tabla:

**TABLA 4-1CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANÁLISIS**

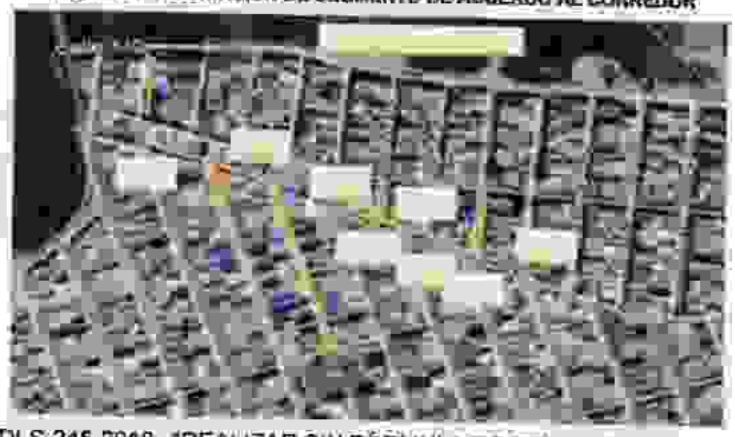


FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA

## 4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO

Los corredores de diseño 3 se encuentran conformados cada uno por dos segmentos viales. Por su parte, el corredor 3 se compone de cinco (5) segmentos viales, mientras que los corredores 4, 5, 6 y 7 por tres (3) CIVs respectivamente y, finalmente el corredor 8 por cuatro (4) segmentos, según se muestra a continuación:

FIGURA 4-1 UBICACIÓN DE SEGMENTO DE ACUERDO AL CORREDOR



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

**Grupo 3:** Localizado en la Calle 135ª entre la Carrera 150B y la Carrera 151 y se encuentra conformado por el segmento vial 11003507.

## 4.3. TRANSITO

Del informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 3, el cual en su gran mayoría son vías peatonales (V9) es menor, en términos de ejes equivalentes de 8.2 T, al mínimo indicado por la Guía de diseño pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías Locales para Bogotá D.C, por lo tanto se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 615.000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 4-2 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUÍA – GRUPO DE DISEÑO 2

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| [illegible] | CRA [illegible] | CLL [illegible] | CLL [illegible] | V-9E | [illegible] |
| [illegible] | CRA [illegible] | CLL [illegible] | CLL [illegible] | V-9E | [illegible] |
| [illegible] | CRA [illegible] | CLL [illegible] | CLL [illegible] | V-9 | [illegible] |
| [illegible] | CRA [illegible] | CLL [illegible] | CLL [illegible] | V-9E | [illegible] |
| [illegible] | CRA [illegible] | CLL [illegible] | CLL [illegible] | V-9 | [illegible] |
| [illegible] | CRA [illegible] | CLL [illegible] | CLL [illegible] | V-9E | [illegible] |
| [illegible] | CRA [illegible] | CL [illegible] | CL [illegible] | V-9E | [illegible] |
| [illegible] | CRA [illegible] | CL [illegible] | CL [illegible] | V-9E | [illegible] |
| [illegible] | CRA [illegible] | CL [illegible] | CL [illegible] | V-9E | [illegible] |
| [illegible] | CLL [illegible] | CRA [illegible] | CRA [illegible] | V-9 | [illegible] |
| [illegible] | CL [illegible] | CR [illegible] | CR [illegible] | V-9 | [illegible] |
| [illegible] | CLL [illegible] | CRA [illegible] | CRA [illegible] | V-9 | [illegible] |
| [illegible] | CLL [illegible] | CRA [illegible] | CRA [illegible] | V-9 | [illegible] |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO

Del informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 3.

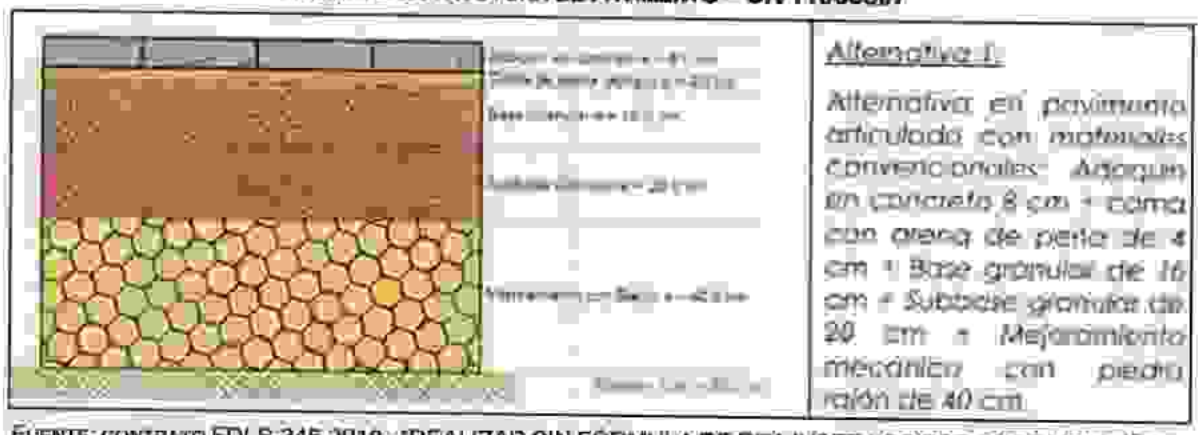
TABLA 4-3 NUMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V9 – GRUPO 1 - GUÍA BAJOS VOLÚMENES IDU

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | CRA [illegible] | CLL [illegible] | CLL [illegible] | V-9E | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | CRA [illegible] | CLL [illegible] | CLL [illegible] | V-9E | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | CRA [illegible] | CL [illegible] | CL [illegible] | V-9 | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | CLL [illegible] | CR [illegible] | CR [illegible] | V-9 | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | CLL [illegible] | CRA [illegible] | CRA [illegible] | V-9 | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | CRA [illegible] | CL [illegible] | CL [illegible] | V [illegible] | [illegible] |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor:

FIGURA 4-2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11003507




FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor:

TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.5. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO CONTRÁCTILES

Si bien en los capítulos anteriores se presentaron las zonas en las cuales se detectó la presencia de suelos con susceptibilidad contracto expansiva, es necesario que durante la etapa de construcción de las obras se evalúe de forma constante y permanente la calidad y tipología de los suelos de Subrasante con el objetivo de detectar zonas adicionales con presencia de suelos expansivos, ya que de darse esta situación deberá darse, también, el tratamiento que se indica en el presente capítulo.

- Construir la estructura de pavimento definida en los estudios, contemplando el material de mejoramiento correspondiente.

FIGURA 4-3 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.6. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" se presentan las siguientes conclusiones:

- La gran mayoría de las vías de este grupo de diseño son vías V9 las cuales son peatonales, lo que implica un diseño tendiente a pavimento articulado por el menor costo que esta alternativa representa. Por su parte, en las vías vehiculares se propone una estructura de pavimento flexible convencional.
- Se llevaron a cabo apiques o calicatas en cada CIV de diseño de donde se obtiene el perfil estratigráfico y se tomaron muestras para la caracterización principalmente de los suelos de subrasante. Los ensayos que se realizaron corresponden a humedad natural, gradación, límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico), eventualmente ensayos de límites de contracción y CBR's inalterado de la subrasante.
- De acuerdo con los resultados de la información geotécnica, apiques y ensayos de laboratorio, los suelos de subrasante son muy pobres y de muy baja capacidad de soporte y además en algunos casos los suelos han presentado características expansivo contráctil dado por la expansión en ensayos de CBR y límites de contracción.
- Existe una perfecta correlación entre la Geología Regional del sector específico de Suba y las condiciones de subrasante obtenidas de la caracterización de la subrasante.
- El dimensionamiento de las estructuras de pavimento corresponde al diseño con el CBR en condiciones saturadas que a pesar de que es la condición más crítica, esta situación se evidencia por la cercanía al río Bogotá.
- Se plantean dos (2) alternativas de diseño enfocadas en el tipo de estabilización de la subrasante, pero sin cambiar la tipología de las estructuras, lo que se da en beneficio directo del proyecto.
- El dimensionamiento de las estructuras de pavimento se llevó a cabo bajo la metodología de la Guía de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C., para el caso de vías en pavimento articulado y la metodología AASHTO-93 para el dimensionamiento de las estructuras en pavimento flexible.

# 5. ESTUDIO DE TRANSITO

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta el tránsito para el segmento vial CIV 11003507:

Del informe de "Estudio de Tránsito V2" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 2, se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 615.000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 5-1 TRÁNSITO DE DISEÑO

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

**Análisis 1:**

De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un conteo que se relaciona con la estación No. 2, ubicada en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 142 hasta la Calle 139 y se reportaron los siguientes resultados:

TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

Teniendo en cuenta que el tránsito de estudio previos obedece a 650.000 ejes equivalentes de 8.2, se presenta la siguiente equivalencia para estimar el tránsito en repeticiones esperadas por tipo de vehículo, es necesario aplicar factores de equivalencia de carga (FEC) específicos para cada vehículo. Estos factores reflejan el daño relativo que cada tipo de vehículo genera al pavimento en comparación con un eje estándar de 8.2 toneladas. A continuación, se presenta la siguiente estimación de composición vehicular:

TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO

| | |
|---|---|
| Autos | 0 |
| Microbuses | 0,4 |
| Busetas | 0.4 |
| Bus Intermunicipales | 1,0 |
| C2P | 1.14 |
| C2G | 3.44 |
| C3-C4 | 3.76 |
| C5 | 4.4 |
| >C5 | 4.72 |

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRANSITO COLOMBIA.

Teniendo en cuenta la tabla anterior, se utilizan los FEC por cada vehículo y se obtienen los siguientes resultados:

TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS

| Tipo | Cantidad | FEC estimado | Repeticiones equivalentes |
|---|---|---|---|
| Automóvil | 2026 | 0 | 0 |
| Microbús | 235 | 0,4 | 94 |
| Buseta | 110 | 0,4 | 44 |
| Bus Inter | 2 | 1 | 2 |
| C2P | 215 | 1,14 | 245,1 |

| Tipo | Cantidad | FEC estimado | Repeticiones equivalentes |
|---|---|---|---|
| C2G | 151 | 3,44 | 519,44 |
| C3 | 5 | 3,76 | 18,8 |
| C3-S2 | 0 | 3,76 | 0 |
| C3-S3 | 29 | 3,76 | 109,04 |
| Moto | 943 | 0 | 0 |
| Bicicleta | 882 | 0 | 0 |
| **Total Repeticiones Día** | | | 1032,38 |

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Con una proyección de periodo de diseño se tiene para 20 años, crecimiento del tráfico anual del 3%, y 365 días al año.

Se usa esta fórmula para estimar las repeticiones acumuladas:

$$N = EPS_{diario} \cdot 365 \cdot \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

N=10.125.259 repeticiones equivalentes de 8.2 toneladas.

El valor estimado de repeticiones acumuladas a 20 años se derivó del aforo vehicular realizado el miércoles 19 de noviembre de 2019 en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 139, correspondiente a la estación No. 2 del estudio de tránsito. Para el diseño de la estructura de pavimento del segmento CIV 11003507, y con el fin de evitar una sobredimensión innecesaria, se adopta un enfoque de diseño conservador pero seguro, basado en datos reales. En consecuencia, se considera únicamente el 8% del volumen total registrado en dicho aforo, dado que los datos corresponden a una intersección con un flujo vehicular elevado en comparación con el tramo objeto de análisis. Esta proporción se justifica por la necesidad de ajustar el diseño a condiciones operativas más representativas del segmento vial intervenido, manteniendo al mismo tiempo un margen de seguridad estructural.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se presenta la siguiente tabla resumen con las repeticiones estimadas:

TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS NO. 1

| Peso (toneladas) | Repeticiones |
|---|---|
| 8.2 | 810.020 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**Análisis 2:**

De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un tránsito 650.000 ejes equivalentes de 8.2 para la estimación que se hizo en el informe del año 2019. A continuación, se presenta el análisis a considerar.

TABLA 5-6 TRANSITO BAJO ANÁLISIS NO. 2

| Tasa de crecimiento: 3% | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Año 2019** | **Año 2020** | **Año 2021** | **Año 2022** | **Año 2023** | **Año 2024** | **Año 2025** |
| 650000 | 669500 | 689585 | 710273 | 731581 | 753528 | 776134 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La tabla presentada se construyó a partir de las estimaciones de tránsito reportadas en los estudios previos del componente de tránsito correspondientes al año 2019. No obstante, considerando que el año base para el análisis es 2025, se realizó una proyección del volumen de tránsito aplicando una tasa de crecimiento anual del 3% (informe de tránsito de: FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA). Esta proyección tiene como objetivo establecer un criterio de diseño bajo condiciones conservadoras y seguras, sin incurrir en una sobredimensión innecesaria de la estructura del pavimento.

Finalmente, es importante resaltar que el presente análisis se basa en los estudios previos desarrollados en el marco del contrato No. 345-2018, específicamente en la información contenida en el estudio de tránsito elaborado en dicha consultoria. Con fundamento en estos antecedentes y considerando los datos de volúmenes vehiculares y composición del tráfico reportados, se proyecta un valor de tránsito acumulado de **776.134 vehículos equivalentes** para el horizonte de diseño. Este valor constituye la base para el dimensionamiento estructural, en concordancia con los lineamientos técnicos establecidos en las metodologías de diseño vial vigente.

# 6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

En el desarrollo del presente estudio se diseñará la alternativa de diseño:

- Pavimento rígido mediante el método de la Portland Cement Association PCA 84.
- Pavimento rígido mediante el método AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

## 6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO

Al presentar una propuesta de diseño del pavimento, es necesario considerar tres variables fundamentales, como lo son: la exploración geotécnica (determinar las características del perfil estratigráfico existente), la evaluación estructural del pavimento (evaluación del deterioro superficial), diseño geométrico (rasante) y las cargas de tránsito proyectadas en el periodo de intervención.

Como fue indicado en el Alcance del documento, este informe busca definir la propuesta de intervención a nivel de pavimento para el CIV11003507.

- **MATERIALES**

Los materiales deberán cumplir con las especificaciones IDU-18, resolución 610910 del 27 de diciembre de 2019 de la siguiente manera:

- Capas de concreto hidráulico. IDU-800-18.
- Capas de material granular. IDU-500-18.
- Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales. IDU-410-18.

### 6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN:

**Alternativa**

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR: 4,1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

(*) Tener presente que en la actual etapa NO se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos.

TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Tramo de Estudio | Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) |
|---|---|---|
| CIV11003507 | Rígido | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo cajón en un espesor 30 cm. Incluye sello de 10 cm de material granular. |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **CLIMA Y TEMPERATURA**

Bogotá D.C. tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)3.

Temperatura promedio = 20 °C
Precipitación media anual = 1258 mm/año

### 6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga

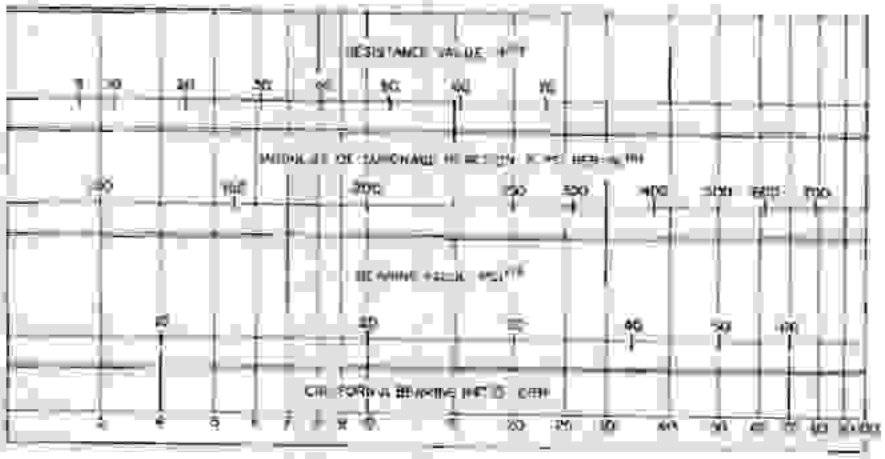
[3] ESTACION IDEAM 2120822- UNIVERSIDAD NACIONAL



528

- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.



Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984

**Table 1. Effect of Untreated Subbase on *k* Values.**

| Subgrade *k* value, pci | Subbase *k* value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 9 in. | 12 in. |
| 50 | 65 | 75 | 85 | 110 |
| 100 | 130 | 140 | 160 | 190 |
| 200 | 220 | 230 | 270 | 320 |
| 300 | 320 | 330 | 370 | 430 |

**Table 2. Design *k* Values for Cement-Treated Subbases**

| Subgrade *k* value, pci | Subbase *k* value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 8 in. | 10 in. |
| 50 | 170 | 250 | 310 | 380 |
| 100 | 280 | 400 | 520 | 640 |
| 200 | 470 | 640 | 830 | |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

### 6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGIDO

Para el diseño del pavimento rígido se mediante el método AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Periodo de diseño: **20 años.**

### 6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad: 4.2 – 2.0.

### 6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd: 0.90 – Regular. para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

**TABLA 6-2 VALORES DE CD RECOMENDADOS**

| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 - 5% | 5 - 25% | Más de 25% |
| Excelente | 1.25 - 1.20 | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 |
| Muy malo | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 - 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 6.1.3. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla:

TABLA 6-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R [%] | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Colectoras | 80.0 – 95.0 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R [%] | 50 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 98 | 99.99 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Z_r$ | 0.000 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -2.054 | -3.750 |

| Proyecto de pavimento | S$_o$ | |
|---|---|---|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Valor So: 0,35.
Modulo de elasticidad concreto: 4.228.920 psi.
$f_c^{'}$ = 5500 psi.

$$E = 57{,}000 * \sqrt{f_c^{'}}$$

E = módulo de elasticidad en psi
$f_c^{'}$ = resistencia a compresión del concreto en psi

Módulo de rotura concreto: 4.1 MPa = 594 PSI.
Coeficiente de transferencia de carga (J): 2.7 para juntas con pasadores.

### 6.1.2 MÓDULO RESILIENTE

De acuerdo con Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" efectuada en el tramo objeto de estudio, el módulo Resiliente- MR, corresponderá a los valores de resistencia de la subrasante obtenidos en los ensayos de CBR en inmersión, los cuales fueron registrados en el capitulo de Estudios previos:

El valor de **CBR promedio y de diseño es 1.27%**

TABLA 6-4 ANÁLISIS DE CBR (%)

| CBR DE DISEÑO |
|---|
| 1.27 |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con lo anterior, el módulo se correlaciona con el valor promedio de los valores de CBR de laboratorio en inmersión (Capítulo de Estudios Previos), teniendo en cuenta la ecuación-14, para CBR<10%, de la Guía para diseño de estructuras de pavimento de AASHTO/1993,

$$Mr = 1500 * CBR, \text{ (psi) (14)}$$

Si CBR≤10%

TABLA 6-5 MODULO RESILIENTE

| Tramo de Estudio | CBR diseño (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|
| CIV 11003507 | 1.27 | 1905 | 13.13 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, se requiere realizar un mejoramiento de la subrasante, para lo cual se propone la realización de un mejoramiento con material tipo rajón (IDU No. ET-410-18), al que se le establecen las siguientes características:

- Espesor de mejoramiento mínimo: 30 cm

Con base en estas características, se determina las características del CBR mejorado con la metodología de IVANOV, de acuerdo a la siguiente formulación, donde:

Esquiv: Módulo Resiliente compuesto de la subrasante mejorada

Einf: Módulo Resiliente capa inferior

N: Parámetro de rigidez, determinado a partir de los módulos de las capas inferior y superior

A: Radio de carga

H: Espesor de la capa de mejoramiento o capa superior

$$h = \frac{2A}{N} * \tan\left[\frac{1 - {Einf}/{E_{equiv}}}{\frac{2}{\pi} * \left(1 - {1}/{N^{3.5}}\right)}\right] \quad (15)$$

$$N = \left[\frac{E\,sup}{E\,inf}\right]^{3}$$

El módulo de la cada inferior es estimado a partir de la siguiente expresión:

$$E = 10 * CBR(\%) \quad (16)$$

El módulo de la capa superior, tomando en consideración que el módulo de las capas granulares es dependiente del estado de esfuerzos y confinamiento de las capas, se determina a partir de la ecuación de Shell, en función del espesor de capa de mejoramiento y el módulo de la capa inferior mediante la expresión.

$$Esup = 0{,}204 * E\,inf * H^{0.45} \quad (17)$$

| CBR de subrasante | Módulo de subrasante | | Módulo de mejoramien | Espesor mejoramiento | Módulo combinado de Subrasante+Mejoramiento | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CBR de SBR (%) | Esr (MPa) | Esr (kg/cm$^2$) | Ege (MPa) | Hge (cm) | Eeq (kg/cm$^2$) | Eeq (MPa) | CBR (%) |
| 3,27 | 12,70 | 129,5 | 76,9 | 30,0 | 371,2 | 36,4 | 3,64 |

TABLA 6-6 ANÁLISIS DE CBR (%)

| Tramo de Estudio | Mejoramiento de la subrasante (m) | CBR Equivalente (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|---|
| CIV11003507 | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón en un espesor 30 cm; incluye sello de 10 cm de material granular. | 3.64 | 5460 | 37.64 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 5.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO

Es este capítulo se presentan las estructuras de pavimento definidas para las vías del proyecto y el espacio público. Se incluyen las estructuras de pavimentos y los espesores de sus capas. En el Anexo se presentan las memorias de cálculo del diseño.

- Pavimento rígido con losas de concreto apoyadas sobre sub-base granular.

Para el diseño del pavimento rígido se empleará la metodología PCA 84 y se realizará la realizará la verificación de esfuerzos y deformaciones con el software EvarFe

**PARÁMETROS DE DISEÑO**

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU MR41.
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

**MÓDULO DE REACCIÓN k DE LA SUPERFICIE DE LA SUBRASANTE**

El valor de k se puede determinar mediante la siguiente correlación con el CBR:

$$k_{[kg/cm^3]} = 0.25 + 5.15 \log CBR$$

$$k_{[mpa/m]} = 36.05\, k_{[kg/cm^3]} \qquad (14)$$

k= 112.29 lb/pulg3

El valor mostrado anteriormente se obtiene a partir del CBR mostrado anteriormente correspondiente a 3.6%, teniendo en cuenta el valor de mejoramiento con rajón en un espesor de 30 cm, con sello de 10 cm de material granular.



551

## ALTERNATIVA PCA (CIV11003507):

La sub-base se recomienda para prevenir el fenómeno de bombeo, y su presencia aumenta la capacidad de soporte de pavimento optimizando el espesor de la losa de concreto. A continuación, se presenta el incremento que se puede obtener mediante la instalación de 15 cm de sub-base:

**TABLA 6-7 VALORES DE K CONJUNTO A PARTIR DEL CAPAS GRANULARES**

| Valor de k para subrasante | Valor de K para sub base granular | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 100 mm | | 150 mm | | 225 mm | | 300 mm | | |
| Mpa/m | Lb pulg3 | Mpa/m | Lb pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb pulg3 |
| 20 | 73 | 23 | 80 | 28 | 98 | 32 | 117 | 38 | 140 |
| 40 | 147 | 46 | 160 | 49 | 180 | 57 | 210 | 66 | 245 |
| 60 | 220 | 64 | 235 | 66 | 245 | 76 | 280 | 90 | 330 |
| 80 | 293 | 87 | 320 | 90 | 330 | 100 | 370 | 117 | 430 |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

De acuerdo con la tabla anterior, ingresamos con el valor de 112.29 lb/pulg3 (30.76 Mpa/m) tenemos un valor de k conjunto de = 38 MPa/m (138.68 lb/pulg3) mediante la aplicación de una capa de sub granular de 15 cm.

Teniendo en cuenta lo citado anteriormente y a partir de la utilización del software computacional BS-PCA se obtiene un espesor de losa de 16 cm, tal como se muestra a continuación:

**TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA**



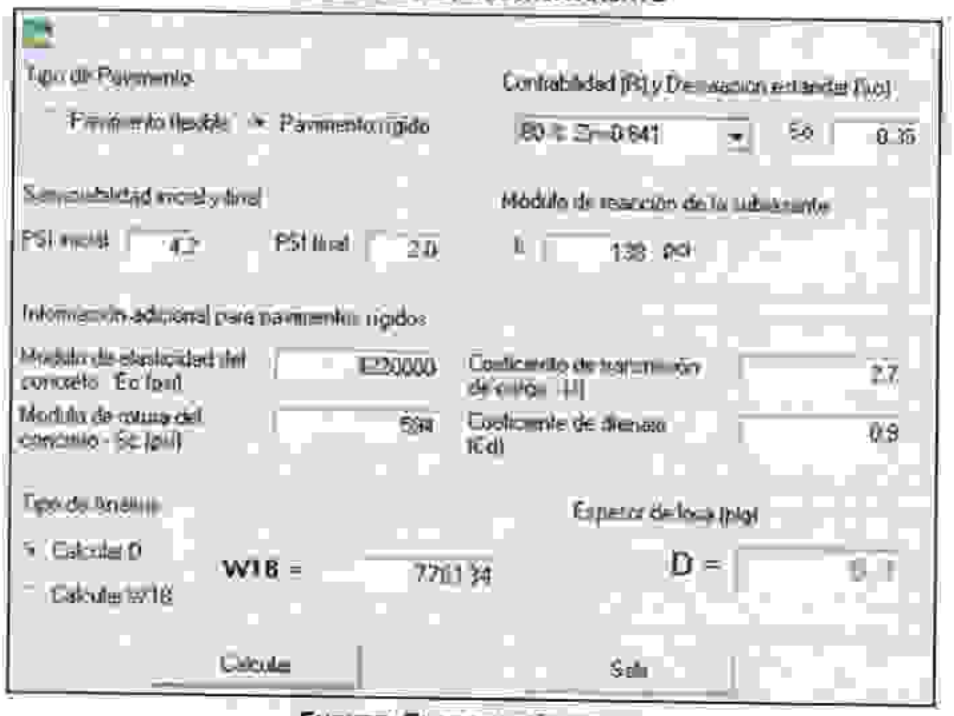

**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

En el anexo se encuentra la memoria de cálculo.

**ALTERNATIVA AASHTO (CIV11003507):**

La alternativa para la metodología AASHTO, presenta el siguiente resultado:

**TABLA 6-9 ALTERNATIVA AASHTO**




**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

Teniendo en cuenta la metodología AASHTO, el espesor de la losa es de 16 cm.

**Calidad del concreto**

La resistencia a la flexión se expresa en su Módulo de Rotura. Para el presente diseño, se propone un módulo de rotura de 4,1 MPa.

**Transferencia de Carga**

Se considera el diseño con pasadores.

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento

compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR: 4.1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con lo anterior, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

TABLA 6-10 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura (*) | |
|---|---|---|---|
| | | Descripción | Espesor (cm) |
| Rígida | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón ET 410-18 de forma puntual en un espesor de 30 cm. Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub-base granular. | Concreto Hidráulico | 16 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con rajón | 30 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

(*) Generalmente, la metodología PCA tiende a arrojar un espesor de losa mayor que la metodología AASHTO. Esto se debe a que PCA evalúa directamente los esfuerzos que actúan sobre la losa (tracción, flexión y tensiones térmicas), considerando condiciones críticas como carga en el borde, expansión térmica, fricción entre losas y gradientes de temperatura, lo cual conduce a diseños más conservadores en ciertos contextos, especialmente en aplicaciones industriales o con alta variabilidad térmica.
En cambio, AASHTO se base en modelos empíricos, ajustados a condiciones de prueba específicas (AASHO Road Test), por lo cual sus resultados pueden ser menos conservadores, especialmente fuera de los rangos para los cuales se calibró la ecuación.

## Modulación de losas:

El concreto hidráulico como superficie de rodadura, se encuentra sujeto a diferentes esfuerzos, entre los cuales se encuentran: cargas de tránsito, contracción y expansión del concreto (el concreto al endurecer ocupa menos volumen que cuando está fresco) y diferencias de temperatura o humedad entre la fibra superior y la inferior, entre otras. Con el fin de contrarrestar estos esfuerzos, no es suficiente el proporcionar un espesor adecuado, sino proyectar juntas longitudinales y transversales que impidan un fisuramiento temprano del concreto, estas juntas deben ester diseñadas técnicamente, mediante el empleo de los siguientes criterios:

### *Espaciamiento de Juntas*

- ✓ La separación de las juntas transversales se encuentra en función del espesor del pavimento, mediante la relación:

$$S = (21 \text{ a } 24)\, d$$

*Ecuación 1*

Donde,
S = Separación de la junta
d = espesor del pavimento
21 = Para valores máximos de fricción entre la base y el pavimento.
24 = Para valores normales de fricción entre la base y el pavimento.

*Para el espesor del CIV11003507 de 160 mm la separación máxima entre juntas transversales es de: 2.60m.*
La relación entre el largo y el ancho de la losa debe encontrarse entre un intervalo de 1 y 1,25.

$$1,0<largo/ancho<1,25$$

En función del espesor de la losa, la longitud de la losa debe ser máximo 25 veces el valor del espesor,

$$L \leq 25\ H$$
$$L_{20} \leq 5,0$$
$$L_{30} \leq 7,5$$

Donde
L: Longitud de la Losa
H: Espesor de la Losa (m)

Teniendo en cuenta que el segmento vial tiene un ancho aproximado de 5.2 (2.60 por losa) metros la relación de esbeltez, igual a 1,0 la longitud es de 2.60, para losas de espesores de 16 cm. Sin embargo, es importante aclarar que la longitud y ancho de la losa están en función de la geometría de la vía, considerando los criterios antes citados en términos de esbeltez.

**Transferencia Mecánica de Carga**

Aunque es preciso reconocer que los agregados ofrecen mediante su trabazón un grado de transferencia de carga; debido al tráfico de la vía en estudio es necesario implementar una transferencia de carga mecánica mediante la disposición de dovelas (barras de acero lisas insertadas en las juntas) que buscan transferir cargas sin restringir el movimiento horizontal.

Pasadores: Considerando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para una losa cuyos espesores de 160 mm se requiere el empleo de pasadores lisos,

constituidos por Barras de 3/4" de diámetro, de 350 mm de longitud y separación entre centros de 300 mm.

TABLA 5-11 PASADORES SEGÚN PCA

| ESPESOR DE LOSA (pulg) | DIAMETRO DEL PASADOR (pulg) | LONGITUD (pulg) | ESPACIAMIENTO (pulg) |
|---|---|---|---|
| 5 | 5/8 | 12 | 12 centro a centro |
| 6 | ¾ | 14 | |
| 7 | 7/8 | 14 | |
| 8 | 1 | 14 | |
| 9 | 1 1/8 | 16 | |
| 10 | 1 ¼ | 18 | |
| 11 | 1 3/8 | 18 | |
| 12 | 1 ½ | 20 | |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Barras de anclaje: Tomando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para un ancho de carril de 2.60 m y un espesor de losa de 160 mm, en las juntas longitudinales se emplearán barras corrugadas de ½" pulgada de diámetro, de fy = 280.0 MPa, con una longitud de 0,60 m y una separación entre las mismas de 0.60 m

TABLA 6-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA

| Espesor losa (mm) | Varillas de ½" | |
|---|---|---|
| | Long (mm) | Separación entre centros (m) |
| | | Carril 2.60 m |
| 160 | 600 | 0.60 |
| 175 | | 0.60 |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Es fundamental asegurar la correcta alineación y nivelación de pasadores y dovelas para garantizar una transferencia de carga eficiente y evitar concentraciones de esfuerzo.

Durante la construcción, se debe verificar la correcta colocación y fijación de los pasadores y dovelas antes del vertido del concreto.

**Esfuerzo y deformación:**

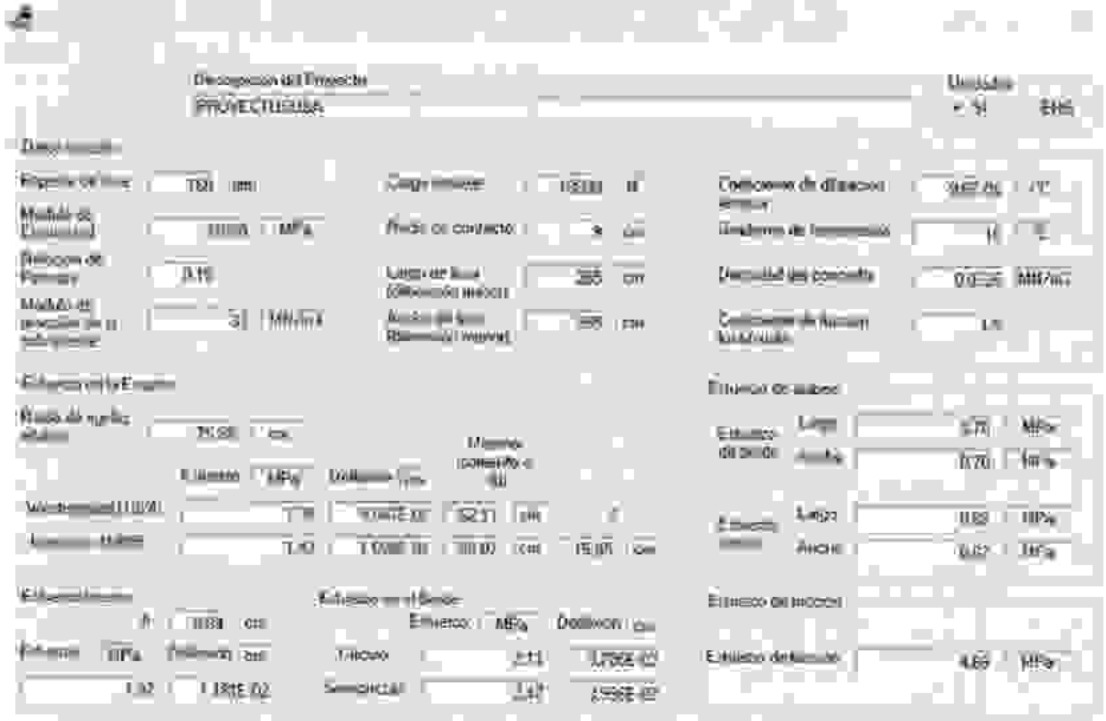
**Parámetros iniciales:**

**Espesor de la losa (h):** 160 mm.

**Módulo de ruptura del concreto (MR):** 4.1 MPa.
**Módulo de elasticidad del concreto (E):** 31,000 MPa.
**Relación de Poisson (v):** 0.15.
**Módulo de reacción de la subrasante (k):** 33 MPa/m.
**Carga aplicada (P):** 8.2 Toneladas
**Radio de contacto de la carga (a):** aproximadamente 150 mm.

Asimismo, mediante el software especializado UNALOSA, se lleva a cabo la verificación de los estados de esfuerzo y deformación asociados a una losa de pavimento con espesor de 16 cm.

**TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA**




**FUENTE: UNALOSA**

**Conclusión**

Bajo una carga de 80 kN, la losa de concreto de 16 cm de espesor, con un MR de 4.1 MPa, apoyada sobre una subbase granular de 15 cm y una subrasante con k = 33 MPa/m, experimentaría un esfuerzo interior máximo de aproximadamente 1.07 MPa y una deflexión máxima de 0.18 mm. Ambos valores están dentro de los límites aceptables, indicando un diseño estructural adecuado para las condiciones planteadas.

# 8 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO

En el presente apartado, se desarrolla el diseño de pavimentos para los andenes teniendo en cuenta las características geotécnicas de la subrasante, los materiales de la estructura y los espesores mínimos permitidos. Este diseño, se llevará a cabo de acuerdo con lo establecido en la Cartilla de Andenes de la Secretaría Distrital de Planeación (SDP modificación 07-08-2018).

En concordancia con la propuesta de diseño urbanístico, se plantea una de estructura de andén, en concreto estampado.

Con base en los resultados de la exploración geotécnica realizada para las vías a intervenir, se caracteriza de la misma manera el suelo de subrasante para las estructuras de los andenes pertinentes, de acuerdo con lo establecido en el apartado de Procesos Constructivos de la Cartilla de Andenes (Mod. 2018), para así mismo establecer una estructura típica para los mismos. A continuación, se define el tipo de subrasante en función de los valores de CBR natural en condición de inmersión.

**TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR**

| TIPO DE SUBRASANTE | CBR en (condición de inmersión) |
|---|---|
| S1 | Mayor o igual a 3% |
| S2 | Menor de 3% |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

Con base a lo anterior, conservando para el diseño de andenes el CBR de diseño de los segmentos viales vehiculares, se obtiene un suelo Tipo S2, lo cual indica que se requieren actividades de mejoramiento.

**TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR**

| Tipo de Suelo existente en la Subrasante | Clasificación AASHTO | Clasificación AASHTO | CBR | Proceso a seguir |
|---|---|---|---|---|
| Suelos Granulares (Gravas y Arenas) | Tipo A1, A2, A3 | Excelente a bueno | > 3% | Escarificar y compactar hasta obtener la densidad exigida. Ensayo para el seguimiento |
| Suelos Finos (Arcillas y limos con baja plasticidad) | Tipo A4 | Regular a Malo | < 3% | Retiro |
| Suelos Finos (Arcillas y limos de baja plasticidad) | Tipo A4 a A5 | Regular a malo | < 3% | Remoción 30 cm con material de relleno de CBR mínimo de 10% (material tipo A-1-b) ó A-2-5 ó superior |
| Suelos Finos (arcillas y limos de alta plasticidad) | Tipo A6 y A7 | Regular a Malo | < 3% | Remoción 30 cm con algún proceso químico o de vías (sección 330 de IDU) El que el ingeniero |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

De acuerdo con la tabla anterior, se define la clasificación AASHTO del suelo existente, el cual funcionara como subrasante en función del CBR y se determinó que se debe mejorar la subrasante, teniendo en cuenta las condiciones del suelo la alternativa de mejoramiento se realizará reemplazando 20 cm de espesor del material inadecuado de la subrasante por material granular con CBR mínimo de 10%.

Posteriormente se establecen los criterios de diseño de acuerdo con el tipo de superficie y el usos posible del espacio público, para este proyecto se tomó el criterio de Diseño 1, de la Cartilla de Andenes Bogotá D.C. de la Secretaría Distrital de Planeación, la cual dice textualmente: "Para el espacio público peatonal y la red de ciclorruta a nivel de andén por donde no circula ningún tipo de vehículo pesado, se propusieron espesores mínimos de construcción, con subbase granular tipo SBG_PEA_B, según Especificación IDU o vigente. Aplica para estructuras articuladas y flexibles, y acceso vehicular de vivienda (máximo 2 vehículos livianos)".

Teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados, se propone la estructura de pavimento peatonal con sus espesores.

**ILUSTRACIÓN 1 ESTRUCTURA DE ESPACIO PÚBLICO PEATONAL**

*Estructuras para Espacio Público Peatonal y Red de ciclorrutas (a nivel de andén) para Subrasante - Tipo S2 y Criterio de diseño 1*

**MATERIAL DE SUPERFICIE SEGÚN CASO**

SUBBASE GRANULAR SBG-PEA
Sección 400 de IDU-ET-2011 o vigente

SUBRASANTE MEJORADA

**SUBRASANTE NATURAL**

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1600 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

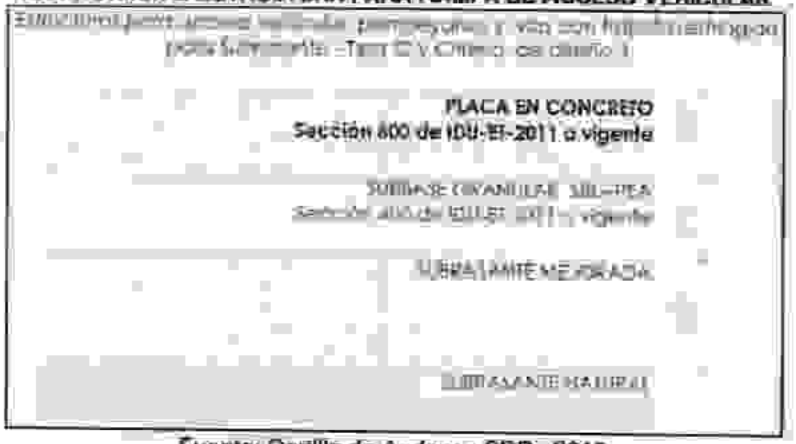
De acuerdo contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA", se puede concluir que para la estructura de pavimento de la zona peatonal se dispone de una sola zona homogénea. y con la cual se proyectó la estructura mostrada en la tabla anterior.

## 9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR

De acuerdo con la Cartilla de Andenes Bogotá D.C, las rampas no solo dan acceso vehicular a los predios sino también el acceso de las personas con movilidad reducida a los andenes y zonas peatonales que serán construidos con el desarrollo del proyecto.

Para un suelo S2 con CBR < 3%, tránsito de vehículos livianos y paso ocasional de vehículos comerciales tipo C2, se obtuvieron los espesores de las rampas vehiculares al proyecto de acuerdo a los criterios de la Cartilla de Andenes– DAPD.

ILUSTRACIÓN 2 ESTRUCTURA PARA RAMPA DE ACCESO VEHICULAR




Fuente: Cartilla de Andenes SDP , 2015

TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 15 | Placa de Concreto MR 41 kg/cm² |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 50 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

El concreto hidráulico se recomienda con módulo de rotura de 41 kg/cm conformado con la granulometría AG-1 (Tamaño máximo del pétreo de 2½ pulgadas), presentada en la Sección 500 Pavimento de Concreto Hidráulico.

En los lugares donde sea necesario completar niveles se hará con un material seleccionado por capas no mayores a 0.20 m logrando una densidad mínima del 95%, estos materiales seleccionados deben cumplir con características geotécnicas tales como IP menor o igual a 10%, contenido de finos menor o igual a 25%, CBR del 10%, tamaño máximo de 3", esto de acuerdo con el las especificaciones ET-IC-01.

# 7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

La propuesta de diseño contempla la construcción de capas estructurales de pavimento compuestas por materiales tales como mezclas asfálticas y materiales granulares. Atendiendo las especificaciones técnicas válidas en el desarrollo del presente proyecto y las cuales corresponden a las Especificaciones técnicas de construcción del Instituto Nacional de Vías - INVIAS, se presenta a continuación la caracterización de cada una de estos materiales.

- **CONCRETO HIDRÁULICO**

El concreto hidráulico, tiene la particularidad de ofrecer a la estructura una alta resistencia a la compresión que se necesita para soportar y absorber las cargas que circulan. Dicha mezcla deberá cumplir con las características especificadas en IDU-800-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MATERIALES GRANULARES:**

Los materiales granulares deberán cumplir con las especificaciones establecidas en la Especificación Técnica: Capas granulares de base y subbase del capítulo IDU-500-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE**

Los materiales de mejoramiento de subrasante deberán cumplir con las características especificadas en el capítulo IDU-410-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

# 8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES

Para garantizar que los parámetros mecánicos de cada uno de los materiales empleados en el diseño de pavimentos, cumplan con los requisitos establecidos en las Especificaciones Técnicas, su versión o actualización vigente, para la modelación de la estructura de pavimento y puedan ser suministrados por los proveedores adscritos en la base de datos vigente en la página web del IDU, se realizó un análisis de las fuentes de suministro de materiales y mezclas asfálticas, con los cuales se construirán las estructuras de pavimento y espacio público asociado con base en el diseño recomendado.

A continuación, se presentan los proveedores de mezclas asfálticas, agregados pétreos y concreto hidráulico seleccionado por su experiencia y teniendo en que se encuentren vigentes en el "Listado de Proveedores" en la página del IDU.

TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| AGREGADOS PÉTREOS | OPERADOR DEL TITULO MINERO N° EHD-131. KM 3,8 ZONA INDUSTRIAL BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 295 DE 2009 | DROMOS |
| AGREGADOS PÉTREOS | KILÓMETRO 10 DE LA VÍA MULTIFAMILIAR LOS CENTAUROS. PUENTE CAÍDO VEREDA EL COCUY PREDIO SAN LUIS SOBRE EL RÍO GUAYURIBA - VILLAVICENCIO | IDU 432 DE 2016 | REX VILLAVO |
| AGREGADOS PÉTREOS | CARRERA 6 #153 A- 60 EN LA LOCALIDAD USAQUÉN -BOGOTÁ | IDU 435 DE 2016 | REX BTA |
| AGREGADOS PÉTREOS | Av. CRA 7 # 160A-06 SAN CRISTÓBAL NORTE, LOCALIDAD USAQUÉN - BOGOTÁ | IDU 568 DE 2020 | REX BTA 7MA |

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| AGREGADOS PÉTREOS | KILÓMETRO 3,5 VEREDA BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 455 DE 2017 | INCOMINERI |
| AGREGADOS PÉTREOS | KM 4 VÍA LA MESA - MONDOÑEDO- MOSQUERA | IDU 582 DE 2020 | LA ROCA |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1,5 VÍA AUTOPISTA MEDELLÍN COSTADO SUR - COTA | IDU 486 DE 2018 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | PREDIO DENOMINADO LOTE 10, EN LA VEREDA SAN JOSE - MOSQUERA | IDU 510 DE 2019 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1,5 VÍA BOGOTÁ- MEDELLÍN, COSTADO OCCIDENTAL VEREDA VUELTA GRANDE - COTA | IDU 582 DE 2020 | GRECO |
| ASFALTO | PREDIO VISTA HERMOSA, VEREDA BALSILLAS - KILOMETRO 25 VÍA LA MESA - PLANTA DE ASFALTO CMI | IDU 26 DE 2002 | AA |
| ASFALTO | KM 3.8 EN LA ZONA INDUSTRIAL, VEREDA BALSILLAS MOSQUERA | IDU 187 DE 2005 | DROMOS |
| ASFALTO | KM 17+200 DE LA CARRETERA CENTRAL DEL NORTE (CRA 7 DE BOGOTÁ) | IDU 164 DE 2004 | CTU |

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| CONCRETO | KR 62 No. 19 - 04 INT 5, LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA | IDU 22 DE 2002 | **HOLCIM** |
| CONCRETO | PLANTA NEREIDAS - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55 A SUR - 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 216 DE 2006 | **TREMIX** |
| CONCRETO | PLANTA SUR - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55A SUR – 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 439 DE 2016 | **POLMIX** |

**Zodmes:**

A continuación, se presentan las posibles zonas de depósito para materiales sobrantes de construcción para el Proyecto. Los sitios escogidos como botaderos o zonas de depósito servirán para disponer los materiales estériles y/o sobrantes procedentes de las excavaciones de las vías.

Considerando adicionalmente parámetros como capacidad de almacenamiento y condiciones geológicas-geomorfológicas, se escogieron nueve (9) zonas para la disposición de materiales de excavación o botaderos que permitirán almacenar el volumen de material estéril o sobrante en la fase de construcción de la vía (Ver Tabla 13.4).

**TABLA 8-2 ZODMES**

| CATEGORÍA | NOMBRE – RAZÓN SOCIAL | MUNICIPIO | PREDIO O LOTE |
|---|---|---|---|
| 1. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | CEMEX DE COLOMBIA S.A. | BOGOTA D.C. | Reserva ecológica privada la Fiscala Capacidad: 5.000.000 m3 |
| 2. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE | RECICLADOS INDUSTRIALES | COTA | Lote la Britania Vega, en la Vereda Siberia, Municipio de Cota, |



546

| | | | |
|---|---|---|---|
| CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | DE COLOMBIA S.A.S. | | Cundinamarca Capacidad: 40.000 m3 |
| 3. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | Lotes 2, 3, 4 de los predios identificados con cédulas catastrales N° 00-02-0002-0186; 00-02-0002-0184-000 y 00-02-0002-0183-000, ubicados en la Vereda Panamá del Municipio de Soacha Capacidad: 4 000 000 m3 |
| 4. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | RESIESCOL S.A.S ESP | MOSQUERA | Predio denominado Lote 4.A, matrícula inmobiliaria N° 50c - 1433092, ubicado en la Vereda Balsillas del Municipio de Mosquera, Cundinamarca |
| 5. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | MATERIALES Y LOGÍSTICA S.A.S. MYLSA | MADRID | Predios denominados Finca el Paraíso, el Valle de las Mercedes y Finca la Zulia, ubicados en las Veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid Cundinamarca Capacidad: 1 000.000 m3 |
| 6. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | CICLOMAT S.A.S. | COTA | Predio ubicado 600 metros al sur de la Autopista Medellín (calle 80) entrada PRACO-DIDACOL Vía Siberia –Bogotá, Vereda Siberia del Municipio de Cota, Cundinamarca. |



549

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | En el predio el Vinculo (Poligono 3) del Municipio de Soacha-km 14 de la Vía Soacha – Sibaté. |
| 8. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | RELLENOS DE COLOMBIA S.A.S. EN LIQUIDACIÓN | MOSQUERA | Vereda balsillas, km 3 vía la mesa, Mosquera, Cundinamarca. |
| 9. DISPOSICIÓN DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | MAQUINAS AMARILLAS S.A.S. – MARILLA S.A.S. | BOGOTA D.C. | Plan de manejo y recuperación ambiental de la mina las Manas y Santa Inés en el área del contrato de concesión minera 8151 a nombre de la empresa HOLCIM COLOMBIA S A (Perfil c-o' sector Nor-Este) Tunjuslito-Bogotá. |

La evaluación de las áreas definidas para botaderos corresponden a superficies suavizadas planas a moderadamente inclinadas en depósitos aluviales recientes de llanura aluvial de los ríos Bogotá, Subachoque y Tunjuelito, así como de los depósitos de terrazas altas de la Sabana de Bogotá, los cuales corresponden a planicies extensas de aspecto aterrazado y morfología ondulada suavemente inclinada y limitada hacia los cauces por escarpes de 2 – 20 m de altura; se encuentran constituidos de arcillas grises, localmente con intercalaciones de arenas finas y delgados niveles de gravas y turbas, en capas paralelas producto de la acumulación de materiales en la cuenca ocupada por el antiguo lago de la Sabana de Bogotá, con espesores de 20 - 300 m

Estas superficies en depósitos de la llanura aluvial y los depósitos de terrazas de la Sabana de Bogotá pueden presentar una buena condición de estabilidad, teniendo en cuenta la morfología de estas áreas, así como la pendiente y la composición de los materiales que la constituyen Cabe resaltar que el área que conforma la ZODME ubicado en la finca El Paraíso, el valle de las Mercedes y finca La Zulia, de las veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid en Cundinamarca, se encuentra sobre superficies onduladas a inclinadas en laderas de la Formación Arenisca Dura del Grupo Guadalupe y en contacto con los depósitos aluviales de terrazas altas de la Sabana de Bogotá. Estas áreas deben ser evaluadas con trabajo de campo para determinar las condiciones morfodinámicas y de estabilidad de estas superficies. La localización de las ZODMES se presenta en la Figura 13.1, en la cual también se han ubicado las fuentes de materiales.

# 9 ANÁLISIS DE RIESGOS

El análisis de los posibles riesgos en la ejecución del proyecto permite tener un panorama realista donde se considere las posibles eventualidades y su potencial consecuencia, esto permitirá establecer planes de contingencia en caso de que se presenten cualquiera de las situaciones citadas.

Para el caso de estudio, se prevén los siguientes riesgos, asociados a la etapa de construcción consecutiva a la etapa de diseño.

TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO

| RIESGO | TIPO DE CAUSA | CAUSAS PROBABLES | CONSECUENCIAS |
|---|---|---|---|
| Imprecisión en la determinación del CBR de diseño | Menor resistencia de la subrasante | Muestro Insuficiente | Disminución de la vida útil de la estructura, Falla prematura por deformación de la subrasante |
| | | Errores en el procesamiento de la información | |
| | | Afectaciones climáticas | |
| | | daños en el sistema de drenaje | |
| | | errores en la caracterización del material | |
| Aumentos en los niveles de transito | Aumento en el número de ejes equivalentes esperados | Cambios de uso de la vía por desvío | Estructura deficiente para las cargas esperadas, falla prematura de la carpeta asfáltica |
| | | Implementación de nuevas rutas en el corredor vial | |
| | | Aumento de las cargas de los vehículos de transporte | |
| | | Errores en el conteo para establecer el TPD | |
| | | Aumentos inesperados por transito atraído/generado | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fallas en los materiales | Daños por mala calidad en los materiales instalados | Malos procesos constructivos | Falla de zonas puntuales de la estructura |
| | | Cambios en la humedad por daños en el drenaje | |
| | | deficiencias en los controles de calidad | |

## 10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las propuestas de intervención RECOMENDADA como parte de las actividades a ejecutar en el proyecto de la referencia, consisten en:

**Alternativa**

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR: 4,1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

Se recomienda el uso del geotextil NT1800 en la estructura de pavimento entre el suelo natural y material de mejoramiento con rajón, para evitar la contaminación entre capas y asegurar la estabilidad de la estructura.

TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura | |
|---|---|---|---|
| | | Descripción | Espesor (cm) |
| Rígida | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón ET 410-18 de forma puntual en un espesor de 30 cm. Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub-base granular. | Concreto Hidráulico | 16 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con rajon | 30 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

(*) Tener presente que en la actual etapa NO se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos.

De igual forma, se presenta el siguiente gráfico con la estructura de pavimento recomendada:

TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11003507)

| Descripción | Espesor (cm) |
|---|---|
| Concreto Hidráulico | 16 |
| Sub-base granular | 15 |
| Mejoramiento con rajon | 30 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La estructura de pavimento recomendada es en flexible, en función de garantizar la distribución de esfuerzos y el empalme con los materiales presentes en cada segmento vial. La alternativa es pavimento rígido es viable des del punto de vista técnico, sin embargo, la modificación de rigidez de los materiales presentes en la zona puede generar un impacto negativo en la distribución de presiones, además, los costos asociados son muy superiores a la de pavimento flexible y las condiciones de carga no lo ameritan.
Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:

TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

La revisión y propuesta se hace de acuerdo a lo presentando en el informe de pavimento del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se tuvieron en cuenta los parámetros geotécnicos, tránsito y consideraciones generales. Sin embargo, se presenta una alternativa de rodadura en concreto hidráulico que garantice la durabilidad y que cuenta con las siguientes ventajas:

- Permite simular adoquines, piedra natural, ladrillo, madera u otros acabados, mejorando notablemente el aspecto visual del entorno urbano o residencial.
- Al estar hecho de concreto hidráulico, soporta cargas vehiculares y condiciones climáticas extremas sin perder su forma ni integridad.
- No se deforma ni se hunde como otros pavimentos modulares; solo requiere limpieza periódica y, en algunos casos, reaplicación del sellador.
- Una vez vaciado el concreto, el estampado se realiza mientras el concreto aún está fresco, lo que ahorra tiempo frente a métodos tradicionales como adoquines o losas prefabricadas.
- Continuidad superficial. Al no tener juntas como los adoquines, evita el crecimiento de maleza y reduce los accidentes.
- Al tener textura superficial, ofrece buen desempeño antideslizante, tanto en zonas peatonales como en pasos vehiculares, incluso en condiciones húmedas.

- Aunque su instalación puede ser ligeramente más costosa que el concreto convencional, su vida útil y bajo costo de mantenimiento representan un ahorro a mediano y largo plazo.
- Puede adaptarse a parques, ciclovías, pasos peatonales, calles residenciales, andenes, glorietas, entre otros.

## 8.1. RECOMENDACIONES GENERALES

1. Mantenimiento posterior al servicio de la vía:

   - La intervención propuesta deberá estar acompañada de un mantenimiento rutinario al drenaje existente en la vía, el cual consistirá en la limpieza de las estructuras y revisión del estado de funcionamiento de las mismas.

   - A continuación, se presentan las actividades de mantenimiento rutinario y periódico a ejecutar según periodo de diseño:

Las actividades de mantenimiento rutinario y periódico se deberán realizar en función del área de deterioro teniendo en cuenta lo siguiente:

TABLA 10-4 CALENDARIO DE ACTUACIONES POR AÑO

| Calendario de actuaciones: Periodo de diseño: 10 años | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Año | Construcción | Fresado y sobre-capa de 5cm | Parcheo | Sello de fisuras. |
| Año - 0 | X | | | |
| Año - 1 | | | | |
| Año - 2 | | | | |
| Año - 3 | | | X | X |
| Año - 4 | | | | |
| Año - 5 | | | | |
| Año - 6 | | X | X | X |
| Año - 7 | | | | |
| Año - 8 | | | | |
| Año - 9 | | | X | X |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA

- ***Sello de grietas:*** Esta actividad consiste en la eventual conformación de las fisuras, su limpieza y la aplicación de un producto bituminoso sellante en caliente, cuyas características y cantidades dependen de la abertura de ellas, según lo establecido en el artículo 466 de las especificaciones generales de construcción de carreteras que rigen el contrato (INVIAS 2013, Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014). Dicho tratamiento se debe realizar para fisuras de tipo longitudinal y/o transversal (no interconectadas) cuya abertura sea superior a 6mm. Para evitar el desprendimiento del sello, éste deberá quedar por debajo de la superficie de la fisura aproximadamente 5mm.

- ***Parcheo y Bacheo.*** El parcheo se define como la actividad que busca reemplazar en un área deteriorada (sin compromiso estructural) la carpeta asfáltica, mejorando la superficie y por ende el nivel de servicio ofrecido al usuario. El bacheo consiste en la intervención de aéreas localizadas del pavimento deterioradas, abarcando las capas asfálticas y/o las granulares hasta lograr un apoyo firme. Estas actividades se encuentran en función del área deteriorada y el tipo de deterioro. La excavación a realizar para la reparación, deberá ceñirse a lo establecido en los artículos 460 y/o 465 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras (INVIAS 2013, Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014).

  Para la ejecución de los trabajos correspondientes a Parcheo y Bacheo, se deberá tener en cuenta las recomendaciones establecidas en el Apéndice B.

  Para la ejecución de los trabajos correspondientes a Bacheo, se deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

  - El material granular a utilizar podrá ser de base o subbase granular, de acuerdo a lo que se encuentre en el área adyacente al Bache.
  - La demolición o fresado se realizará desde el interior del área afectada hacia los bordes, el fondo de la excavación deberá quedar nivelado, libre de residuos y proporcionar capacidad de soporte.
  - El espesor de material granular a restituir deberá ser el mismo al encontrado en el área adyacente al bache.
  - Todas las operaciones de aireación o humedecimiento del material se realizarán antes de su compactación, hasta llegar a la humedad óptima.
  - La extendida de los materiales granulares se realizará por medio de un equipo de enrazado manual. El extendido deberá ser realizado por capas con un espesor adecuado (en función del equipo utilizado) y uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación especificado.

- La compactación se efectuará de los bordes del bache hacia adentro.

- Sobre la superficie de la base del área afectada y en las paredes de la excavación se aplicará un riego asfáltico con emulsión de rompimiento lento, la cual deberá cumplir con lo establecido en las especificaciones generales de construcción de carreteras que rigen el contrato.

- El dimensionamiento mínimo para garantizar los procesos de compactación deberá ser de 1,10m de ancho y 2,20m de longitud.

- El corte se realizará perimetralmente, deberá tener las paredes verticales y el espesor homogéneo.

- La demolición se realizará desde el interior del área afectada hacia los bordes, el fondo de la excavación deberá quedar nivelado, libre de residuos y sin la presencia de fisuras, en el caso que la capa de soporte de la nueva capa sea asfáltica.

- Sobre la superficie de la base del área afectada y en las paredes de la excavación se aplicará un riego asfáltico con emulsión de rompimiento rápido, la cual deberá cumplir con lo establecido en las especificaciones generales de construcción de carreteras que rigen el contrato.

- Una vez la emulsión rompa, se procederá con la extendida y compactación de la mezcla asfáltica. La mezcla deberá extenderse de las orillas hacia el centro para evitar segregación y la compactación se efectuará de los bordes del parche hacia el centro del mismo.

**VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA PLATAFORMA**

Para el caso donde se presenten deformaciones plásticas (mayores a 1cm) ante una prueba de carga (como el paso de volqueta cargada en varios recorridos sobre la plataforma de trabajo), se realizarán mejoramientos puntuales en la subrasante con material tipo tolerable ART 230 INV 2013, resolución 1376 del 26 de mayo de 2014. La prueba de carga se puede hacer con cualquier elemento que cumpla las condiciones de seguridad en función de la sección de la excavación.

- En los sectores en donde existan hundimientos y fisuras severas (h≥20mm) se recomienda ante la existencia de árboles laterales, realizar un tratamiento particular, mediante la tala o restitución de las especies existentes.

## 11 PROCESO CONSTRUCTIVO

### RECOMENDACIONES GENERALES

Dado que los suelos naturales presentan valores de CBR inferiores a 3% se hace necesario estabilizar mecánicamente la subrasante con un material tipo "rajón".

Una vez finalizada la excavación y alcanzado el suelo de subrasante, el material del cuerpo del mejoramiento se colocará en capas sensiblemente paralelas a la superficie de la explanación, de espesor uniforme y lo suficientemente reducido, para que, con los medios disponibles, los vacíos entre los fragmentos más grandes se llenen con las partículas más pequeñas del mismo material, de modo que se obtenga el nivel de densificación deseado.

El rajón, ésta se colocará directamente sobre la subrasante, evitando su vertido desde alturas mayores a dos metros (2,0 m), con el fin de reducir su segregación. Deberá extenderse con procedimientos manuales ó con equipos livianos debido a las condiciones de la subrasante. Su compactación podrá realizarse con pasadas de buldózer o retroexcavadora, de manera que las puntas del rajón penetren parcialmente en el terreno natural. Posteriormente se realizará la instalación del sello de rajón, el cual puede componerse de un material tipo SBG_C, el conjunto de rajón y sello de 10 cm conformarán el total de espesor de mejoramiento.

La construcción de la capa de rajón deberá adelantarse siguiendo los lineamientos establecidos en la Sección 321-11 de las Especificaciones Técnicas

### INSTALACIÓN DE CAPAS DE BASE Y SUBBASE GRANULAR

La instalación de las capas de base y subbase granular se realizarán cuando la superficie sobre la cual quedarán apoyadas presente la calidad, densidad, cotas y secciones indicadas dentro de los documentos del proyecto, previamente deberá estar concluido todo lo relacionado con los sistemas de drenaje recomendados de acuerdo con el Estudio y Diseño de Redes.

La superficie donde se dispondrá el material se deberá encontrar suficientemente seca y compacta para evitar que se produzcan ahuellamientos o desplazamientos en ella. El material se extenderá en todo el ancho previsto, en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

La cantidad de material extendido será tal, que el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos (2) ó más capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). En este caso, se aplicarán para cada capa los procedimientos de ejecución y control acá descritos. El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes.

Una vez que el material de la capa granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo adecuado, hasta alcanzar la densidad especificada.

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo aprobado y/o que normalmente se utiliza, se podrán compactar por otros medios adecuados, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

Una vez terminada la compactación, el Constructor perfilará la superficie de la capa granular, ajustándola a los perfiles longitudinales y transversales del proyecto.

## INSTALACIÓN DE CAPAS DE CONCRETO HIDRÁULICO

El proceso constructivo para pavimento en concreto hidráulico inicia con la limpieza y nivelación del terreno, seguida de la compactación de la rasante. Posteriormente, se coloca y compacta la subbase y, la base hidráulica. Se instalan las formaletas laterales o guías de nivel, y se procede a colocar el refuerzo de acero. El concreto es vaciado, extendido y vibrado para garantizar su adecuada consolidación, luego se alisa y texturiza la superficie según el acabado requerido. Una vez terminado, se realizan los cortes de juntas de contracción y construcción, y se aplica el curado mediante compuestos químicos o métodos húmedos por un mínimo de siete días. Finalmente, se inspecciona la calidad de la obra y se permite el tránsito vehicular/peatonal de acuerdo con los tiempos de fraguado y resistencia establecidos en el diseño.

## 12 FUENTES DE CONSULTA


- INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO-IDU. ANEXO TÉCNICO DE DIAGNÓSTICO PARA CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL PARA BOGOTÁ. Versión 5.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS AASHTO. Guide for design of pavement structures. Washington: AASHTO, 1993.
- Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción del Innstituto Nacional De Vias – 2013.
- Normas de ensayos de materiales INVIAS-2013. Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014.
- Shell International Petroleum Company Limited. Addendum to the Shell Pavement Design Manual. London, 1885
- Yang H. Huang: Pavement Analysis and Design. Second Edition. Pearson Prentice Hall. UnitedStates of America, 2004.
- HIGUERA SANDOVAL, CARLOS HERNANDO. Nociones sobre métodos de diseño de pavimentos para carreteras. UPTC, Tunja, 2008.
- IDU, INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO. Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción, para proyectos de infraestructura vial y de espacio público, para Bogotá D.C. 2019.

**DISENO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA**
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**
**Software : BS-PCA**

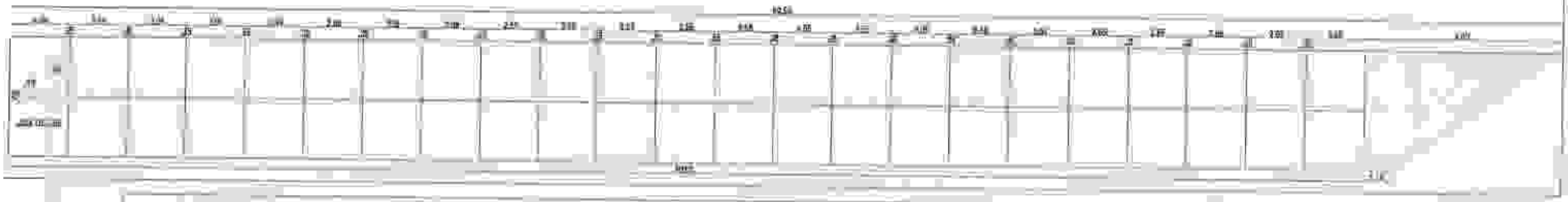
Datos :

Resistencia K del Apoyo : 138 PCI (lb/pnlg3)
Espesor Losa : 160 mm
Modulo de Rotura : 42 Kg/cm2
Bermas : NO
Pasadores : SI
Factor de Seguridad Cargas : 1
Factor de Repeticiones Esperadas : 1

Resultados :

| Carga Tn | Carga FS kN | Repeticiones Esperadas | Repeticiones Admisib_Fatiga | Consumo Fatiga % | Repeticiones Admisi_Erosion | Consumo Erosion % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **EJES SIMPLES** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| 6,00 | 58,80 | 776.134 | 11.899.031 | 6,52 | 20.756.674 | 3,74 |
| **EJES TANDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| **EJES TRIDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| | | | Total : | 6,52 | | 3,74 |

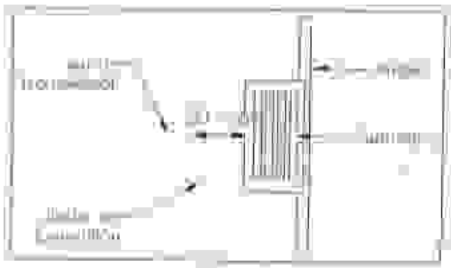
11003507





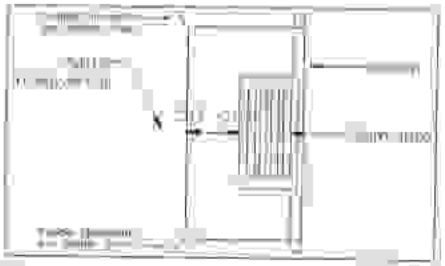












# CONSORCIO SUBA MT

NIT. 901902678-2

COP 1013-2024-LP (119224)

**CONSORCIO SUBA MT**
**GRUPO 3**

**REVISION Y AJUSTE A DISEÑO DE PAVIMENTOS**
**DEL CONTRATO DE CONSULTORIA 345 DE 2018**

**OBJETO DEL CONTRATO: EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO (GRUPO 1) EN LA LOCALIDAD DE SUBA EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO**

**CIV 11003575**

**SEGMENTO VIAL SOBRE LA CARRERA 154B ENTRE LA CALLE 138 Y CALLE 138A**

**BOGOTÁ D.C, JUNIO DE 2025**

Calle 38 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207

561

## CONTROL DE DOCUMENTOS

| ESTADO REVISIÓN Y APROBACIÓN | NOMBRE | CARGO | FIRMA | FECHA |
|---|---|---|---|---|
| **POR EL CONTRATISTA DE OBRA** | | | | |
| Realizo | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | MAO SEBASTIAN BERMEO | | JUNIO 2025 |
| **POR LA INTERVENTORIA DE OBRA** | | | | |
| V°. B°. INTERVENTORIA | DIRECTOR DE INTERVENTORÍA | ING. ERNESTO PERDOMO | | JUNIO 2025 |

**MODIFICACIONES**

| FECHA | VERSIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN |
|---|---|---|
| 15-07-2025 | 00 | Versión Inicial N° 00 |

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 7

1. OBJETIVOS Y ALCANCE 8

1.1. OBJETIVOS GENERALES 8
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8
1.3. ALCANCE 8

2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA 10

2.1. LOCALIZACIÓN 10
2.2. CLIMA 11
2.2.1. CLIMA SUBA 11
2.2.2. CLASIFICACIÓN DEL CLIMÁTICA 12

3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO 13

3.1. PCA 13
3.2. AASHTO 14
3.2.1. SUBRASANTE 14
3.2.2. TRANSITO 15
3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA 15
3.2.4. SERVICIABILIDAD 15
3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD 15
3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 16
3.2.7. CONFIABILIDAD 17
3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J): 17

4. ESTUDIOS PREVIOS 18

4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA 18
4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO 18
4.3. TRANSITO 18
4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO 19
4.5. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO CONTRACTILES 20
4.6. CONCLUSIONES 21

5. ESTUDIO DE TRANSITO 23

6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 27

6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO 27
6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN: 27
6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 28
6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 30
6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD 30
6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 30
6.1.3. CONFIABILIDAD 30
6.1.2 MÓDULO RESILIENTE 31
6.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO 34
ALTERNATIVA PCA (CIV11003575): 35
ALTERNATIVA AASHTO (CIV11003575): 36

8 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO 41

9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR 43

7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES 45

• CONCRETO HIDRÁULICO 45

• MATERIALES GRANULARES: 45

• MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE 45

8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES 46

9 ANÁLISIS DE RIESGOS 51

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 53

11 PROCESO CONSTRUCTIVO 56

12 FUENTES DE CONSULTA 58

## LISTADO DE TABLAS

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO ..... 10
TABLA 2-2 REGIONES CLIMÁTICAS SEGÚN LA TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN ..... 12
TABLA 2-3 PRECIPITACIÓN Y CONDICIONES DE HUMEDAD PARA EL ENSAYO ..... 12
TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE ..... 14
TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA ..... 14
TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA ..... 15
TABLA 3-4 INDICE DE SEVICIABILIDAD ..... 16
TABLA 3-5 VALORES DE CD RECOMENDADOR ..... 16
TABLA 3-6 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 17
TABLA 4-1 CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANALISIS ..... 18
TABLA 4-2 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUIA – GRUPO DE DISEÑO 2 ..... 19
TABLA 4-3 NUMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V3 – GRUPO 4 - GUIA BAJOS VOLÚMENES IDU ..... 19
TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR ..... 20
TABLA 5-1 TRANSITO DE DISEÑO ..... 23
TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142 ..... 23
TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO ..... 24
TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS ..... 24
TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS No. 1 ..... 25
TABLA 5-6 TRANSITO BAJO ANÁLISIS No. 2 ..... ¡Error! Marcador no definido.
TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 28
TABLA 6-2 VALORES DE CD RECOMENDADOS ..... 30
TABLA 6-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 31
Tabla 6-4 Análisis de CBR (%) ..... 32
TABLA 6-5 MODULO RESILIENTE ..... 32
Tabla 6-6 Análisis de CBR (%) ..... 33
Tabla 6-7 Valores de K conjunto a partir del capas granulares ..... 35
TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA ..... 35
TABLA 6-9 ALTERNATIVA AASHTO ..... 36
TABLA 6-10 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 37
TABLA 6-11 PASADORES SEGÚN PCA ..... 39
TABLA 6-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA ..... 39
TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA ..... 40
TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR ..... 41
TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR ..... 41

TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 43
TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES ..... 44
TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES ..... 48
TABLA 8-2 ZODMES ..... 48
TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO ..... 51
TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 53
TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11003575) ..... 53
TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 54

## LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO ..... 10
FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TERMINOS DE PSI. ..... 13
FIGURA 4-2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11003575 ..... 20
FIGURA 4-3 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO ..... 21

## LISTADO DE ANEXOS

**ANEXO 1.** INFORME PREVIO - contrato FDLS-345-2018 – "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA.

**ANEXO 2.** PLAN DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS.

**ANEXO 3.** MEMORIAS DE CALCULO.

## INTRODUCCIÓN

Se elabora un estudio para la EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE segmento vial CIV 11003575 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

Con el fin de obtener un diagnóstico del corredor, se tiene en cuenta estudios previos en el sector en donde se ejecutó el estudio geotécnico mediante la ejecución de apiques asociado a la evaluación del tránsito, en términos de ejes equivalentes de 80kN.

A partir de la evaluación geotécnica del tramo objeto de estudio realizado por el Consorcio Gevial en el año 2020 bajo el contrato ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL LOCAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA - FDLS-345-2018, se plantean las intervenciones a nivel de pavimentos para los segmentos viales en la localidad de Suba de la ciudad de Bogotá D.C., tomando en consideración las variables que se establecen en la metodología del anexo técnico, caracterizando el perfil estratigráfico por medio de la ejecución de apiques, las cuales son insumo para el diseño de pavimentos, tales como: CBR de la subrasante y el tránsito de diseño evaluado a un periodo de diseño a 10 años. Además de los parámetros implícitos en la metodología de diseño de pavimentos a emplear AASHTO/93.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861467 – 3115350207
consorciosubamt@gmail.com

# 1. OBJETIVOS Y ALCANCE

## 1.1. OBJETIVOS GENERALES

Plantear una propuesta integral de intervención de Pavimento para el segmento vial CIV 11003575 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

## 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, la evaluación geotécnica de las capas que componen la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio.

A partir el uso de herramientas computacionales modelar las estructuras propuestas mediante la metodología AASHTO/93 y con el programa UNALOSA, conocer los esfuerzos y deformaciones actuantes en las estructuras diseñadas.

Plantear recomendaciones generales en cuanto a la conformación de una adecuada plataforma de trabajo, con el fin de garantizar el correcto desempeño de la estructura de pavimento propuesta.

Evaluar estrategias de mantenimiento para garantizar un adecuado comportamiento estructural del pavimento en servicio.

## 1.3. ALCANCE

Por medio del actual informe técnico es presentado el diseño de pavimentos, para el segmento vial CIV 11003575 sobre la Carrera 154b entre la Calle 138 y la Calle 138A, de la localidad de Suba en la ciudad de Bogotá D.C.

Los capítulos que se incluyen en el presente informe son:

2. Descripción de la Metodología.
3. Metodología de estudio.
4. Trabajos de Campo.
   - ✓ Evaluación geotécnica del tramo de estudio.
5. Estudio de Tránsito.
6. Diseño de la Estructura de Pavimentos.
7. Secciones Transversales.

8. Caracterización de materiales.
9. Conclusiones y Recomendaciones.

Se plantearán las Intervenciones necesarias a nivel de pavimento.

# 2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

El presente informe se desarrolla como parte de la ejecución del contrato cuyo objeto corresponde al DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE EL SEGMENTO VIAL CIV 11003575 – LOCALIDAD DE SUBA – BOGOTÁ D.C.

## 2.1. LOCALIZACIÓN

El segmento vial CIV 11003575 de la localidad de Suba se encuentra en Bogotá D.C. A continuación, se presenta la localización del sitio objeto de estudio:

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO



FUENTE. GOOGLE.COM

A continuación, se presentan los segmentos a intervenir:

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO

| CIV | Ubicación |
|---|---|
| 11003575 | Carrera 154B entre la Calle 138 y la Calle 138A |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

## 2.2. CLIMA

Bogotá D.C. tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C, son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)[1].

| | | |
|---|---|---|
| Temperatura promedio | = | 20 °C |
| Precipitación media anual | = | 1258 mm/año |

### 2.2.1. CLIMA SUBA

El clima en Suba, Bogotá, se caracteriza por ser fresco y variable, con temperaturas que oscilan entre los 10°C y 20°C, y con alta probabilidad de lluvia, especialmente en las tardes. La localidad también experimenta días nublados y con variaciones en la intensidad del viento. 2.

- **Temperatura:**

Generalmente se mantiene entre 10°C y 20°C, con sensaciones térmicas que pueden ser más bajas por la humedad y el viento.

- **Lluvias:**

Es común la presencia de lluvia, especialmente por las tardes, y puede haber días con alta nubosidad.

- **Viento:**

El viento suele ser variable, con velocidades que pueden alcanzar hasta 13 km/h, y puede provenir del suroeste o el este.

- **Humedad:**

La humedad puede ser alta, especialmente en días de lluvia, lo que puede afectar la sensación térmica.

- **Calidad del aire:**

La calidad del aire en Suba suele ser buena, pero puede haber variaciones.

[1] ESTACION IDEAM 2120522 UNIVERSIDAD NACIONAL
[2] Pagina AccuWeather

## 2.2.2. CLASIFICACIÓN DEL CLIMÁTICA

Teniendo en cuenta el manual de diseño de pavimentos asfálticos del INVIAS, se considera que la zona de diseño se encuentra en una región R2 – Región templado semihúmedo; como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 2-2 REGIONES CLIMÁTICAS SEGÚN LA TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN

| No. | Región | Temperatura media anual (°C) | Precipitación media anual (mm) |
|---|---|---|---|
| R1 | [illegible] | < 12 | > 2000 |
| R2 | Templado seco y templado semihúmedo | 12-20 | 1.000 – 2.000 |
| R3 | Cálido seco y cálido semihúmedo | 20-30 | 500 – 2.000 |
| R4 | Templado húmedo | 12-20 | 2.000 a XX |
| R5 | Cálido húmedo | 20-30 | 2.000 a XX |
| R6 | Cálido muy húmedo | 20-30 | > 4.000 |

FUENTE. MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS DEL INVIAS.

Partiendo de esta región, el manual de diseño recomienda las condiciones de humedad para el ensayo de CBR, parámetro fundamental de diseño. En este caso, la tabla 3 del manual, recomienda que el ensayo se realice en una condición sumergido, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 2-3 PRECIPITACIÓN Y CONDICIONES DE HUMEDAD PARA EL ENSAYO

| No. | REGIÓN | TEMPERATURA MEDIA (°C) | PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm) | CONDICIONES DE HUMEDAD PARA EL ENSAYO |
|---|---|---|---|---|
| R1 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| R2 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| R3 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| R4 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| R5 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| R6 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

FUENTE. MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS DEL INVIAS.

# 3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

## 3.1. PCA

La metodología relacionada a continuación corresponde al tramo vial objeto de estudio, resaltando como objetivo principal la definición de las estrategias de intervención a nivel de pavimento.

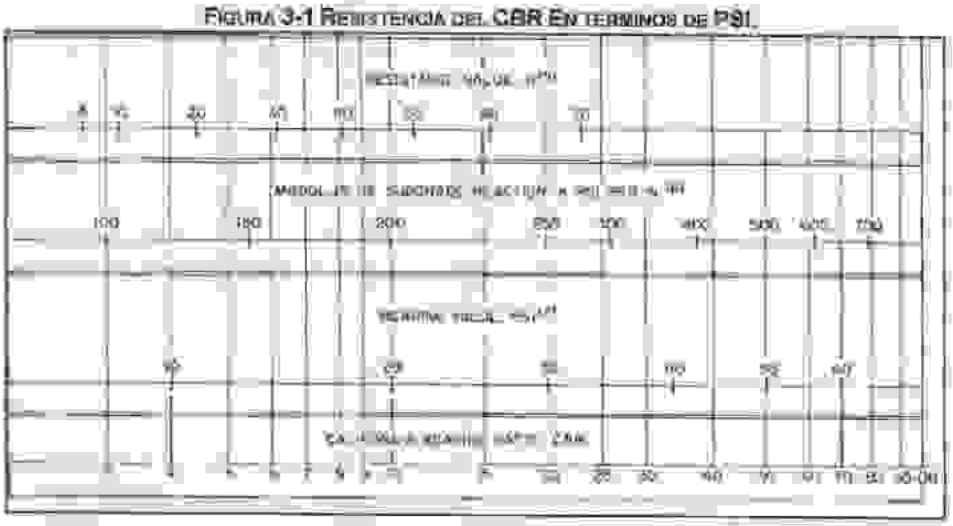
En general se considera que la intervención característica a realizar será la de diseño de la estructura del pavimento.

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1,2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.

FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TERMINOS DE PSI.



Fuente. Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE

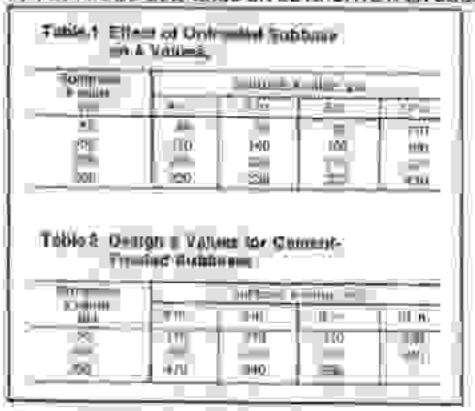


Table 1 Effect of Untreated Subbase on k Values

| Subgrade k value, pci | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 50 | 100 | 200 |
| 50 | 50 | 60 | 70 | 85 |
| 100 | 110 | 140 | 160 | 190 |
| 200 | 220 | 260 | 290 | 330 |
| 300 | 330 | 380 | 420 | 470 |

Table 2 Design k Values for Cement-Treated Subbase

| Subgrade k value, pci | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 200 | 400 | 600 | 800 |
| 50 | 110 | 210 | 310 | 420 |
| 100 | 220 | 410 | 610 | 820 |
| 200 | 420 | 760 | 1110 | 1460 |
| 300 | 610 | 1090 | 1580 | 2060 |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements. Portland Cement Association. 1984

## 3.2. AASHTO

A continuación, se describe las variables que se consideran en el método AASHTO:

### 3.2.1. SUBRASANTE

Caracterizada a través del módulo de reacción de la subrasante K (en pci). Si la losa se apoya directamente sobre la subrasante, el K que se utiliza en el diseño es aquel que se obtenga de la subrasante. Sin embargo, cuando la losa se apoya sobre una capa granular de subbase o base o sobre un material estabilizado con cementante hidráulico, el K de manera obvia incrementa.

TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA

| K subrasante | | Valores de K | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Capa granular de subbase | | | | | | | |
| | | 10 cm | | 15 cm | | 22.5 cm | | 30 cm | |
| MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci |
| 20 | 75 | 22 | 80 | 26 | 96 | 32 | 117 | 38 | 140 |
| 40 | 147 | 35 | 165 | 40 | 160 | 52 | 210 | 68 | 245 |
| 60 | 220 | 64 | 235 | 66 | 245 | 74 | 280 | 90 | 330 |
| 80 | 295 | 87 | 320 | 90 | 330 | 100 | 370 | 117 | 430 |
| K subrasante | | Capa estabilizada con cementante hidráulico | | | | | | | |
| MPa/m | pci | 10 cm | | 15 cm | | 20 cm | | 25 cm | |
| 20 | 75 | 60 | 220 | 80 | 300 | 105 | 400 | 135 | 500 |
| 40 | 147 | 130 | 370 | 130 | 500 | 185 | 680 | 230 | 850 |
| 60 | 220 | 140 | 570 | 190 | 700 | 245 | 900 | | |

Fuente: AASHTO. Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.2. TRANSITO

Esta variable es difícil de establecer y caracterizar ya que los vehículos que circulan por una vía presentan diferentes magnitudes, configuraciones de ejes, presiones de inflado, velocidad de circulación y número de llantas. Por lo general se caracteriza a través del número de ejes equivalentes de 8.2 o 13 toneladas que circulan en el carril y el periodo de diseño (N) 3. De igual forma, se precisa que los cálculos y los desarrollos se sustentan en número de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas.

### 3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA

Los parametros mecánicos con los cuales se caracteriza la losa de concreto son el módulo elástico Ec y el de rotura MR en psi, medidos a los 28 días..

### 3.2.4. SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Índice de serviciabilidad (ΔPSI=Po -Pf). Valores recomendados para determinar el valor de Pf para pavimento rígido se presentan en la tabla:

TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA

| Tipo de Carretera | Periodo de Diseño (Años) |
|---|---|
| Urbana de tránsito elevado | 30 – 50 |
| Interurbana de tránsito elevado | 20 – 50 |
| Pavimentada de baja intensidad de tránsito | 15 – 25 |
| De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava | 10 – 20 |

Fuente: AASHTO. Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Inicialmente esta condicion se cuantificó a través de la opinión de los conductores, cuyas respuestas se tabulaban en la escala de 5 a 1:

[1] Pavimentos Asfálticos, Hugo Rondón.

TABLA 3-4 ÍNDICE DE SEVICIABILIDAD

| Índice de Serviciabilidad (PSI) | Calificación |
|---|---|
| 5 4 | Muy Buena |
| 4 3 | Buena |
| 3 2 | Regular |
| 2 1 | Mala |
| 1 0 | Muy mala |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final. El índice de servicio inicial po depende del diseño y de la calidad de la construcción. En los pavimentos flexibles estudiados por la AASHTO, el pavimento nuevo alcanzó un valor medio de po = 4,2.

### 3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

TABLA 3-5 VALORES DE Cd RECOMENDADOS

| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 – 5% | 5 – 25% | Más de 25% |
| Excelente | 1.25 – 1.20 | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 |
| Malo | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 |
| Muy malo | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 – 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.7. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla:

TABLA 3-8 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R (%) | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Colectoras | 80.0 – 95.0 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R (%) | 50 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 98 | 99.99 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Z | 0.000 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -2.054 | -3.750 |

| Proyecto de pavimento | S | |
|---|---|---|
| | Flexible | Rígida |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993.

### 3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J):

Es un parámetro adimensional que tiene en cuenta la capacidad que tienen los pasadores en una estructura de pavimento rígido de transferir o distribuir cargas en la zona más propensa a fallar (juntas). Este parámetro adicionalmente tiene en cuenta el efecto que genera sobre las juntas y sobre la transferencia de carga el confinamiento lateral de la losa.

Para juntas con pasadores, el valor recomendado de J es 2.7 y 3.2, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente. Para juntas sin pasadores, los valores de J pueden llegar a aumentar hasta 4.2 y 4.4, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente.

El espesor de la losa de concreto (D, en pulgadas) que compone la estructura del pavimento rígido se determina a través de la ecuación:



## 4. ESTUDIOS PREVIOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta la evaluación geotécnica de la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio. A continuación, se presenta lo relacionado:

### 4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA

El tipo de suelo para el presente segmento es una arena arcillosa SC, el cual tiene material fino pasa 200 de 31.2% y la proporción de arena en el ensayo granulométrico resultó de 54.1%. De los resultados de los límites de Atterberg se concluye que el límite líquido de 52.2%, índice de plasticidad de 24.6% con lo cual se cataloga de alta plasticidad. Por su parte el CBR en condiciones de inmersión es de **1.18%** y su expansión en CBR es de 1.6%.

TABLA 4-1CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANÁLISIS



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA

### 4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO

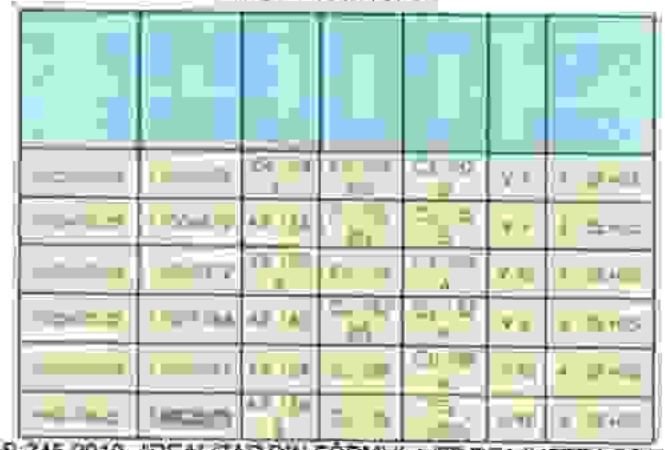
**Grupo 4:** Localizado en la Carrera 154B entre la Calle 138 y Calle 138ª y se encuentra conformado por el segmento vial 11003575.

### 4.3. TRANSITO

Del informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el

tránsito de diseño del Grupo 3, al cual en su gran mayoría son vías peatonales (V9) es menor, en términos de ejes equivalentes de 8.2 T, al mínimo indicado por la Guía de diseño pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías Locales para Bogotá D.C, por lo tanto se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 615.000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 4-2 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUIA – GRUPO DE DISEÑO 2

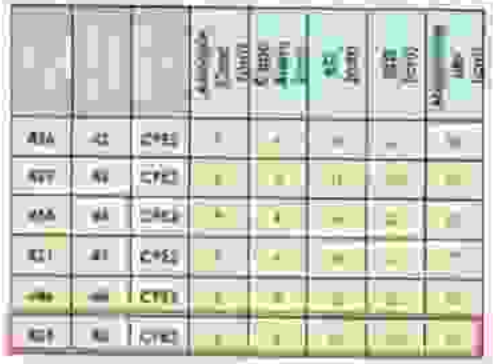


FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO

Del informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 4.

TABLA 4-3 NUMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V9 – GRUPO 4 - GUIA BAJOS VOLÚMENES (DU



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"



Calle 35 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125881487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor:

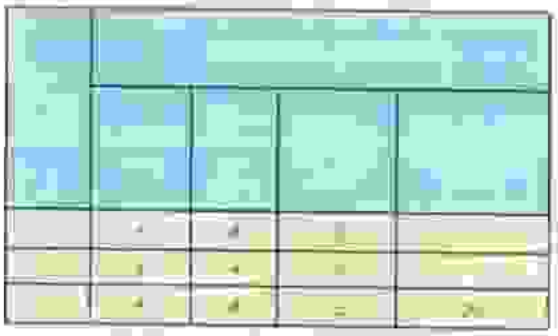
FIGURA 4-1 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11003575



FUENTE: CONTRATO FDLS-346-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor:

TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PUBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.6. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO CONTRÁCTILES

Si bien en los capítulos anteriores se presentaron las zonas en las cuales se detectó la presencia de suelos con susceptibilidad contracto expansiva, es necesario que durante la etapa de construcción de las obras se evalúe de forma constante y permanente la calidad y tipología de los suelos de Subrasante con el objetivo de detectar zonas adicionales con presencia de suelos expansivos, ya que de darse esta situación deberá darse, también, al tratamiento que se indica en el presente capítulo.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

- Construir la estructura de pavimento definida en los estudios, contemplando el material de mejoramiento correspondiente.

FIGURA 4-2 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 – "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.6. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" se presentan las siguientes conclusiones:

- La gran mayoría de las vías de este grupo de diseño son vías V9 las cuales son peatonales, lo que implica un diseño tendiente a pavimento articulado por el menor costo que esta alternativa representa. Por su parte, en las vías vehiculares se propone una estructura de pavimento flexible convencional.
- Se llevaron a cabo apiques o calicatas en cada CIV de diseño de donde se obtiene el perfil estratigráfico y se tomaron muestras para la caracterización principalmente de los suelos de subrasante. Los ensayos que se realizaron corresponden a humedad natural, gradación, límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico), eventualmente ensayos de límites de contracción y CBR's inalterado de la subrasante.
- De acuerdo con los resultados de la información geotécnica, apiques y ensayos de laboratorio, los suelos de subrasante son muy pobres y de muy baja capacidad de soporte y además en algunos casos los suelos han presentado características expanso contráctil dado por la expansión en ensayos de CBR y límites de contracción.
- Existe una perfecta correlación entre la Geología Regional del sector específico de Suba y las condiciones de subrasante obtenidas de la caracterización de la subrasante.
- El dimensionamiento de las estructuras de pavimento corresponde al diseño con el CBR en condiciones saturadas que a pesar de que es la condición más crítica, esta situación se evidencia por la cercanía al río Bogotá.
- Se plantean dos (2) alternativas de diseño enfocadas en el tipo de estabilización de la subrasante, pero sin cambiar la tipología de las estructuras, lo que se da en beneficio directo del proyecto.
- El dimensionamiento de las estructuras de pavimento se llevó a cabo bajo la metodología de la Guía de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para


Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

Bogotá D.C., para el caso de vías en pavimento articulado y la metodología AASHTO-93 para el dimensionamiento de las estructuras en pavimento flexible.

## 5. ESTUDIO DE TRANSITO

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta el tránsito para el segmento vial CIV 11003575:

Del informe de "Estudio de Tránsito V2" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 2, se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 343.000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 5-1 TRÁNSITO DE DISEÑO

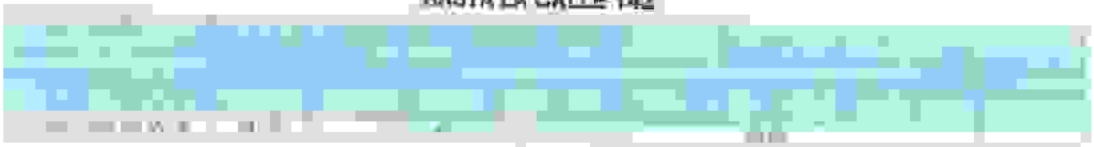


FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 – "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

### Análisis 1:

De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un conteo que se relaciona con la estación No. 2, ubicada en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 142 hasta la Calle 139 y se reportaron los siguientes resultados:

TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR—NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142





| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| Total general | 1327 | 470 | 340 | 7 | 665 | 648 | 47 | 17 | 67 | 3765 | 3721 |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 – "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

Teniendo en cuenta que el tránsito de estudio previos obedece a 650.000 ejes equivalentes de 8.2, se presenta la siguiente equivalencia para estimar el tránsito en repeticiones esperadas por tipo de vehículo, es necesario aplicar factores de equivalencia de carga (FEC) específicos para cada vehículo. Estos factores reflejan el daño relativo que cada tipo de vehículo genera al pavimento en comparación con un eje estándar de 8.2 toneladas. A continuación, se presenta la siguiente estimación de composición vehicular.

TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHICULO

| | |
|---|---|
| Autos | 0 |
| Microbuses | 0,4 |
| Busetas | 0,4 |
| Bus intermunicipales | 1,0 |
| C2P | 1,14 |
| C2G | 3,44 |
| C3-C4 | 3,76 |
| C5 | 4,4 |
| >C5 | 4,72 |

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO COLOMBIA

Teniendo en cuenta la tabla anterior, se utilizan los FEC por cada vehículo y se obtienen los siguientes resultados:

TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS

| Tipo | Cantidad | FEC estimado | Repeticiones equivalentes |
|---|---|---|---|
| Automóvil | 2026 | 0 | 0 |
| Microbús | 235 | 0,4 | 94 |
| Buseta | 110 | 0,4 | 44 |
| Bus inter | 2 | 1 | 2 |
| C2P | 215 | 1,14 | 245,1 |
| C2G | 151 | 3,44 | 519,44 |
| C3 | 5 | 3,76 | 18,8 |
| C3-S2 | 0 | 3,76 | 0 |
| C3-S3 | 29 | 3,76 | 109,04 |

| Tipo | Cantidad | FEC estimado | Repeticiones equivalentes |
|---|---|---|---|
| Moto | 943 | 0 | 0 |
| Bicicleta | 882 | 0 | 0 |
| Total Repeticiones Día | | | 1032.38 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Con una proyección de periodo de diseño se tiene para 20 años, crecimiento del tráfico anual del 3%, y 365 días al año.

Se usa esta fórmula para estimar las repeticiones acumuladas:

$$N = EPS_{diario} \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

N=10.125.259 repeticiones equivalentes de 8.2 toneladas.

El valor estimado de repeticiones acumuladas a 20 años se derivó del aforo vehicular realizado el miércoles 19 de noviembre de 2019 en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 139, correspondiente a la estación No. 2 del estudio de tránsito. Para el diseño de la estructura de pavimento del segmento CIV 11003575, y con el fin de evitar una sobredimensión innecesaria, se adopta un enfoque de diseño conservador pero seguro, basado en datos reales. En consecuencia, se considera únicamente el 8% del volumen total registrado en dicho aforo, dado que los datos corresponden a una intersección con un flujo vehicular elevado en comparación con el tramo objeto de análisis. Esta proporción se justifica por la necesidad de ajustar el diseño a condiciones operativas más representativas del segmento vial intervenido, manteniendo al mismo tiempo un margen de seguridad estructural.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se presenta la siguiente tabla resumen con las repeticiones estimadas:

TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS No. 1

| Peso (toneladas) | Repeticiones |
|---|---|
| 8.2 | 810.020 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**Análisis 2:**

De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un tránsito 650.000 ejes equivalentes de 8.2 para la estimación que se hizo en el informe del año 2019. A continuación, se presenta el análisis a considerar

TABLA 5-6 TRANSITO BAJO ANÁLISIS No. 2

| Tasa de crecimiento: 3% | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Año 2019 | Año 2020 | Año 2021 | Año 2022 | Año 2023 | Año 2024 | Año 2025 |
| 650000 | 669500 | 689585 | 710273 | 731581 | 753528 | 776134 |

FUENTE: ELABORACION PROPIA

La tabla presentada se construyó a partir de las estimaciones de tránsito reportadas en los estudios previos del componente de tránsito correspondientes al año 2019. No obstante, considerando que el año base para el análisis es 2025, se realizó una proyección del volumen de tránsito aplicando una tasa de crecimiento anual del 3% (informe de tránsito de: FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA). Esta proyección tiene como objetivo establecer un criterio de diseño bajo condiciones conservadoras y seguras, sin incurrir en una sobredimensión innecesaria de la estructura del pavimento.

Finalmente, es importante resaltar que el presente análisis se basa en los estudios previos desarrollados en el marco del contrato No. 345-2018, específicamente en la información contenida en el estudio de tránsito elaborado en dicha consultoría. Con fundamento en estos antecedentes y considerando los datos de volúmenes vehiculares y composición del tráfico reportados, se proyecta un valor de tránsito acumulado de **776.134 vehículos equivalentes** para el horizonte de diseño. Este valor constituye la base para el dimensionamiento estructural, en concordancia con los lineamientos técnicos establecidos en las metodologías de diseño vial vigente.

# 6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

En el desarrollo del presente estudio se diseñara la alternativa de diseño:

- Pavimento rígido mediante el método de la Portland Cement Association PCA 84.
- Pavimento rígido mediante el método AASHTO. Guide for Design of Pavement Structures 1993.

## 6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO

Al presentar una propuesta de diseño del pavimento, es necesario considerar tres variables fundamentales, como lo son: la exploración geotécnica (determinar las características del perfil estratigráfico existente), la evaluación estructural del pavimento (evaluación del deterioro superficial), diseño geométrico (rasante) y las cargas de tránsito proyectadas en el periodo de intervención.

Como fue indicado en el Alcance del documento, este informe busca definir la propuesta de intervención a nivel de pavimento para el CIV11003575.

- **MATERIALES**

Los materiales deberán cumplir con las especificaciones IDU-18, resolución 010910 del 27 de diciembre de 2019 de la siguiente manera:

- Capas de concreto hidráulico, IDU-800-18.
- Capas de material granular IDU-500-18.
- Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales. IDU-410-18.

### 6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN:

Alternativa

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneo) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 18 cm de espesor (MR: 4.1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

(*) Tener presente que en la actual etapa NO se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos

TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Tramo de Estudio | Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) |
|---|---|---|
| CIV11003575 | Rígido | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón en un espesor 30 cm incluye sello de 10 cm de material granular. |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **CLIMA Y TEMPERATURA**

Bogotá D.C. tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)4.

Temperatura promedio = 20 °C
Precipitación media anual = 1258 mm/año

## 6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGIDO

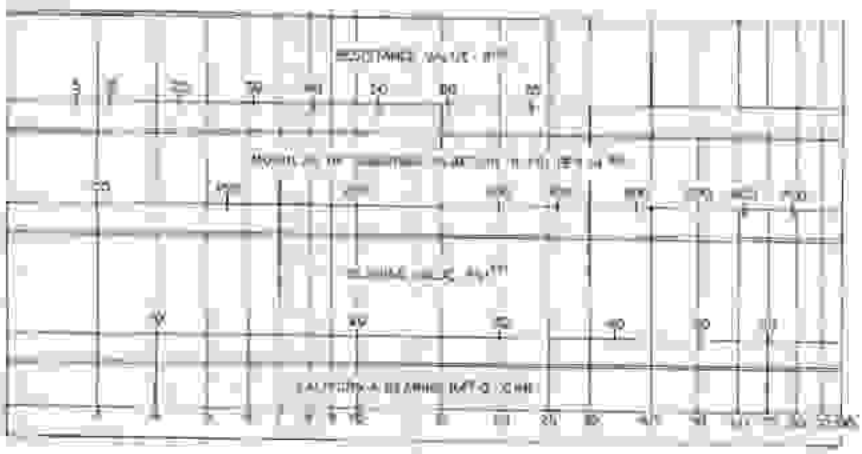
Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga

4 ESTACION IDEAM 2120022- UNIVERSIDAD NACIONAL

- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.



Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

**Table 1. Effect of Untreated Subbase on k Values.**

| Subgrade k value, pci | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 9 in. | 12 in. |
| 50 | 65 | 75 | 85 | 110 |
| 100 | 130 | 140 | 160 | 190 |
| 200 | 220 | 230 | 250 | 320 |
| 300 | 320 | 330 | 350 | 430 |

**Table 2. Design k Values for Cement-Treated Subbases**

| Subgrade k value, pci | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 9 in. | 12 in. |
| 50 | 170 | 220 | 310 | 400 |
| 100 | 290 | 400 | 520 | 640 |
| 200 | 470 | 640 | 830 | |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

### 6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGIDO

Para el diseño del pavimento rigido se mediante el método AASHTO. Guide for Design of Pavament Structures 1993.

Periodo de diseño: **20 años.**

### 6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Indice de Serviciabilidad: 4.2 – 2.0.

### 6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd: 0.90 – Regular para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las caracteristicas del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

TABLA 6-2 VALORES DE Cd RECOMENDADOS

| Caracteristicas del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad cercana a la saturación | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 – 5% | 5 – 25% | Mas de 25% |
| Excelente | 1.25 – 1.20 | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 |
| Muy pobre | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 – 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO. Guide for Design of Pavament Structures 1993

### 6.1.3. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125851487 – 3115850207
consorciosuba@gmail.com

TABLA 8-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R [%] | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Colectoras | 80.0 – 95.0 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R [%] | 50 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 96 | 98 | 99.99 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Z_R$ | -0.000 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -1.751 | -2.054 | -3.750 |

| Proyecto de pavimento | S |
|---|---|
| | Flexible 0.40 – 0.50 | Rígido 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Valor So: 0.35
Módulo de elasticidad concreto: 4.228.920 psi.
$f_c$ = 5500 psi

$$E = 57{,}000 \cdot \sqrt{f'_c}$$

E = módulo de elasticidad en psi
$f_c$ = resistencia a compresión del concreto en psi

Módulo de rotura concreto: 4.1 MPa = 594 PSI.
Coeficiente de transferencia de carga (J): 2.7 para juntas con pasadores.

### 8.1.2 MÓDULO RESILIENTE

De acuerdo con Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" efectuada en el mismo objeto de estudio, el módulo Resiliente- MR, corresponderá a los valores de resistencia de la subrasante obtenidos en los ensayos de CBR en inmersión, los cuales fueron registrados en el capítulo de Estudios previos.

El valor de **CBR promedio y de diseño es 1.18%**

TABLA 6-4 ANÁLISIS DE CBR (%)

| CBR DE DISEÑO |
|---|
| 1.18% |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con lo anterior, el módulo se correlaciona con el valor promedio de los valores de CBR de laboratorio en inmersión (Capítulo de Estudios Previos), teniendo en cuenta la ecuación-14, para CBR<10%, de la Guía para diseño de estructuras de pavimento de AASHTO/1993.

$$Mr = 1500 * CBR; \text{ (psi) (14)}$$

SI CBR<10%

TABLA 6-5 MÓDULO RESILIENTE

| Tramo de Estudio | CBR diseño (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|
| CIV 11003575 | 1.18 | 1770 | 12.20 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, se requiere realizar un mejoramiento de la subrasante, para lo cual se propone la realización de un mejoramiento con material tipo rajón (IDU No. ET-410-18), al que se le establecen las siguientes características

- Espesor de mejoramiento mínimo: 30 cm

Con base en estas características, se determina las características del CBR mejorado con la metodología de IVANOV, de acuerdo a la siguiente formulación, donde:

Esquiv. Módulo Resiliente compuesto de la subrasante mejorada

Einf. Módulo Resiliente capa inferior

N. Parámetro de rigidez, determinado a partir de los módulos de las capas inferior y superior

A: Radio de carga

H: Espesor de la capa de mejoramiento o capa superior

$$h = \frac{2.4}{N} * \tan\left[\frac{1 - {Rinf}/{Eequiv}}{\frac{2}{\pi} * \left(1 - {1}/{N^{3.5}}\right)}\right] \quad (15)$$

$$N = \left[\frac{E\,sup}{E\,inf}\right]^{\frac{1}{3}}$$

El modulo de la cada inferior es estimado a partir de la siguiente expresión:

$$R = 10 * CBR(\%) \quad (16)$$

El módulo de la capa superior, tomando en consideración que el módulo de las capas granulares es dependiente del estado de esfuerzos y confinamiento de las capas, se determina a partir de la ecuación de Shell, en función del espesor de capa de mejoramiento y el módulo de la capa inferior mediante la expresión.

$$Esup = 0.204 * Einf * H^{0.45} \quad (17)$$

| CBR de subrasante | Módulo de subrasante | | Módulo de mejoramien | Espesor mejoramiento | Módulo combinado de Subrasante+Mejoramiento | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CBR de SUB (%) | Esr (MPa) | Esr (kg/cm²) | Eqe (MPa) | Hqe (cm) | Eeq (kg/cm²) | Eeq (MPa) | CBR (%) |
| 1.18 | 11.80 | 120.3 | 76.9 | 30.0 | 357.0 | 35.1 | 3.5 |

TABLA 6-6 ANÁLISIS DE CBR (%)

| Tramo de Estudio | Mejoramiento de la subrasante (m) | CBR Equivalente (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|---|
| CIV11003575 | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo relón en un espesor 30 cm, incluye sello de 10 cm de material granular. | 3.5 | 5250 | 36.19 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 6.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO

Es este capítulo se presentan las estructuras de pavimento definidas para las vías del proyecto y el espacio público. Se incluyen las estructuras de pavimentos y los espesores de sus capas. En el Anexo se presentan las memorias de cálculo del diseño.

- Pavimento rígido con losas de concreto apoyadas sobre sub-base granular.

Para el diseño del pavimento rígido se empleará la metodología PCA 84 y se realizará la realizará la verificación de esfuerzos y deformaciones con el software EverFe

**PARÁMETROS DE DISEÑO**

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Período de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU MR41.
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

**MÓDULO DE REACCIÓN k DE LA SUPERFICIE DE LA SUBRASANTE**

El valor de k se puede determinar mediante la siguiente correlación con el CBR:

$$k_{[kpa/m]} = 0.25 + 5.15 \log CBR$$

$$k_{[kg/cm^3]} = 36.05\, k_{[kpa/m]} \quad (14)$$

k= 110,02 lb/pulg3

El valor mostrado anteriormente se obtiene a partir del CBR mostrado anteriormente correspondiente a 3,5 %, teniendo en cuenta el valor de mejoramiento con rajón en un espesor de 30 cm, con sello de 10 cm de material granular

## ALTERNATIVA PCA (CIV11003575):

La sub-base se recomienda para prevenir el fenómeno de bombeo, y su presencia aumenta la capacidad de soporte de pavimento optimizando el espesor de la losa de concreto. A continuación, se presenta el incremento que se pueda obtener mediante la instalación de 15 cm de sub-base.

TABLA 6-7 VALORES DE K CONJUNTO A PARTIR DEL CAPAS GRANULARES

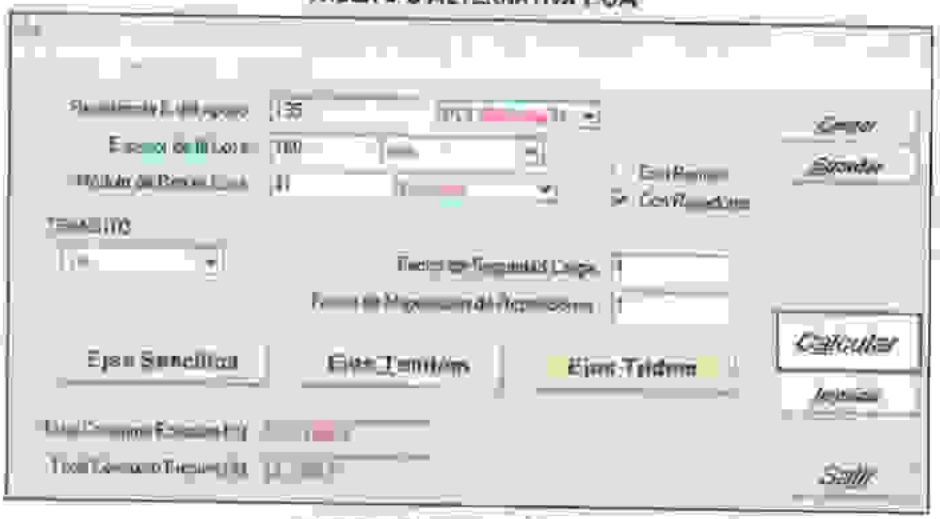
| Valor de K para la subrasante | Valor de K para sub base granular | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 100 mm | | 150 mm | | 225 mm | | 300 mm | | | |
| Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 |
| 20 | 73 | 43 | 84 | 26 | 80 | 32 | 117 | 38 | 140 |
| 40 | 147 | 45 | 165 | 48 | 180 | 57 | 210 | 68 | 245 |
| 60 | 220 | 64 | 235 | 68 | 245 | 76 | 280 | 80 | 330 |
| 80 | 285 | 87 | 320 | 90 | 330 | 100 | 370 | 107 | 430 |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

De acuerdo con el valor de k obtenido a partir de un CBR de 3.5%, ingresamos con el valor de 110.02 lb/pulg3 (30.14 Mpa/m) para obtener el valor de k conjunto de = 37.0 MPa/m (135 lb/pulg3) mediante la aplicación de una capa de sub granular de 15 cm.

Teniendo en cuenta lo citado anteriormente y a partir de la utilización del software computacional BS-PCA se obtiene un espesor de losa de 16 cm, tal como se muestra a continuación:

TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA




FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En el anexo se encuentra la memoria de cálculo.

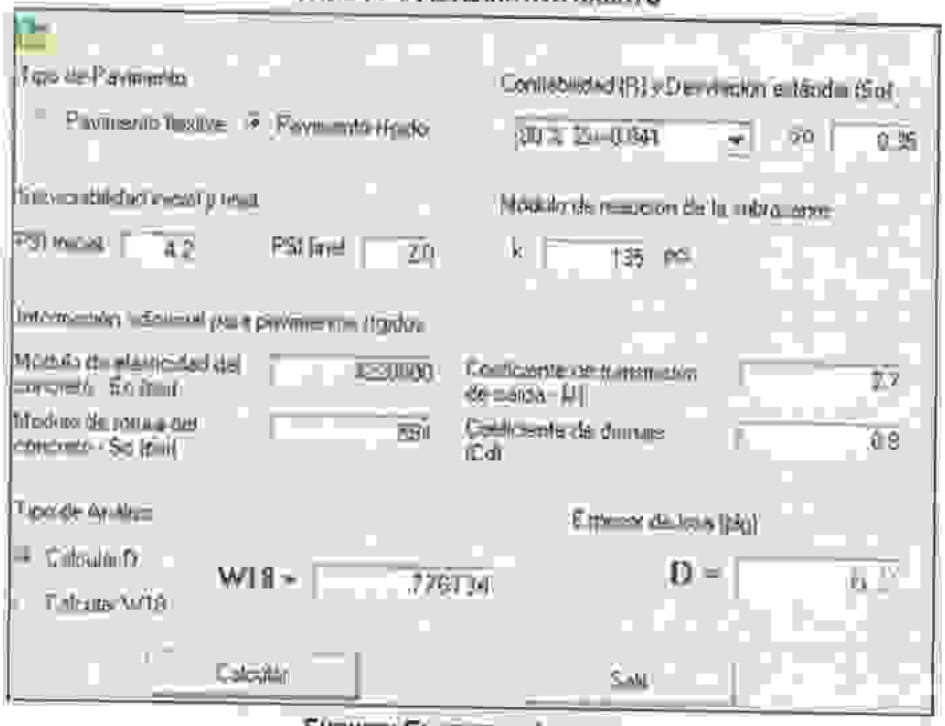


576

## ALTERNATIVA AASHTO (CIV11003575):

La alternativa para la metodología AASHTO, presenta el siguiente resultado:

TABLA 6-9 ALTERNATIVA AASHTO




FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Teniendo en cuenta la metodología AASHTO, el espesor de la losa es de 16 cm.

### Calidad del concreto

La resistencia a la flexión se expresa en su Módulo de Rotura. Para el presente diseño, se propone un módulo de rotura de 4.1 MPa.

### Transferencia de Carga

Se considera el diseño con pasadores.

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR: 4.1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con lo anterior, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

TABLA 6-10 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura (*) | |
|---|---|---|---|
| Rígida | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón ET 410-18 de forma puntual en un espesor de 30 cm. Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub-base granular. | Descripción | Espesor (cm) |
| | | Concreto Hidráulico | 16 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con rajón | 30 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

(*) Generalmente, la metodología PCA tiende a arrojar un espesor de losa mayor que la metodología AASHTO. Esto se debe a que PCA evalúa directamente los esfuerzos que actúan sobre la losa (tracción, flexión y tensiones térmicas), considerando condiciones críticas como carga en el borde, expansión térmica, fricción entre losas y gradientes de temperatura, lo cual conduce a diseños más conservadores en ciertos contextos, especialmente en aplicaciones industriales o con alta variabilidad térmica.
En cambio, AASHTO se basa en modelos empíricos, ajustados a condiciones de prueba específicas (AASHO Road Test), por lo cual sus resultados pueden ser menos conservadores, especialmente fuera de los rangos para los cuales se calibró la ecuación.

**Modulación de losas:**

El concreto hidráulico como superficie de rodadura, se encuentra sujeto a diferentes esfuerzos, entre los cuales se encuentran, cargas de tránsito, contracción y expansión del concreto (el concreto al endurecer ocupa menos volumen que cuando está fresco) y diferencias de temperatura o humedad entre la fibra superior y la inferior, entre otras. Con el fin de contrarrestar estos esfuerzos, no es suficiente el proporcionar un espesor adecuado, sino proyectar juntas longitudinales y transversales que impiden un fisuramiento temprano del concreto, estas juntas deben estar diseñadas técnicamente, mediante el empleo de los siguientes criterios.

***Espaciamiento de Juntas***

- ✓ La separación de las juntas transversales se encuentra en función del espesor del pavimento, mediante la relación:

$$S = (21 \text{ a } 24)\, d$$

*Ecuación 1*

Donde,
S = Separación de la junta

d = espesor del pavimento
21 = Para valores máximos de fricción entre la base y el pavimento
24 = Para valores normales de fricción entre la base y el pavimento.

*Para el espesor del CIV11003575 de 16 cm la separación máxima entre juntas transversales es de: 2.60m.*
La relación entre el largo y el ancho de la losa debe encontrarse entre un intervalo de 1 y 1,25.

$$1,0<largo/ancho<1,25$$

En función del espesor de la losa, la longitud de la losa debe ser máximo 25 veces el valor del espesor.

$$L \leq 25\,H$$
$$L_{20} \leq 5,0$$
$$L_{30} \leq 7,5$$

Donde
L: Longitud de la Losa
H: Espesor de la Losa (m)

Teniendo en cuenta que el segmento vial tiene un ancho aproximado de 5.2 (2.60 por losa) metros la relación de esbeltez, igual a 1.0 la longitud es de 2.60., para losas de espesores de 16 cm. Sin embargo, es importante aclarar que la longitud y ancho de la losa están en función de la geometría de la vía, considerando los criterios antes citados en términos de esbeltez.

**Transferencia Mecánica de Carga**

Aunque es preciso reconocer que los agregados ofrecen mediante su trabazón un grado de transferencia de carga; debido al tráfico de la vía en estudio es necesario implementar una transferencia de carga mecánica mediante la disposición de dovelas (barras de acero lisas insertadas en las juntas) que buscan transferir cargas sin restringir el movimiento horizontal.

Pasadores: Considerando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para una losa cuyos espesores de 16 cm se requiere el empleo de pasadores lisos, constituidos por Barras de 3/4" de diámetro, de 35 cm de longitud y separación entre centros de 30 cm

TABLA 8-11 PASADORES SEGÚN PCA

| ESPESOR DE Llosa (pulg) | DIAMETRO DEL PASADOR (pulg) | LONGITUD (pulg) | ESPACIAMIENTO (pulg) |
|---|---|---|---|
| 7 | [illegible] | 12 | 12 centro a centro |
| 8 | 1 | 14 | |
| 9 | 1 1/8 | 14 | |
| 10 | 1 1/4 | 16 | |
| 11 | 1 3/8 | 18 | |
| 12 | 1 1/2 | 20 | |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Barras de anclaje: Tomando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para un ancho de carril de 2.60 m y un espesor de losa de 16 cm, en las juntas longitudinales se emplearán barras corrugadas de ½" pulgada de diámetro, de fy = 280.0 MPa, con una longitud de 0,60 m y una separación entre las mismas de 0.80 m

TABLA 8-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA

| Espesor losa (mm) | Varillas de ½" | |
|---|---|---|
| | Long (mm) | Separación entre centros (m) |
| | | Carril 2.60 m |
| 150 | 600 | mm |
| 175 | | 0.60 |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Es fundamental asegurar la correcta alineación y nivelación de pasadores y dovelas para garantizar una transferencia de carga eficiente y evitar concentraciones de esfuerzo.

Durante la construcción se debe verificar la correcta colocación y fijación de los pasadores y dovelas antes del vertido del concreto.

**Esfuerzo y deformación:**

**Parámetros iniciales:**

**Espesor de la losa (h):** 16 cm.
**Módulo de ruptura del concreto (MR):** 4.1 MPa.
**Módulo de elasticidad del concreto (E):** 31,000 MPa.
**Relación de Poisson (v):** 0.15.
**Módulo de reacción de la subrasante (k):** 37 MPa/m.



Calle 38 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861467 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

**Carga aplicada (P):** 8.2 Toneladas
**Radio de contacto de la carga (a):** aproximadamente 150 mm.

Asimismo, mediante el software especializado UNALOSA, se lleva a cabo la verificación de los estados de esfuerzo y deformación asociados a una losa de pavimento con espesor de 16 cm:

**TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA**



**FUENTE: UNALOSA**

## Conclusión

Bajo una carga de 80 kN, la losa de concreto de 18 cm de espesor, con un MR de 4.1 MPa, apoyada sobre una subbase granular de 15 cm y una subrasante con k = 41 MPa/m, experimentaría un esfuerzo interior máximo de aproximadamente 2.83 MPa y una deflexión máxima de 0.33 mm. Ambos valores están dentro de los límites aceptables, indicando un diseño estructural adecuado para las condiciones planteadas.


Calle 36 # 3-41 Apto 1502
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125801487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

# 6 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO

En el presente apartado, se desarrolla el diseño de pavimentos para los andenes teniendo en cuenta las características geotécnicas de la subrasante, los materiales de la estructura y los espesores mínimos permitidos. Este diseño, se llevará a cabo de acuerdo con lo establecido en la Cartilla de Andenes de la Secretaría Distrital de Planeación (SDP modificación 07-06-2018).

En concordancia con la propuesta de diseño urbanístico, se plantea una de estructura de andén, en concreto estampado.

Con base en los resultados de la exploración geotécnica realizadas para las vías a intervenir se caracteriza de la misma manera el suelo de subrasante para las estructuras de los andenes pertinentes, de acuerdo con lo establecido en el apartado de Procesos Constructivos de la Cartilla de Andenes (Mod. 2018), para así mismo establecer una estructura típica para los mismos. A continuación, se define el tipo de subrasante en función de los valores de CBR natural en condición de inmersión.

**TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR**

| TIPO DE SUBRASANTE | CBR en (condición de inmersión) |
|---|---|
| S1 | Mayor o igual a 3% |
| S2 | Menor de 3% |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

Con base a lo anterior, conservando para el diseño de andenes el CBR de diseño de los segmentos viales vehiculares, se obtiene un suelo Tipo S2, lo cual indica que se requieren actividades de mejoramiento.

**TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR**

| Tipo de Suelo encontrado en la exploración | Clasificación AASHTO | Clasificación SUCS | CBR | Proceso a seguir |
|---|---|---|---|---|
| Suelos Granulares (Grava y Arena) | Tipos A1, A2, A3 | Excelente a buena | >30% | Conformación y compactación del suelo existente y [illegible] de acuerdo con lo determinado |
| Suelos Mixtos (Limo/Arcilla + Arena de baja plasticidad) | Tipos A4 | Regular a malo | >20 | Similar |
| Suelos Finos (Limos y Arcillas de alta plasticidad) | Tipos A5, A6, A7 | Regular a malo | <3% | Mejoramiento del suelo mediante la adición de CBR mínimo del 3% de acuerdo con lo establecido en el IDU TE-2011 o vigente |
| Suelos Finos Orgánicos y Turbas de alta plasticidad | Tipos A6, A7 | Regular a malo | <3% | Mejoramiento del suelo mediante la adición de CBR mínimo del 3% de acuerdo con lo establecido en el IDU TE-2011 o vigente |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

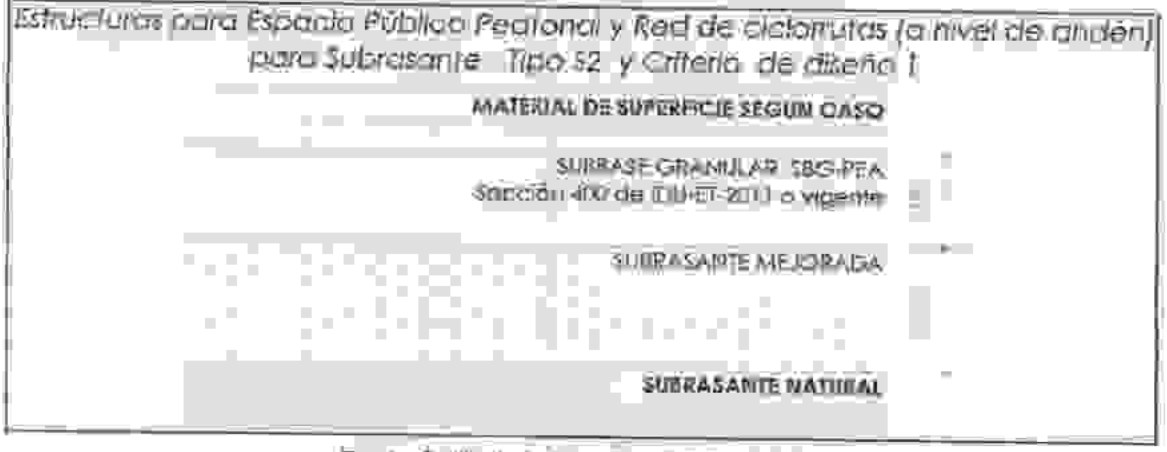
De acuerdo con la tabla anterior, se define la clasificación AASHTO del suelo existente, el cual funcionara como subrasante en función del CBR y se determinó que se debe mejorar la subrasante, teniendo en cuenta las condiciones del suelo la alternativa de mejoramiento se realizara reemplazando 20 cm de espesor del material inadecuado de la subrasante por material granular con CBR mínimo de 10%.

Posteriormente se establecen los criterios de diseño de acuerdo con el tipo de superficie y el usos posible del espacio público, para este proyecto se tomó el criterio de Diseño 1, de la Cartilla de Andenes Bogotá D.C. de la Secretaría Distrital de Planeación, la cual dice textualmente. "Para el espacio público peatonal y la red de ciclorruta a nivel de anden, por donde no circula ningun tipo de vehiculo pesado, se propusieron espesores mínimos de construcción, con subbase granular tipo SBG_ PEA_B, según Especificación IDU o vigente. Aplica para estructuras articuladas y flexibles, y acceso vehicular de vivienda (máximo 2 vehículos livianos)".

Teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados, se propona la estructura de pavimento peatonal con sus espesores.

**ILUSTRACIÓN 1 ESTRUCTURA DE ESPACIO PÚBLICO PEATONAL**

*Estructuras para Espacio Público Peatonal y Red de ciclorrutas (a nivel de andén) para Subrasante Tipo S2 y Criterio de diseño 1*




Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Publico) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:

TABLA 18 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

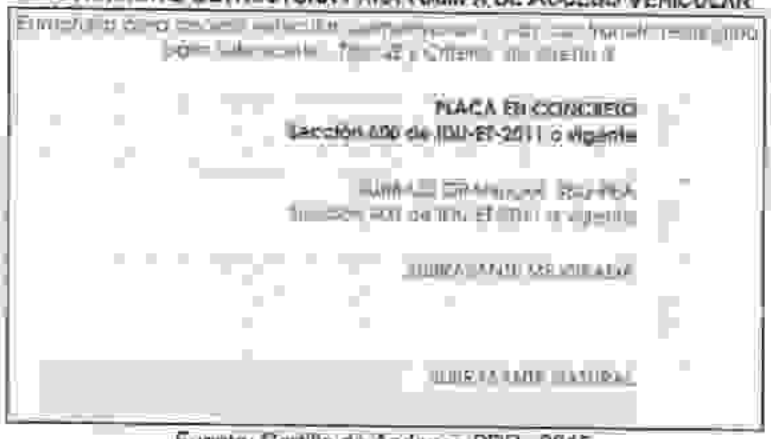
De acuerdo contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA", se puede concluir que para la estructura de pavimento de la zona peatonal se dispone de una sola zona homogénea, y con la cual se proyectó la estructura mostrada en la tabla anterior.

## 9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR

De acuerdo con la Cartilla de Andenes Bogotá D.C, las rampas no solo dan acceso vehicular a los predios sino tambien el acceso de las personas con movilidad reducida a los andenes y zonas peatonales que serán construidos con el desarrollo del proyecto.

Para un suelo S2 con CBR < 3%, tránsito de vehículos livianos y paso ocasional de vehículos comerciales tipo C2, se obtuvieron los espesores de las rampas vehiculares al proyecto de acuerdo a los criterios de la Cartilla de Andenes– DAPD.

ILUSTRACIÓN 2 ESTRUCTURA PARA RAMPA DE ACCESO VEHICULAR




Fuente: Cartilla de Andenes SDP - 2015



Calle 38 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115650207
consorciosubamt@gmail.com

TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 15 | Placa de Concreto MR 41 kg/cm² |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido MT-1600 o Similar |
| 20 | Sobreexcavación mejorado |
| | SUBRASANTE |
| 50 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

El concreto hidráulico se recomienda con módulo de rotura de 41 kg/cm conformado con la granulometría AG-1 (Tamaño máximo del pétreo de 2½ pulgadas), presentada en la Sección 500 Pavimento de Concreto Hidráulico.

En los lugares donde sea necesario completar niveles se hará con un material seleccionado por capas no mayores a 0.20 m logrando una densidad mínima del 95%, estos materiales seleccionados deben cumplir con características geotécnicas tales como IP menor o igual a 10%, contenido de finos menor o igual a 25%, CBR del 10%, tamaño máximo de 3", esto de acuerdo con el las especificaciones ET-IC-01.

# 7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

La propuesta de diseño contempla la construcción de capas estructurales de pavimento compuestas por materiales tales como mezclas asfálticas y materiales granulares. Atendiendo las especificaciones técnicas válidas en el desarrollo del presente proyecto y las cuales corresponden a las Especificaciones técnicas de construcción del Instituto Nacional de Vías - INVIAS, se presenta a continuación la caracterización de cada una de estos materiales.

- **CONCRETO HIDRÁULICO**

El concreto hidráulico, tiene la particularidad de ofrecer a la estructura una alta resistencia a la compresión que se necesita para soportar y absorber las cargas que circulan. Dicha mezcla deberá cumplir con las características especificadas en IDU-800-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MATERIALES GRANULARES:**

Los materiales granulares deberán cumplir con las especificaciones establecidas en la Especificación Técnica: Capas granulares de base y subbase del capítulo IDU-500-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE**

Los materiales de mejoramiento de subrasante deberán cumplir con las características especificadas en el capítulo IDU-410-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

# 8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES

Para garantizar que los parámetros mecánicos de cada uno de los materiales empleados en el diseño de pavimentos, cumplan con los requisitos establecidos en las Especificaciones Técnicas, su versión o actualización vigente, para la modelación de la estructura de pavimento y puedan ser suministrados por los proveedores adscritos en la base de datos vigente en la página web del IDU, se realizó un análisis de las fuentes de suministro de materiales y mezclas asfálticas, con los cuales se construirán las estructuras de pavimento y espacio público asociado con base en el diseño recomendado.

A continuación, se presentan los proveedores de mezclas asfálticas, agregados pétreos y concreto hidráulico seleccionado por su experiencia y teniendo en que se encuentran vigentes en el "Listado de Proveedores" en la página del IDU.

TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| AGREGADOS PÉTREOS | OPERADOR DEL TITULO MINERO N° EHO-131, KM 3,8 ZONA INDUSTRIAL BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 285 DE 2009 | DROMOS |
| AGREGADOS PÉTREOS | KILÓMETRO 10 DE LA VÍA MULTIFAMILIAR LOS CENTAUROS, PUENTE CAÍDO VEREDA EL COCUY PREDIO SAN LUIS SOBRE EL RÍO GUAYURIBA - VILLAVICENCIO | IDU 432 DE 2016 | REX VILLAVO |
| AGREGADOS PÉTREOS | CARRERA 6 #153 A- 60 EN LA LOCALIDAD USAQUÉN -BOGOTA | IDU 435 DE 2016 | REX BTA |
| AGREGADOS PÉTREOS | Av. CRA 7 # 180A-06 SAN CRISTÓBAL NORTE, LOCALIDAD USAQUÉN - BOGOTA | IDU 568 DE 2020 | REX BTA 7MA |

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| AGREGADOS PÉTREOS | KILOMETRO 3,5 VEREDA BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 455 DE 2017 | INCOMINERI |
| AGREGADOS PÉTREOS | KM 4 VÍA LA MESA - MONDOÑEDO- MOSQUERA | IDU 682 DE 2020 | LA ROCA |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1,5 VÍA AUTOPISTA MEDELLÍN COSTADO SUR - COTA | IDU 486 DE 2018 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | PREDIO DENOMINADO LOTE 10, EN LA VEREDA SAN JOSE - MOSQUERA | IDU 510 DE 2018 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1,5 VÍA BOGOTÁ- MEDELLÍN, COSTADO OCCIDENTAL VEREDA VUELTA GRANDE - COTA | IDU 582 DE 2020 | GRECO |
| ASFALTO | PREDIO VISTA HERMOSA, VEREDA BALSILLAS - KILOMETRO 25 VÍA LA MESA - PLANTA DE ASFALTO CMI | IDU 26 DE 2002 | AA |
| ASFALTO | KM 3.8 EN LA ZONA INDUSTRIAL, VEREDA BALSILLAS MOSQUERA | IDU 187 DE 2005 | DROMOS |
| ASFALTO | KM 17+200 DE LA CARRETERA CENTRAL DEL NORTE (CRA 7 DE BOGOTÁ) | IDU 164 DE 2004 | CTU |

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| CONCRETO | KR 62 No. 19 - 04 INT. 5. LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA | IDU 22 DE 2002 | HOLCIM |
| CONCRETO | PLANTA NEREIDAS - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55 A SUR - 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 216 DE 2006 | TREMIX |
| CONCRETO | PLANTA SUR - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55A SUR – 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 439 DE 2016 | POLMIX |

***Zodmes:***

A continuación, se presentan las posibles zonas de depósito para materiales sobrantes de construcción para el Proyecto. Los sitios escogidos como botaderos o zonas de depósito servirán para disponer los materiales estériles y/o sobrantes procedentes de las excavaciones de las vías

Considerando adicionalmente parámetros como capacidad de almacenamiento y condiciones geológicas-geomorfológicas, se escogieron nueve (9) zonas para la disposición de materiales de excavación o botaderos que permitirán almacenar el volumen de material estéril o sobrante en la fase de construcción de la vía (Ver Tabla 13.4).

TABLA 8-2 ZODMES

| CATEGORÍA | NOMBRE – RAZÓN SOCIAL | MUNICIPIO | PREDIO O LOTE |
|---|---|---|---|
| 1. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | CEMEX DE COLOMBIA S.A. | BOGOTA D.C. | Reserva ecológica privada la Fiscala Capacidad. 5.000.000 m3 |
| 2. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE | RECICLADOS INDUSTRIALES | COTA | Lote la Britania Vega. en la Vereda Silberia. Municipio de Cota. |



Calle 30 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

| | | | |
|---|---|---|---|
| CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | DE COLOMBIA S.A.S. | | Cundinamarca Capacidad: 40.000 m3. |
| 3. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | Lotes 2, 3, 4 de los predios identificados con cédulas catastrales N° 00-02-0002-0186, 00-02-0002-0184-000 y 00-02-0002-0183-000, ubicados en la Vereda Panamá del Municipio de Soacha Capacidad: 4 000 000 m3 |
| 4. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | RESIESCOL S.A.S ESP | MOSQUERA | Predio denominado Lote 4 A, matrícula inmobiliaria N° 50c - 1433092, ubicado en la Vereda Balsillas del Municipio de Mosquera, Cundinamarca |
| 5. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | MATERIALES Y LOGÍSTICA S.A.S. MYLSA | MADRID | Predios denominados Finca el Paraíso, el Valle de las Mercedes y Finca la Zulia, ubicados en las Veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid Cundinamarca Capacidad: 1 000 000 m3 |
| 6. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | CICLOMAT S.A.S. | COTA | Predio ubicado 600 metros al sur de la Autopista Medellín (calle 80) entrada PRACO-DIDACOL Vía Siberia –Bogotá, Vereda Siberia del Municipio de Cota, Cundinamarca. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | En el predio el Vinculo (Poligono 3) del Municipio de Soacha- km 14 de la Via Soacha – Sibaté. |
| 8. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | RELLENOS DE COLOMBIA S.A.S. EN LIQUIDACIÓN | MOSQUERA | Vereda balsillas, km 3 via la mesa, Mosquera, Cundinamarca. |
| 9. DISPOSICIÓN DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | MAQUINAS AMARILLAS S.A.S. – MARILLA S.A.S. | BOGOTA, D.C. | Plan de manejo y recuperación ambiental de la mina las Mamas y Santa Ines en el área del contrato de concesión minera 8151 a nombre de la empresa HOLCIM COLOMBIA S A (Perfil o-o' sector Nor-Este) Tunjuelito- Bogotá. |

La evaluación de las áreas definidas para botaderos corresponden a superficies suavizadas planas a moderadamente molmadas en depósitos aluviales recientes de llanura aluvial de los ríos Bogotá, Subachoque y Tunjuelito, así como de los depósitos de terrazas altas de la Sabana de Bogotá, los cuales corresponden a planicies extensas de aspecto aterrazado y morfología ondulada suavemente inclinada y limitada hacia los cauces por escarpes de 2 – 20 m de altura; se encuentran constituidos de arcillas grises, localmente con intercalaciones de arenas finas y delgados niveles de gravas y turbas, en capas paralelas producto de la acumulación de materiales en la cuenca ocupada por el antiguo lago de la Sabana de Bogotá, con espesores de 20 - 300 m.

Estas superficies en depósitos de la llanura aluvial y los depósitos de terrazas de la Sabana de Bogotá pueden presentar una buena condición de estabilidad, teniendo en cuenta la morfología de estas áreas, así como la pendiente y la composición de los materiales que la constituyen Cabe resaltar que el área que conforma la ZODME ubicado en la finca El Paraíso, el valle de las Mercedes y finca La Zulia, de las veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid en Cundinamarca, se encuentra sobre superficies onduladas a inclinadas en laderas de la Formación Arenisca Dura del Grupo Guadalupe y en contacto con los depósitos aluviales de terrazas altas de la Sabana de Bogotá. Estas áreas deben ser evaluadas con trabajo de campo para determinar las condiciones morfodinámicas y de estabilidad de estas superficies. La localización de las ZODMES se presenta en la Figura 13.1, en la cual también se han ubicado las fuentes de materiales.

# 9 ANÁLISIS DE RIESGOS

El análisis de los posibles riesgos en la ejecución del proyecto permite tener un panorama realista donde se considere las posibles eventualidades y su potencial consecuencia, esto permitirá establecer planes de contingencia en caso de que se presenten cualquiera de las situaciones citadas.

Para el caso de estudio, se prevén los siguientes riesgos, asociados a la etapa de construcción consecutiva a la etapa de diseño.

TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO

| EVENTO | TIPO DE CAUSA | CAUSAS POTENCIALES | CONSECUENCIAS |
|---|---|---|---|
| Imprecisión en la determinacion del CBR de diseño | Menor resistencia de la subrasante | Muestra insuficiente | Disminución de la vida útil de la estructura. Falla prematura por deformación de la subrasante |
| | | Errores en el procesamiento de la información | |
| | | Afectaciones climáticas | |
| | | daños en el sistema de drenaje | |
| | | errores en la caracterización del material | |
| Aumentos en los niveles de transito | Aumento en el número de ejes equivalentes esperados | Cambios de uso de la vía por desvio | Estructura deficiente para las cargas esperadas, falla prematura de la carpeta asfáltica |
| | | Implementación de nuevas rutas en el corredor vial | |
| | | Aumento de las cargas de los vehículos de transporte | |
| | | Errores en el conteo para establecer el TPD | |
| | | Aumentos inesperados por transito atraído/generado | |



Calle 38 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fallas en los materiales | Daños por mala calidad en los materiales instalados | Malos procesos constructivos | Falla de zonas puntuales de la estructura. |
| | | Cambios en la humedad por daños en el drenaje | |
| | | deficiencias en los controles de calidad | |

## 10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las propuestas de intervención RECOMENDADA como parte de las actividades a ejecutar en el proyecto de la referencia, consisten en:

**Alternativa**

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor. posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR: 4.1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

Se recomienda el uso del geotextil NT1800 en la estructura de pavimento entre el suelo natural y material de mejoramiento con rajón, para evitar la contaminación entre capas y asegurar la estabilidad de la estructura.

TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura | |
|---|---|---|---|
| | | Descripción | Espesor (cm) |
| Rígida | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón ET 410 18 de forma puntual en un espesor de 30 cm. Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub-base granular. | Concreto Hidráulico | 16 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con rajón | 30 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

(*) Tener presente que en la actual etapa NO se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos.

De igual forma, se presenta el siguiente gráfico con la estructura de pavimento recomendada:

TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11003575)

| Descripción | Espesor (cm) |
|---|---|
| Concreto Hidráulico | 16 |
| Sub-base granular | 15 |
| Mejoramiento con rajón | 30 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La estructura de pavimento recomendada es en flexible, en función de garantizar la distribución de esfuerzos y el empalme con los materiales presentes en cada segmento vial. La alternativa es pavimento rígido es viable des del punto de vista técnico, sin embargo, la modificación de rigidez de los materiales presentes en la zona puede generar un impacto negativo en la distribución de presiones, además, los costos asociados son muy superiores a la de pavimento flexible y las condiciones de carga no lo ameritan.
Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1 para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:

TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

La revisión y propuesta se hace de acuerdo a lo presentando en el Informe de pavimento del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se tuvieron en cuenta los parámetros geotécnicos, tránsito y consideraciones generales. Sin embargo, se presenta una alternativa de rodadura en concreto hidráulico que garantice la durabilidad y que cuenta con las siguientes ventajas:

- Permite simular adoquines, piedra natural, ladrillo, madera u otros acabados, mejorando notablemente el aspecto visual del entorno urbano o residencial.
- Al estar hecho de concreto hidráulico, soporta cargas vehiculares y condiciones climáticas extremas sin perder su forma ni integridad.
- No se deforma ni se hunde como otros pavimentos modulares: solo requiere limpieza periódica y, en algunos casos, reaplicación del sellador.
- Una vez vaciado el concreto, el estampado se realiza mientras el concreto aún está fresco, lo que ahorra tiempo frente a métodos tradicionales como adoquines o losas prefabricadas.
- Continuidad superficial: Al no tener juntas como los adoquines, evita el crecimiento de maleza y reduce los accidentes.
- Al tener textura superficial, ofrece buen desempeño antideslizante, tanto en zonas peatonales como en pasos vehiculares, incluso en condiciones húmedas.

- Aunque su instalación puede ser ligeramente más costosa que el concreto convencional, su vida útil y bajo costo de mantenimiento representan un ahorro a mediano y largo plazo.
- Puede adaptarse a parques, ciclovías, pasos peatonales, calles residenciales, andenes, glorietas, entre otros.

**VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA PLATAFORMA**

Para el caso donde se presenten deformaciones plásticas (mayores a 1cm) ante una prueba de carga (como el paso de volqueta cargada en varios recorridos sobre la plataforma de trabajo), se realizarán mejoramientos puntuales en la subrasante con material tipo tolerable ART 230 INV 2013, resolución 1376 del 26 de mayo de 2014. La prueba de carga se puede hacer con cualquier elemento que cumpla las condiciones de seguridad en función de la sección de la excavación.

- En los sectores en donde existan hundimientos y fisuras severas (h≥20mm) se recomienda ante la existencia de árboles laterales, realizar un tratamiento particular, mediante la tala o restitución de las especies existentes.

## 11 PROCESO CONSTRUCTIVO

### RECOMENDACIONES GENERALES

Dado que los suelos naturales presentan valores de CBR inferiores a 3% se hace necesario estabilizar mecánicamente la subrasante con un material tipo "rajón".

Una vez finalizada la excavación y alcanzado el suelo de subrasante, el material del cuerpo del mejoramiento se colocará en capas sensiblemente paralelas a la superficie de la explanación, de espesor uniforme y lo suficientemente reducido, para que, con los medios disponibles, los vacíos entre los fragmentos mas grandes se llenen con las partículas más pequeñas del mismo material, de modo que se obtenga el nivel de densificación deseado.

El rajón, éste se colocará directamente sobre la subrasante, evitando su vertido desde alturas mayores a dos metros (2.0 m), con el fin de reducir su segregación. Deberá extenderse con procedimientos manuales ó con equipos livianos debido a las condiciones de la subrasante. Su compactación podrá realizarse con pasadas de buldózer o retroexcavadora, de manera que las puntas del rajón penetren parcialmente en el terreno natural. Posteriormente se realizará la instalación del sello de rajón, el cual pueda componerse de un material tipo SBG_C, el conjunto de rajón y sello de 10 cm conformarán el total de espesor de mejoramiento.

La construcción de la capa de rajón deberá adelantarse siguiendo los lineamientos establecidos en la Sección 321-11 de las Especificaciones Técnicas

### INSTALACIÓN DE CAPAS DE BASE Y SUBBASE GRANULAR

La instalación de las capas de base y subbase granular se realizarán cuando la superficie sobre la cual quedarán apoyadas presente la calidad, densidad, cotas y secciones indicadas dentro de los documentos del proyecto, previamente deberá estar concluido todo lo relacionado con los sistemas de drenaje recomendados de acuerdo con el Estudio y Diseño de Redes.

La superficie donde se dispondrá el material se deberá encontrar suficientemente seca y compacta para evitar que se produzcan ahuellamientos o desplazamientos en ella. El material se extenderá en todo el ancho previsto, en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

La cantidad de material extendido será tal, que el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos (2) ó más capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). En este caso, se aplicarán para cada capa los procedimientos de ejecución y control acá descritos. El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes.

Una vez que el material de la capa granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo adecuado, hasta alcanzar la densidad especificada.

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permiten la utilización del equipo aprobado y/o que normalmente se utiliza, se podrán compactar por otros medios adecuados, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

Una vez terminada la compactación, el Constructor perfilará la superficie de la capa granular, ajustándola a los perfiles longitudinales y transversales del proyecto.

## INSTALACIÓN DE CAPAS DE CONCRETO HIDRÁULICO

El proceso constructivo para pavimento en concreto hidráulico inicia con la limpieza y nivelación del terreno, seguida de la compactación de la rasante. Posteriormente, se coloca y compacta la subbase y, la base hidráulica. Se instalan las formaletas laterales o guías de nivel, y se procede a colocar el refuerzo de acero. El concreto es vaciado, extendido y vibrado para garantizar su adecuada consolidación, luego se alisa y texturiza la superficie según el acabado requerido. Una vez terminado, se realizan los cortes de juntas de contracción y construcción, y se aplica el curado mediante compuestos químicos o métodos húmedos por un mínimo de siete días. Finalmente, se inspecciona la calidad de la obra y se permite el tránsito vehicular/peatonal de acuerdo con los tiempos de fraguado y resistencia establecidos en el diseño.

## 12 FUENTES DE CONSULTA


- INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO-IDU. ANEXO TÉCNICO DE DIAGNÓSTICO PARA CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL PARA BOGOTÁ. Versión 5.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS AASHTO.. Guide for design of pavement structures. Washington. AASHTO, 1993.
- Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción del Instituto Nacional De Vías – 2013.
- Normas de ensayos de materiales INVIAS-2013. Resolución 1376 del 28 de mayo de 2014.
- Shell International Petroleum Company Limited. Addendum to the Shell Pavement Design Manual. London. 1985
- Yang H. Huang: Pavement Analysis and Design. Second Edition. Pearson Prentice Hall. UnitedStates of America, 2004.
- HIGUERA SANDOVAL, CARLOS HERNANDO. Nociones sobre métodos de diseño de pavimentos para carreteras, UPTC, Tunja, 2008.
- IDU. INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO. Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción, para proyectos de infraestructura vial y de espacio público para Bogotá D.C. 2019.

**DISENO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA**
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**
**Software : BS-PCA**

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 124 PCI (lb/pulg3)
Espesor Losa : 160 mm
Modulo de Rotura : 42 Kg/cm2
Bermas : NO
Pasadores : SI
Factor de Seguridad Cargas : 1
Factor de Mayoración Repeticiones : 1

Resultados :

| Carga Tn | Carga FS kN | Repeticiones Esperadas | Repeticiones Admisib_Fatiga | Consumo Fatiga % | Repeticiones Admisi_Erosion | Consumo Erosion % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **EJES SIMPLES** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| 6,00 | 58,80 | 776.134 | 4.858.016 | 15,98 | 20.182.479 | 3,85 |
| **EJES TANDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| **EJES TRIDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| | | | Total : | 15,98 | | 3,85 |

DISENO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Software : BS-PCA

ANALISIS DE SENSIBILIDAD
TRANSITO

| **** EJES SIMPLES **** | | **** EJES TANDEM **** | | **** EJES TRIDEM **** | |
|---|---|---|---|---|---|
| Carga (Tn) | Repeticiones Esperadas | Carga (Tn) | Repeticiones Esperadas | Carga (Tn) | Repeticiones Esperadas |
| 8,00 | 776.134 | | | | |

DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Software : BS-PCA

ANALISIS DE SENSIBILIDAD

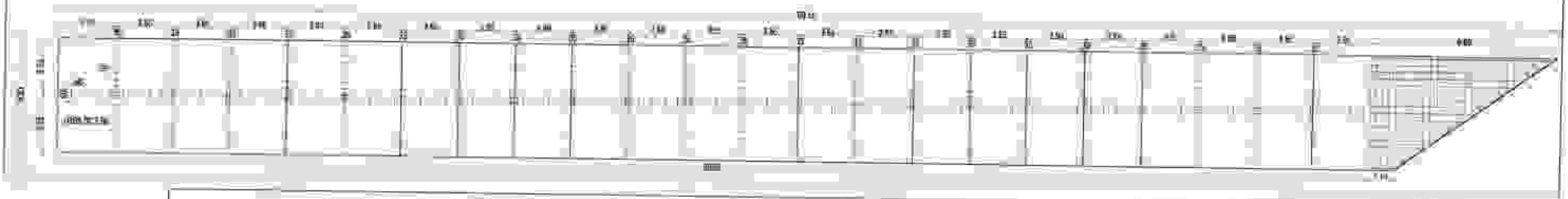
| K Subrasante (PCI (lb/pulg3)) | Espesor (mm) | Modulo_Rotura (Mpa) | Factor May Repeticion | Consumo Fatiga | Consumo Erosion |
|---|---|---|---|---|---|
| 100,0 | 170,00 | 4,4 | 1,0 | 648,50 | 16,96 |
| 100,0 | 180,00 | 4,0 | 1,0 | 817,41 | 9,51 |
| 100,0 | 180,00 | 4,2 | 1,0 | 374,59 | 9,51 |
| 100,0 | 180,00 | 4,4 | 1,0 | 152,14 | 9,51 |
| 100,0 | 190,00 | 4,0 | 1,0 | 226,60 | 5,25 |
| 100,0 | 190,00 | 4,2 | 1,0 | 75,19 | 5,25 |
| 100,0 | 190,00 | 4,4 | 1,0 | 17,04 | 5,25 |
| 100,0 | 200,00 | 4,0 | 1,0 | 38,41 | 2,79 |
| 100,0 | 200,00 | 4,2 | 1,0 | 5,16 | 2,79 |
| 100,0 | 200,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 2,79 |
| 100,0 | 210,00 | 4,0 | 1,0 | 1,37 | 1,39 |
| 100,0 | 210,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 1,39 |
| 100,0 | 210,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 1,39 |
| 100,0 | 220,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,61 |
| 100,0 | 220,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,61 |
| 100,0 | 220,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,61 |
| 100,0 | 230,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,20 |
| 100,0 | 230,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,20 |
| 100,0 | 230,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,20 |
| 100,0 | 240,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,02 |
| 100,0 | 240,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,02 |
| 100,0 | 240,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,02 |
| 100,0 | 250,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,00 |
| 100,0 | 250,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,00 |
| 100,0 | 250,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,00 |
| 120,0 | 170,00 | 4,2 | 1,0 | 796,54 | 16,27 |
| 120,0 | 170,00 | 4,4 | 1,0 | 378,54 | 16,27 |
| 120,0 | 180,00 | 4,0 | 1,0 | 487,72 | 9,08 |
| 120,0 | 180,00 | 4,2 | 1,0 | 201,88 | 9,08 |
| 120,0 | 180,00 | 4,4 | 1,0 | 68,47 | 9,08 |
| 120,0 | 190,00 | 4,0 | 1,0 | 111,58 | 4,98 |
| 120,0 | 190,00 | 4,2 | 1,0 | 28,09 | 4,98 |
| 120,0 | 190,00 | 4,4 | 1,0 | 3,37 | 4,98 |
| 120,0 | 200,00 | 4,0 | 1,0 | 11,35 | 2,63 |
| 120,0 | 200,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 2,63 |
| 120,0 | 200,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 2,63 |
| 120,0 | 210,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 1,29 |
| 120,0 | 210,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 1,29 |
| 120,0 | 210,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 1,29 |
| 120,0 | 220,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,55 |
| 120,0 | 220,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,55 |
| 120,0 | 220,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,55 |
| 120,0 | 230,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,17 |
| 120,0 | 230,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,17 |
| 120,0 | 230,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,17 |

DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Software : BS-PCA

ANALISIS DE SENSIBILIDAD

| K_Subrasante (PCI (lb/pulg3)) | Espesor (mm) | Modulo_Rotura (Mpa) | Factor May Repeticion | Consumo Fatiga | Consumo Erosion |
|---|---|---|---|---|---|
| 120,0 | 240,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,01 |
| 120,0 | 240,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,01 |
| 120,0 | 240,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,01 |
| 120,0 | 250,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,00 |
| 120,0 | 250,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,00 |
| 120,0 | 250,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,00 |
| 140,0 | 160,00 | 4,4 | 1,0 | 931,64 | 28,23 |
| 140,0 | 170,00 | 4,2 | 1,0 | 513,37 | 15,73 |
| 140,0 | 170,00 | 4,4 | 1,0 | 225,08 | 15,73 |
| 140,0 | 180,00 | 4,0 | 1,0 | 300,78 | 8,74 |
| 140,0 | 180,00 | 4,2 | 1,0 | 109,15 | 8,74 |
| 140,0 | 180,00 | 4,4 | 1,0 | 29,40 | 8,74 |
| 140,0 | 190,00 | 4,0 | 1,0 | 53,97 | 4,76 |
| 140,0 | 190,00 | 4,2 | 1,0 | 9,19 | 4,76 |
| 140,0 | 190,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 4,76 |
| 140,0 | 200,00 | 4,0 | 1,0 | 2,48 | 2,49 |
| 140,0 | 200,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 2,49 |
| 140,0 | 200,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 2,49 |
| 140,0 | 210,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 1,21 |
| 140,0 | 210,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 1,21 |
| 140,0 | 210,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 1,21 |
| 140,0 | 220,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,50 |
| 140,0 | 220,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,50 |
| 140,0 | 220,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,50 |
| 140,0 | 230,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,15 |
| 140,0 | 230,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,15 |
| 140,0 | 230,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,15 |
| 140,0 | 240,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,01 |
| 140,0 | 240,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,01 |
| 140,0 | 240,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,01 |
| 140,0 | 250,00 | 4,0 | 1,0 | 0,00 | 0,00 |
| 140,0 | 250,00 | 4,2 | 1,0 | 0,00 | 0,00 |
| 140,0 | 250,00 | 4,4 | 1,0 | 0,00 | 0,00 |

11803575

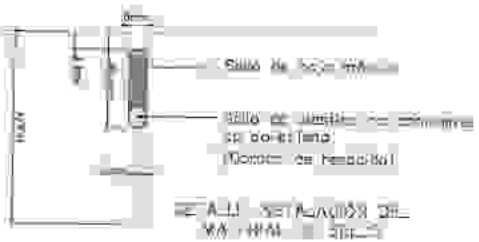


DETALLE No. 1



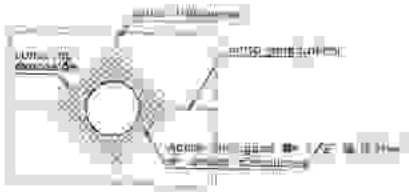
DETALLE DE JUNTA TRANSVERSAL CON PASADORES

DETALLE No. 5

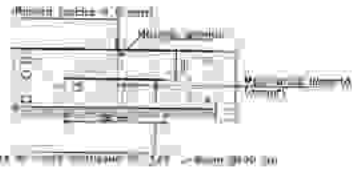


DETALLE SELLADOR DE JUNTAS

DETALLE No. 6

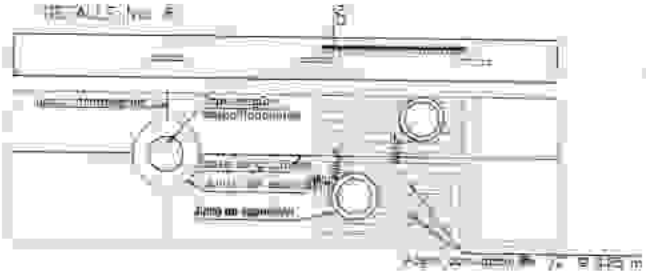


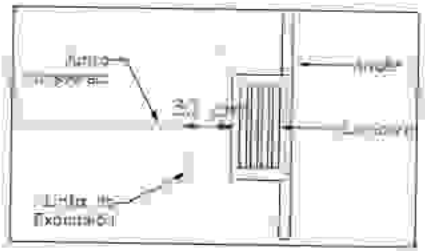
DETALLE No. 2



DETALLE DE JUNTA LONGITUDINAL CON BARRAS DE ANCLAJE

DETALLE No. 4



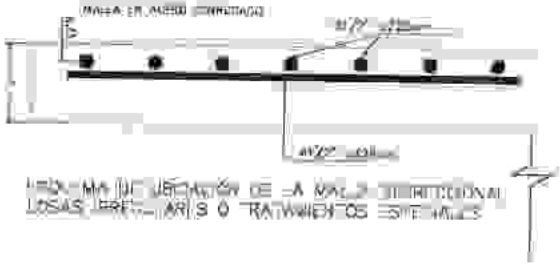


DETALLE No. 3

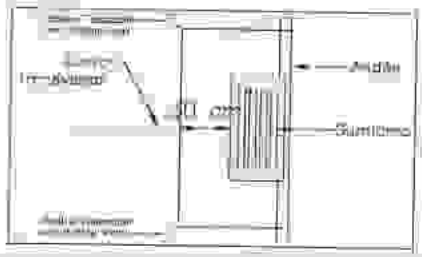


DETALLE JUNTA DE EXPANSION CON PASADORES

DETALLE No. 7



ESQUEMA DE UBICACIÓN DE LA MALLA ELECTROSOLDADA LOSAS PREFABRICADAS O TRATAMIENTOS SIMILARES



# CONSORCIO SUBA MT

NIT. 901902578-2

COP 1013-2024-LP (119224)

CONSORCIO SUBA MT
GRUPO 3

REVISION Y AJUSTE A DISEÑO DE PAVIMENTOS
DEL CONTRATO DE CONSULTORIA 345 DE 2016

OBJETO DEL CONTRATO: EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO (GRUPO 1) EN LA LOCALIDAD DE SUBA EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO

CIV 11005787

SEGMENTO VIAL SOBRE LA CALLE 131B ENTRE LA CARRERA 95ª BIS Y CARRERA 95B

BOGOTÁ D.C, JUNIO DE 2025

Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogota D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207

## CONTROL DE DOCUMENTOS

| ESTADO REVISIÓN Y APROBACIÓN | NOMBRE | CARGO | FIRMA | FECHA |
|---|---|---|---|---|
| **POR EL CONTRATISTA DE OBRA** | | | | |
| Realizo | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | MAO SEBASTIAN BERMEO | | JUNIO 2025 |
| **POR LA INTERVENTORIA DE OBRA** | | | | |
| V°. B°. INTERVENTORIA | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | Everardo Pardo Guio | | JUNIO 2025 |

**MODIFICACIONES**

| FECHA | VERSIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN |
|---|---|---|
| 04-06-2025 | 00 | Versión Inicial N° 00 |

# TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 7

1. OBJETIVOS Y ALCANCE 8

1.1. OBJETIVOS GENERALES 8
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8
1.3. ALCANCE 8

2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA 10

2.1. LOCALIZACIÓN 10
2.2. CLIMA 11

3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO 12

3.1. PCA 12
3.2. AASHTO 13
3.2.1. SUBRASANTE 13
3.2.2. TRANSITO 14
3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA 14
3.2.4. SERVICIABILIDAD 14
3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD 14
3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 15
3.2.7. CONFIABILIDAD 16
3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J): 16

4. ESTUDIOS PREVIOS 17

4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA 17
4.2. SECTORIZACION DE PROYECTO 17
4.3. TRANSITO 18
4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO 19
4.5. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO CONTRÁCTILES 20
4.6. CONCLUSIONES 20

5. ESTUDIO DE TRANSITO 22

6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 26

6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO 26
6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN: 26
6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 27
6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 28
6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD 29
6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 29
6.1.3. CONFIABILIDAD 29
6.1.2 MÓDULO RESILIENTE 30
6.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO 33
ALTERNATIVA PCA (CIV11006787): 34
ALTERNATIVA AASHTO (CIV11006787): 35

6 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO 40

9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR 42

7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES 44

* CONCRETO HIDRÁULICO 44

* MATERIALES GRANULARES: 44

* MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE 44

8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES 45

9 ANÁLISIS DE RIESGOS 50

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 52

11 PROCESO CONSTRUCTIVO 57

12 FUENTES DE CONSULTA 59

## LISTADO DE TABLAS

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO ..... 10
TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE ..... 13

TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA ..... 13
TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA ..... 14
TABLA 3-4 ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD ..... 15
TABLA 3-5 VALORES DE CO RECOMENDADOS ..... 15
TABLA 3-6 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 16
TABLA 4-1 CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANÁLISIS ..... 17
TABLA 4-2 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUÍA – GRUPO DE DISEÑO 2 ..... 18
TABLA 4-3 NÚMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V9 – GRUPO 1 - GUÍA BAJOS VOLÚMENES (DU ..... 19
TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR ..... 20
TABLA 5-1 TRÁNSITO DE DISEÑO ..... 22
TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142 ..... 22
TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO ..... 23
TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS ..... 23
TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS NO. 1 ..... 24
TABLA 5-6 TRANSITO BAJO ANALISIS NO. 2 ..... 25
TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 27
TABLA 6-2 VALORES DE CD RECOMENDADOS ..... 29
TABLA 6-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 30
Tabla 6-4 Análisis de CBR (%) ..... 31
TABLA 6-5 MODULO RESILIENTE ..... 31
Tabla 6-5 Análisis de CBR (%) ..... 32
Tabla 6-7 Valores de K conjunto a partir del capas granulares ..... 34
TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA ..... 34
TABLA 6-9 ALTERNATIVA AASHTO ..... 35
TABLA 6-10 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 36
TABLA 6-11 PASADORES SEGÚN PCA ..... 38
TABLA 6-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA ..... 38
TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA ..... 39
TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR ..... 40
TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR ..... 40
TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 42
TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES ..... 43
TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES ..... 45
TABLA 8-2 ZODMES ..... 47
TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO ..... 50
TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 52
TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11006787) ..... 52
TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 53

TABLA 10-4 CALENDARIO DE ACTUACIONES POR AÑO ..... 64

## LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO ..... 10
FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TÉRMINOS DE PSI ..... 12
FIGURA 4-1 UBICACIÓN DE SEGMENTO DE ACUERDO AL CORREDOR ..... 18
FIGURA 4-2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11006787 ..... 19
FIGURA 4-3 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO ..... 20

## LISTADO DE ANEXOS

**ANEXO 1.** INFORME PREVIO - contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA.

**ANEXO 2.** PLAN DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS.

**ANEXO 3.** MEMORIAS DE CALCULO.

## INTRODUCCIÓN

Se elabora un estudio para la EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE segmento vial CIV 11006787 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

Con el fin de obtener un diagnóstico del corredor, se tiene en cuenta estudios previos en el sector en donde se ejecutó el estudio geotécnico mediante la ejecución de apiques asociado a la evaluación del tránsito, en términos de ejes equivalentes de 80kN.

A partir de la evaluación geotécnica del tramo objeto de estudio realizado por el Consorcio Gevial en el año 2020 bajo el contrato ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL LOCAL Y ESPACIO PUBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA - FDLS-345-2018, se plantean las intervenciones a nivel de pavimentos para los segmentos viales en la localidad de Suba de la ciudad de Bogotá D.C , tomando en consideración las variables que se establecen en la metodología del anexo técnico, caracterizando el perfil estratigráfico por medio de la ejecución de apiques, las cuales son insumo para el diseño de pavimentos, tales como: CBR de la subrasante y el tránsito de diseño evaluado a un periodo de diseño a 10 años. Además de los parámetros implícitos en la metodología de diseño de pavimentos a emplear AASHTO/93.

# 1. OBJETIVOS Y ALCANCE

## 1.1. OBJETIVOS GENERALES

Plantear una propuesta integral de intervención de Pavimento para el segmento vial CIV 11006787 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

## 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, la evaluación geotécnica de las capas que componen la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio.

A partir el uso de herramientas computacionales modelar las estructuras propuestas mediante la metodología AASHTO/93 y con el programa UNALOSA, conocer los esfuerzos y deformaciones actuantes en las estructuras diseñadas.

Plantear recomendaciones generales en cuanto a la conformación de una adecuada plataforma de trabajo, con el fin de garantizar el correcto desempeño de la estructura de pavimento propuesta.

Evaluar estrategias de mantenimiento para garantizar un adecuado comportamiento estructural del pavimento en servicio.

## 1.3. ALCANCE

Por medio del actual informe técnico es presentado el diseño de pavimentos, para el segmento vial CIV 11006787 sobre la Calle 131B entre la Carrera 95ª Bis y Carrera 95B, de la localidad de Suba en la ciudad de Bogotá D.C.

Los capítulos que se incluyen en el presente informe son:

2. Descripción de la Metodología.
3. Metodología de estudio.
4. Trabajos de Campo.
   - ✓ Evaluación geotécnica del tramo de estudio.
5. Estudio de Tránsito.
6. Diseño de la Estructura de Pavimentos.
7. Secciones Transversales.

8. Caracterización de materiales.
9. Conclusiones y Recomendaciones.

Se plantearán las intervenciones necesarias a nivel de pavimento.

# 2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

El presente informe se desarrolla como parte de la ejecución del contrato cuyo objeto corresponde al DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE EL SEGMENTO VIAL CIV 11006787 – LOCALIDAD DE SUBA – BOGOTÁ D.C.

## 2.1. LOCALIZACIÓN

El segmento vial CIV 11006787 de la localidad de Suba se encuentra en Bogotá D.C. A continuación, se presenta la localización del sitio objeto de estudio:

FIGURA 2-1 LOCALIZACION GENERAL DEL PROYECTO




FUENTE. GOOGLE.COM

A continuación, se presentan los segmentos a intervenir:

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO

| CIV | Ubicación |
|---|---|
| 11006787 | Calle 131B entre la Carrera 95ª Bis con Carrera 95B |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

## 2.2. CLIMA

Bogotá D.C. tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C, son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)[1]

| | | |
|---|---|---|
| Temperatura promedio | = | 20 °C |
| Precipitación media anual | = | 1256 mm/año |

[1] ESTACION IDEAM 21802- UNIVERSIDAD NACIONAL

# 3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

## 3.1. PCA

La metodología relacionada a continuación corresponde al tramo vial objeto de estudio, resaltando como objetivo principal la definición de las estrategias de intervención a nivel de pavimento.

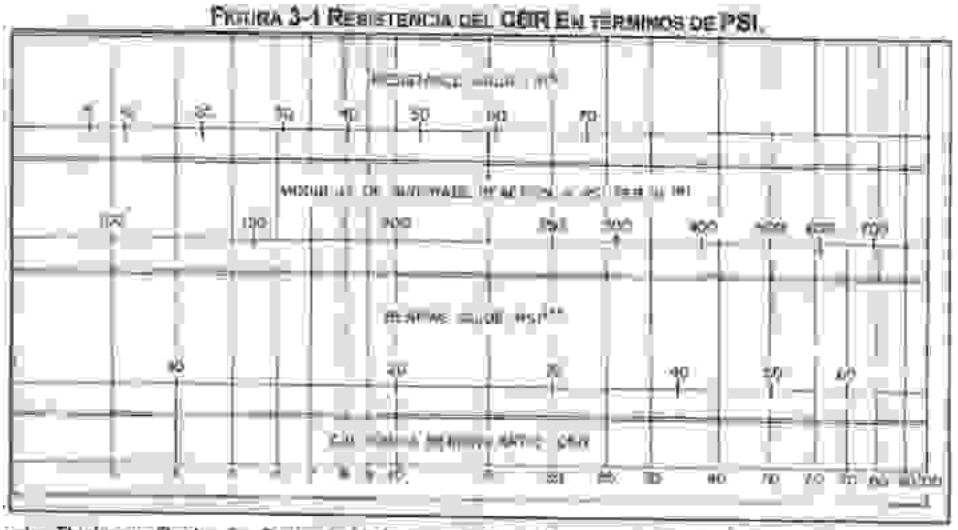
En general se considera que la intervención característica a realizar será la de diseño de la estructura del pavimento.

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.

FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TERMINOS DE PSI.



Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984

TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE

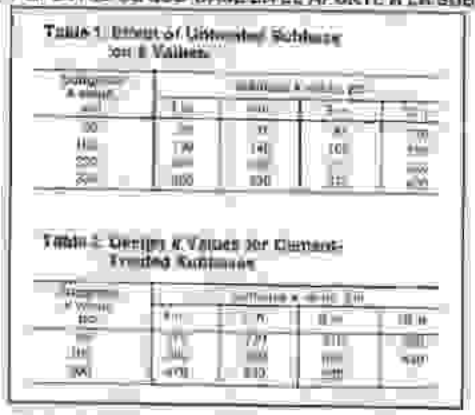


Table 1. Effect of Untreated Subbase on k Values

| Subgrade k value, pci | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 9 in. | 12 in. |
| 50 | 65 | 77 | 90 | 110 |
| 100 | 130 | 140 | 160 | 180 |
| 200 | 220 | 230 | 250 | 270 |
| 300 | 320 | 330 | 350 | 370 |

Table 2. Design k Values for Cement-Treated Subbases

| Subgrade k Value, pci | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 9 in. | 12 in. |
| 50 | 95 | 120 | 170 | 220 |
| 100 | 140 | 170 | 220 | 270 |
| 200 | 210 | 240 | 290 | 340 |
| 300 | 280 | 310 | 360 | 410 |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements. Portland Cement Association, 1984

## 3.2. AASHTO

A continuación, se describe las variables que se consideran en el método AASHTO:

### 3.2.1. SUBRASANTE

Caracterizada a través del módulo de reacción de la subrasante K (en pci). Si la losa se apoya directamente sobre la subrasante, el K que se utiliza en el diseño es aquel que se obtenga de la subrasante. Sin embargo, cuando la losa se apoya sobre una capa granular de subbase o base o sobre un material estabilizado con cementante hidráulico, el K de manera obvia incrementa.

TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA

| K subrasante | | Valores de K | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Capa granular no tratada | | | | | | | |
| | | 10 cm | | 15 cm | | 22.5 cm | | 30 cm | |
| MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci |
| 20 | 73 | 23 | 85 | 26 | 96 | 32 | 117 | 38 | 138 |
| 40 | 147 | 45 | 165 | 49 | 180 | 57 | 210 | 66 | 245 |
| 60 | 220 | 64 | 235 | 68 | 250 | 78 | 289 | 90 | 334 |
| 80 | 295 | 87 | 320 | 93 | 340 | 106 | 390 | 117 | 430 |
| K subrasante | | Capa estabilizada con cementante hidráulico | | | | | | | |
| MPa/m | pci | 10 cm | | 15 cm | | 20 cm | | 25 cm | |
| 20 | 73 | 80 | 290 | 90 | 330 | 105 | 400 | 135 | 500 |
| 40 | 147 | 100 | 370 | 130 | 480 | 165 | 600 | 210 | 770 |
| 60 | 220 | 140 | 520 | 190 | 700 | 245 | 900 | | |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.2. TRANSITO

Esta variable es difícil de establecer y caracterizar ya que los vehículos que circulan por una vía presentan diferentes magnitudes, configuraciones de ejes, presiones de inflado, velocidad de circulación y número de llantas. Por lo general se caracteriza a través del número de ejes equivalentes de 8.2 o 13 toneladas que circulan en el carril y el período de diseño (N) 2.

### 3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA

Los parámetros mecánicos con los cuales se caracteriza la losa de concreto son el módulo elástico Ec y el de rotura MR en psi, medidos a los 28 días.

### 3.2.4. SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Índice de serviciabilidad (ΔPSI=Po -Pf). Valores recomendados para determinar el valor de Pf para pavimento rígido se presentan en la tabla.

TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCION DEL TIPO DE CARRETERA

| Tipo de Carretera | Período de Diseño (Años) |
|---|---|
| Urbana de tránsito elevado | 30 – 50 |
| Interurbana de tránsito elevado | 20 – 50 |
| Pavimentada de baja intensidad de tránsito | 15 – 25 |
| De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava | 10 – 20 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Inicialmente esta condición se cuantificó a través de la opinión de los conductores, cuyas respuestas se tabulaban en la escala de 5 a 1.

[2] Pavimentos flexibles, Hugo Rondón

TABLA 3-4 ÍNDICE DE SEVICIABILIDAD

| Índice de Serviciabilidad (*PSI*) | Calificación |
|---|---|
| 5 – 4 | Muy buena |
| 4 – 3 | Buena |
| 3 – 2 | Regular |
| 2 – 1 | Mala |
| 1 – 0 | Muy mala |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final. El índice de servicio inicial po depende del diseño y de la calidad de la construcción. En los pavimentos flexibles estudiados por la AASHTO, el pavimento nuevo alcanzó un valor medio de po = 4,2.

## 3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

TABLA 3-5 VALORES DE Cd RECOMENDADOS

| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próximos a la saturación | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 – 5% | 5 – 25% | Más de 25% |
| Excelente | 1.25 – 1.20 | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 |
| Muy malo | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 – 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.7. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla:

**TABLA 3-8 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO**

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R [%] | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Colectoras | 80.0 – 95.0 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R [%] | 50 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 92 | 95 | 97 | 98 | 99.99 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Z | -0.000 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.645 | -1.881 | -2.054 | -3.750 |

| Proyecto de pavimento | S | |
|---|---|---|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J):

Es un parámetro adimensional que tiene en cuenta la capacidad que tienen los pasadores en una estructura de pavimento rígido de transferir o distribuir cargas en la zona más propensa a fallar (juntas). Este parámetro adicionalmente tiene en cuenta el efecto que genera sobre las juntas y sobre la transferencia de carga el confinamiento lateral de la losa.

Para juntas con pasadores, el valor recomendado de J es 2.7 y 3.2, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente. Para juntas sin pasadores, los valores de J pueden llegar a aumentar hasta 4.2 y 4.4, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente.

El espesor de la losa de concreto (D, en pulgadas) que compone la estructura del pavimento rígido se determina a través de la ecuación:

$$\log(W_{18}) = Z_R \cdot S_o + 7.35 \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{1+\frac{1.624\times10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22-0.32p_t)\log\left(\frac{S'_c C_d (D^{0.75}-1.132)}{215.63 J \left(D^{0.75}-\frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{k}\right)^{0.25}}\right)}\right)$$

# 4. ESTUDIOS PREVIOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2016 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta la evaluación geotécnica de la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio. A continuación, se presenta lo relacionado:

## 4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA

La subrasante del corredor, está conformado por arcilla de baja compresibilidad CL.

Como es común en los suelos de esta localidad es necesario la estabilización y/o mejoramiento del mismo, esto, con el fin de tener una capacidad de soporte adecuada para la estructura del pavimento y el tránsito proyectado, dado que el **CBR promedio y de diseño es 6.14%**; es decir, se evidencia un material de una capacidad baja. Las propiedades anteriormente descritas se pueden evidenciar en la siguiente tabla:

TABLA 4-1CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANÁLISIS

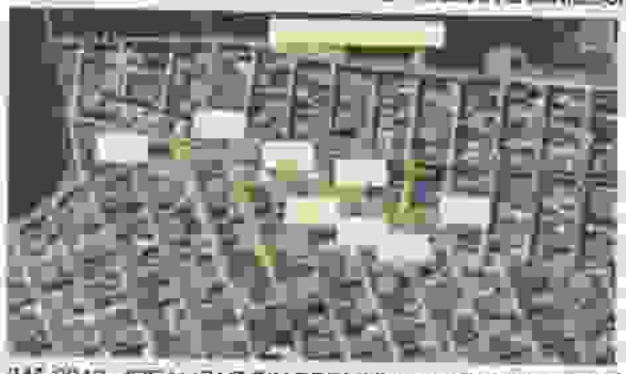
| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2016 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA

## 4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO

Los corredores de diseño 3 se encuentran conformados cada uno por dos segmentos viales. Por su parte, el corredor 3 se compone de cinco (5) segmentos viales, mientras que los corredores 4, 5, 6 y 7 por tres (3) CIVs respectivamente y, finalmente el corredor 8 por cuatro (4) segmentos, según se muestra a continuación:

FIGURA 4-1 UBICACIÓN DE SEGMENTO DE ACUERDO AL CORREDOR



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

**Grupo 3:** Localizado en la Calle 131B entre la Carrera 95ª y Carrera 95B y se encuentra conformado por el segmento vial 11006787.

## 4.3. TRANSITO

Del informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 – "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 3, el cual en su gran mayoría son vías peatonales (V9) es menor, en términos de ejes equivalentes de 8.2 T, al mínimo indicado por la Guía de diseño pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías Locales para Bogotá D.C. por lo tanto se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 615,000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 4-2 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUÍA – GRUPO DE DISEÑO 2



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO

Del Informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 3:

TABLA 4-3 NÚMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V3 – GRUPO 1 - GUIA BAJOS VOLÚMENES IDU

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PUBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor:

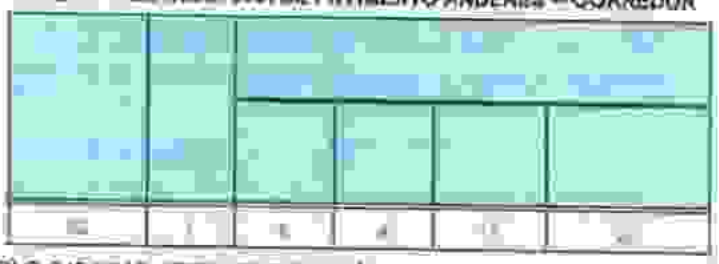
FIGURA 4-2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11006787




FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor.

TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR



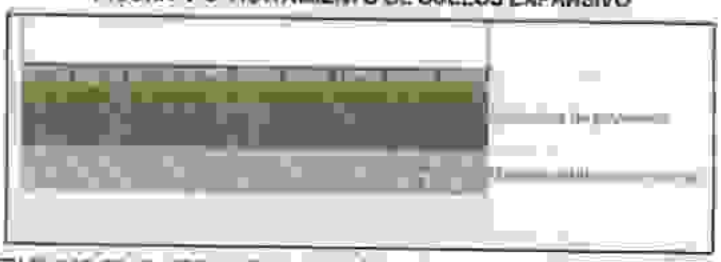
FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.6. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO CONTRÁCTILES

Si bien en los capítulos anteriores se presentaron las zonas en las cuales se detectó la presencia de suelos con susceptibilidad contracto expansiva, es necesario que durante la etapa de construcción de las obras se evalúe de forma constante y permanente la calidad y tipología de los suelos de Subrasante con el objetivo de detectar zonas adicionales con presencia de suelos expansivos, ya que de darse esta situación deberá darse, también, el tratamiento que se indica en el presente capítulo.

- Construir la estructura de pavimento definida en los estudios, contemplando el material de mejoramiento correspondiente

FIGURA 4-3 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.8. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" se presentan las siguientes conclusiones:

- La gran mayoría de las vías de este grupo de diseño son vías V9 las cuales son peatonales, lo que implica un diseño tendiente a pavimento articulado por el menor coste

que esta alternativa representa. Por su parte, en las vías vehiculares se propone una estructura de pavimento flexible convencional.

• Se llevaron a cabo apiques o calicatas en cada CIV de diseño de donde se obtiene el perfil estratigráfico y se tomaron muestras para la caracterización principalmente de los suelos de subrasante. Los ensayos que se realizaron corresponden a humedad natural, gradación, límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico), eventualmente ensayos de límites de contracción y CBR´s inalterado de la subrasante.

• De acuerdo con los resultados de la información geotécnica, apiques y ensayos de laboratorio, los suelos de subrasante son muy pobres y de muy baja capacidad de soporte y además en algunos casos los suelos han presentado características expanso contráctil dado por la expansión en ensayos de CBR y límites de contracción.

• Existe una perfecta correlación entre la Geología Regional del sector específico de Suba y las condiciones de subrasante obtenidas de la caracterización de la subrasante.

• El dimensionamiento de las estructuras de pavimento corresponde al diseño con el CBR en condiciones saturadas que a pesar de que es la condición más crítica, esta situación se evidencia por la cercanía al río Bogotá.

• Se plantean dos (2) alternativas de diseño enfocadas en el tipo de estabilización de la subrasante, pero sin cambiar la tipología de las estructuras, lo que se da en beneficio directo del proyecto.

• El dimensionamiento de las estructuras de pavimento se llevó a cabo bajo la metodología de la Guía de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C., para el caso de vías en pavimento articulado y la metodología AASHTO-93 para el dimensionamiento de las estructuras en pavimento flexible.

## 5. ESTUDIO DE TRANSITO

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta el tránsito para el segmento vial CIV 11006787:

Del informe de "Estudio de Tránsito V2" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 2, se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 343.000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 5-1 TRÁNSITO DE DISEÑO



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

### Análisis 1:

De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un conteo que se relaciona con la estación No. 2, ubicada en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 142 hasta la Calle 139 y se reportaron los siguientes resultados:

TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142

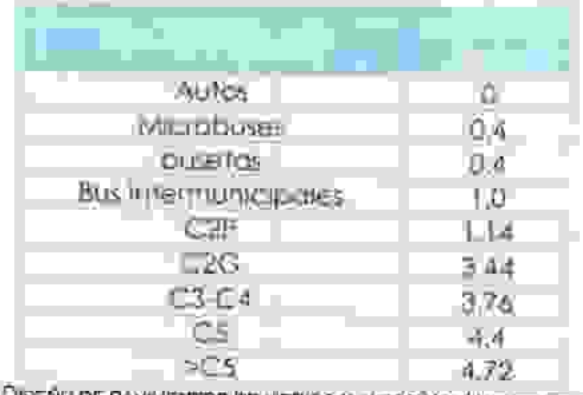




FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018– "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

Teniendo en cuenta que el tránsito de estudio previos obedece a 650.000 ejes equivalentes de 8.2, se presenta la siguiente equivalencia para estimar el tránsito en repeticiones esperadas por tipo de vehículo, es necesario aplicar factores de equivalencia de carga (FEC) específicos para cada vehículo. Estos factores reflejan el daño relativo que cada tipo de vehículo genere al pavimento en comparación con un eje estándar de 8.2 toneladas. A continuación, se presenta la siguiente estimación de composición vehicular:

TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO



| | |
|---|---|
| Autos | 0 |
| Microbuses | 0,4 |
| Busetas | 0,4 |
| Bus intermunicipales | 1,0 |
| C2P | 1,14 |
| C2G | 3,44 |
| C3-C4 | 3,76 |
| C5 | 4,4 |
| >C5 | 4,72 |

FUENTE MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO COLOMBIA

Teniendo en cuenta la tabla anterior, se utilizan los FEC por cada vehículo y se obtienen los siguientes resultados:

TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS

| Tipo | Cantidad | FEC estimado | Repeticiones equivalentes |
|---|---|---|---|
| Automovil | 2026 | 0 | 0 |
| Microbús | 235 | 0,4 | 94 |
| Buseta | 110 | 0,4 | 44 |
| Bus inter | 2 | 1 | 2 |
| C2P | 215 | 1,14 | 245,1 |
| C2G | 151 | 3,44 | 519,44 |
| C3 | 5 | 3,76 | 18,8 |
| C3-S2 | 0 | 3,76 | 0 |
| C3-S3 | 29 | 3,76 | 109,04 |

| Tipo | Cantidad | FEC estimado | Repeticiones equivalentes |
| --- | --- | --- | --- |
| Moto | 943 | 0 | 0 |
| Bicicleta | 852 | 0 | 0 |
| Total Repeticiones Día | | | 1032,38 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Con una proyección de periodo de diseño se tiene para 20 años, crecimiento del tráfico anual del 3%, y 365 días al año.

Se usa esta fórmula para estimar las repeticiones acumuladas:

$$N = EPS_{diario} \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

N=10 125.259 repeticiones equivalentes de 8.2 toneladas.

El valor estimado de repeticiones acumuladas a 20 años se derivó del aforo vehicular realizado el miércoles 19 de noviembre de 2019 en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 139, correspondiente a la estación No. 2 del estudio de tránsito. Para el diseño de la estructura de pavimento del segmento CIV 11006787, y con el fin de evitar una sobredimensión innecesaria, se adopta un enfoque de diseño conservador pero seguro, basado en datos reales. En consecuencia, se considera únicamente el 8% del volumen total registrado en dicho aforo, dado que los datos corresponden a una intersección con un flujo vehicular elevado en comparación con el tramo objeto de análisis. Esta proporción se justifica por la necesidad de ajustar el diseño a condiciones operativas más representativas del segmento vial intervenido, manteniendo al mismo tiempo un margen de seguridad estructural.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se presenta la siguiente tabla resumen con las repeticiones estimadas:

TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS No. 1

| Peso (toneladas) | Repeticiones |
| --- | --- |
| 8.2 | 810.020 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**Análisis 2:**

De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PUBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presente un tránsito 343.000 ejes equivalentes de 8.2 para la estimación que se hizo en el informe del año 2019. A continuación, se presenta el análisis a considerar.

TABLA 5-8 TRANSITO BAJO ANÁLISIS NO. 2

| Tasa de crecimiento: 3% | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Año 2019 | Año 2020 | Año 2021 | Año 2022 | Año 2023 | Año 2024 | Año 2025 |
| 343000 | 353290 | 363888 | 374805 | 386049 | 397631 | 409559 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La tabla presentada se construyó a partir de las estimaciones de tránsito reportadas en los estudios previos del componente de tránsito correspondientes al año 2019. No obstante, considerando que el año base para el análisis es 2025, se realizó una proyección del volumen de tránsito aplicando una tasa de crecimiento anual del 3% (informe de tránsito de: FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA). Esta proyección tiene como objetivo establecer un criterio de diseño bajo condiciones conservadoras y seguras, sin incurrir en una sobredimensión innecesaria de la estructura del pavimento.

Finalmente, es importante resaltar que el presente análisis se basa en los estudios previos desarrollados en el marco del contrato No. 345-2018, específicamente en la información contenida en el estudio de tránsito elaborado en dicha consultoría. Con fundamento en estos antecedentes y considerando los datos de volúmenes vehiculares y composición del tráfico reportados, se proyecta un valor de tránsito acumulado de **409.559 vehículos equivalentes** para el horizonte de diseño. Este valor constituye la base para el dimensionamiento estructural, en concordancia con los lineamientos técnicos establecidos en las metodologías de diseño vial vigente.

# 6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

En el desarrollo del presente estudio se diseñará la alternativa de diseño:

- Pavimento rígido mediante el método de la Portland Cement Association PCA 84.
- Pavimento rígido mediante al método AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

## 6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO

Al presentar una propuesta de diseño del pavimento, es necesario considerar tres variables fundamentales, como lo son: la exploración geotécnica (determinar las características del perfil estratigráfico existente), la evaluación estructural del pavimento (evaluación del deterioro superficial), diseño geométrico (rasante) y las cargas de tránsito proyectadas en el periodo de intervención.

Como fue indicado en el Alcance del documento, este informe busca definir la propuesta de intervención a nivel de pavimento para el CIV11006787.

### – MATERIALES

Los materiales deberán cumplir con las especificaciones IDU-18, resolución 010910 del 27 de diciembre de 2019 de la siguiente manera:

- Capas de concreto hidráulico: IDU-800-18.
- Capas de material granular: IDU-500-18.
- Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales: IDU-410-18.

### 6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN:

**Alternativa**

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 18 cm de espesor (MR: 4,1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

(*) Tener presente que en la actual etapa **NO** se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos.

TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Tramo de Estudio | Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) |
|---|---|---|
| CIV11006787 | Rigido | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón en un espesor 90 cm incluye sello de 10 cm de material granular |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **CLIMA Y TEMPERATURA**

Bogotá D.C tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo humedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C, son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)3.

Temperatura promedio = 20 °C
Precipitación media anual = 1258 mm/año

## 6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO

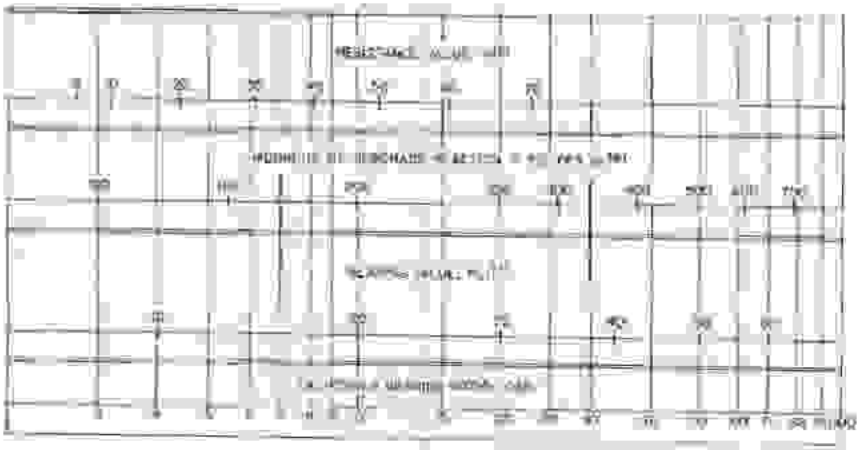
Para el diseño del pavimento rigido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de tranamisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga

[3] ESTACION IDEAM 2120029- UNIVERSIDAD NACIONAL

- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.



Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association 1984.

**Table 1. Effect of Untreated Subbase on k Values**

| Subgrade k Value | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| pci | 4 in. | 6 in. | 9 in. | 12 in. |
| 50 | 65 | 75 | 88 | 110 |
| 100 | 110 | 140 | 160 | 190 |
| 200 | 170 | 220 | 270 | 320 |
| 300 | 220 | 280 | 370 | 420 |

**Table 2. Design k Values for Cement-Treated Subbases**

| Subgrade k value | Subbase k value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| pci | 4 in. | 6 in. | 9 in. | 12 in. |
| 50 | 170 | 290 | 310 | 460 |
| 100 | 230 | 400 | 520 | 640 |
| 200 | 470 | 640 | 840 | |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

### 6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO

Para el diseño del pavimento rígido se mediante el método AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Periodo de diseño: **20 años.**

### 6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad: 4.2 – 2.0.

### 6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd: 0.90 – Regular, para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

TABLA 6-2 VALORES DE CD RECOMENDADOS

| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 - 5% | 5 - 25% | Más de 25% |
| Excelente | 1.25 - 1.20 | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 |
| Muy malo | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 - 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO. Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 6.1.3. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla.

TABLA 6-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R [%] | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Colectoras | 80.0 – 95.0 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R (%) | 50 | 60 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 99.9 | 99.99 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Z | 0.000 | -0.253 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.340 | -1.405 | -1.476 | -1.555 | -1.645 | -1.751 | -1.881 | -2.054 | -2.327 | -3.090 | -3.750 |

| Proyecto de pavimento | $S_o$ | |
|---|---|---|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapa | 0.50 | 0.40 |

Fuente AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Valor So: 0.35
Modulo de elasticidad concreto: 4.225.920 psi.
$f_c$ = 5500 psi

$$E = 57{,}000 \cdot \sqrt{f'_c}$$

E = módulo de elasticidad en psi
$f_c$ = resistencia a compresión del concreto en psi

Módulo de rotura concreto: 4.1 MPa = 594 PSI.
Coeficiente de transferencia de carga (J): 2.7 para juntas con pasadores.

### 6.1.2 MÓDULO RESILIENTE

De acuerdo con Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" efectuada en el tramo objeto de estudio, el módulo Resiliente- MR, corresponderá a los valores de resistencia de la subrasante obtenidos en los ensayos de CBR en inmersión, los cuales fueron registrados en el capítulo de Estudios previos:

El valor de CBR promedio y de diseño es 0.14%

TABLA 6-4 ANÁLISIS DE CBR (%)

| CBR DE DISEÑO |
|---|
| 0.14 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con lo anterior, el módulo se correlaciona con el valor promedio de los valores de CBR de laboratorio en inmersión (Capítulo de Estudios Previos), teniendo en cuenta la actuación-14 para CBR<10%, de la Guía para diseño de estructuras de pavimento de AASHTO/1993,

$$Mr = 1500 * CBR, \text{ (psi) (14)}$$
Si CBR<10%

TABLA 6-5 MODULO RESILIENTE

| Tramo de Estudio | CBR diseño (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|
| CIV 11006787 | 0.14 | 210 | 1.44 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, se requiere realizar un mejoramiento de la subrasante, para lo cual se propone la realización de un mejoramiento con material tipo rajón (IDU No. ET-410-16), al que se le establecen las siguientes características:

- Espesor de mejoramiento mínimo: 90 cm

Con base en estas características, se determina las características del CBR mejorado con la metodología de IVANOV, de acuerdo a la siguiente formulación, donde:

Esquiv: Módulo Resiliente compuesto de la subrasante mejorada

Einf: Módulo Resiliente capa inferior

N: Parámetro de rigidez, determinado a partir de los módulos de las capas inferior y superior

A: Radio de carga

H: Espesor de la capa de mejoramiento o capa superior

$$h = \frac{2A}{N} * \tan\left[\frac{1 - {}^{Einf}/_{Equiv}}{\frac{\pi}{\pi} * \left(1 - {}^{1}/_{N^{3.5}}\right)}\right] \quad (15)$$

$$N = \left[\frac{E\,sup}{E\,inf}\right]^{3}$$

El módulo de la cada inferior es estimado a partir de la siguiente expresión:

$$E = 10 * CBR(\%) \quad (16)$$

El módulo de la capa superior, tomando en consideración que el módulo de las capas granulares es dependiente del estado de esfuerzos y confinamiento de las capas, se determina a partir de la ecuación de Shell, en función del espesor de capa de mejoramiento y el módulo de la capa inferior mediante la expresión.

$$Esup = 0{,}204 * E\,inf * H^{0.45} \quad (17)$$

| CBR de subrasante | Módulo de subrasante | | Módulo de mejoramien | Espesor mejoramiento | Módulo combinado de Subrasante+Mejoramiento | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CBR de diseño (%) | Esr (MPa) | Esr (Kg/cm²) | Emr (MPa) | Hmr (cm) | Eeq (Kg/cm²) | Eeq (MPa) | CBR (%) |
| 0,10 | 1,40 | 143 | 76,9 | 90,0 | 305,0 | 29,9 | 3,0 |

TABLA 6-8 ANALISIS DE CBR (%)

| Tramo de Estudio | Mejoramiento de la subrasante (m) | CBR Equivalente (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|---|
| CIV11006787 | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón en un espesor 90 cm, incluye sello de 10 cm de material granular. | 3 | 4500 | 31.00 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 6.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO

Es este capítulo se presentan las estructuras de pavimento definidas para las vías del proyecto y el espacio público. Se incluyen las estructuras de pavimentos y los espesores de sus capas. En el Anexo se presentan las memorias de cálculo del diseño.

- Pavimento rígido con losas de concreto apoyadas sobre sub-base granular.

Para el diseño del pavimento rígido se empleará la metodología PCA 84 y se realizará la realizará la verificación de esfuerzos y deformaciones con el software EverFe

**PARÁMETROS DE DISEÑO**

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Período de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU MR41.
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

**MÓDULO DE REACCIÓN k DE LA SUPERFICIE DE LA SUBRASANTE**

El valor de k se puede determinar mediante la siguiente correlación con el CBR:

$$k_{[psi]} = 6.35 + 5.15 \log CBR$$

$$k_{[pci]} = 38.05\ k_{[psi]} \quad (14)$$

k= 87.59 lb/pulg3

El valor mostrado anteriormente se obtiene a partir del CBR mostrado anteriormente correspondiente a 3.00 %, teniendo en cuenta el valor de mejoramiento con relón en un espesor de 90 cm, con sello de 10 cm de material granular.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

## ALTERNATIVA PCA (CIV11006787):

La sub-base se recomienda para prevenir el fenómeno de bombeo, y su presencia aumenta la capacidad de soporte de pavimento optimizando el espesor de la losa de concreto. A continuación, se presenta el incremento que se puede obtener mediante la instalación de 15 cm de sub-base:

TABLA 6-7 VALORES DE K CONJUNTO A PARTIR DEL CAPAS GRANULARES

| Valor de K para | Valor de K para sub base granular | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| sub-rasante | 100 mm | | 150 mm | | 225 mm | | 300 mm | | |
| Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 |
| 20 | 74 | 23 | 85 | 30 | 90 | 32 | 117 | 38 | 140 |
| 40 | 147 | 45 | 165 | 48 | 180 | 57 | 210 | 69 | 245 |
| 60 | 220 | 64 | 235 | 66 | 245 | 78 | 280 | 90 | 330 |
| 80 | 294 | 87 | 320 | 90 | 330 | 100 | 370 | 117 | 430 |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

De acuerdo con la tabla anterior, ingresamos con el valor de 97.59 lb/pulg3 (26.74 Mpa/m) tenemos un valor de k conjunto de = 33 MPa/m (124 lb/pulg3) mediante la aplicación de una capa de sub granular de 15 cm.

Teniendo en cuenta lo citado anteriormente y a partir de la utilización del software computacional BS-PCA se obtiene un espesor de losa de 16 cm, tal como se muestra a continuación:

TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA



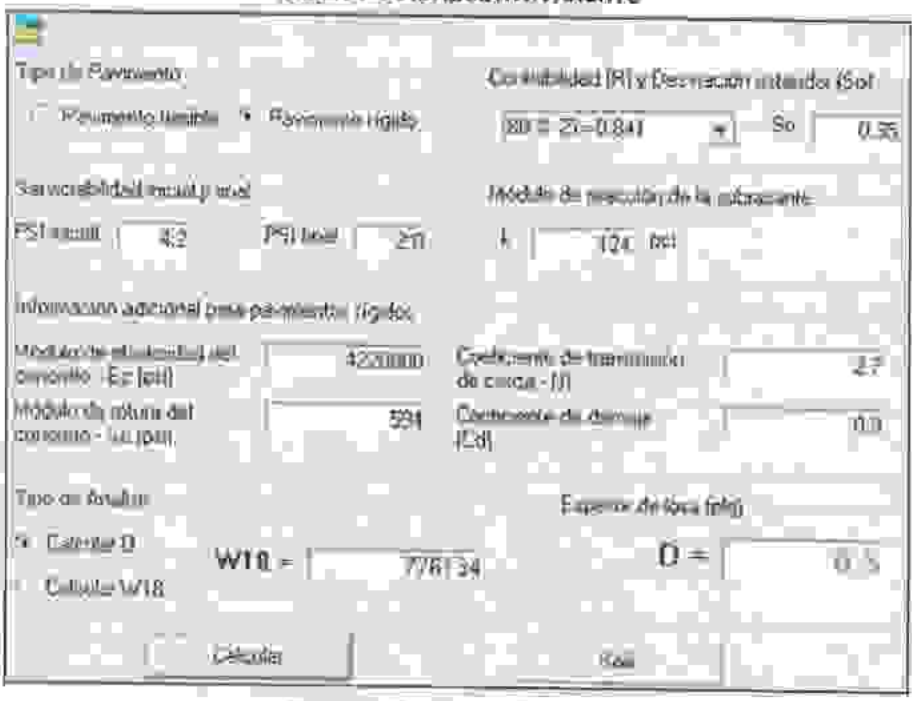

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En el anexo se encuentra la memoria de cálculo

## ALTERNATIVA AASHTO (CIV11006787):

La alternativa para la metodología AASHTO, presenta el siguiente resultado:

TABLA 6-9 ALTERNATIVA AASHTO




FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Teniendo en cuenta la metodología AASHTO, el espesor de la losa es de 16 cm.

**Calidad del concreto**

La resistencia a la flexión se expresa en su Módulo de Rotura. Para el presente diseño, se propone un módulo de rotura de 4,1 MPa.

**Transferencia de Carga**

Se considera el diseño con pasadores.

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogeneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR: 4.1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con lo anterior se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

TABLA 6-10 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (in) | Estructura (*) | |
|---|---|---|---|
| Rigida | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo mjon ET 410-18 de forma puntual en un espesor de 90 cm. Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub-base granular. | Descripción | Espesor (cm) |
| | | Concreto Hidráulico | 16 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con mjon | 80 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

(*) Generalmente, la metodología PCA tiende a arrojar un espesor de losa mayor que la metodología AASHTO. Esto se debe a que PCA evalúa directamente los esfuerzos que actúan sobre la losa (tracción, flexión y tensiones térmicas), considerando condiciones críticas como carga en el borde, expansión térmica, fricción entre losas y gradientes de temperatura, lo cual conduce a diseños más conservadores en ciertos contextos, especialmente en aplicaciones industriales o con alta variabilidad térmica.
En cambio, AASHTO se basa en modelos empíricos, ajustados a condiciones de pruebas específicas (AASHO Road Test), por lo cual sus resultados pueden ser menos conservadores, especialmente fuera de los rangos para los cuales se calibró la ecuación.

**Modulación de losas:**

El concreto hidráulico como superficie de rodadura, se encuentra sujeto a diferentes esfuerzos, entre los cuales se encuentran: cargas de tránsito, contracción y expansión del concreto (el concreto al endurecer ocupa menos volumen que cuando está fresco) y diferencias de temperatura o humedad entre la fibra superior y la inferior, entre otras. Con el fin de contrarrestar estos esfuerzos, no es suficiente el proporcionar un espesor adecuado, sino proyectar juntas longitudinales y transversales que impiden un fisuramiento temprano del concreto, estas juntas deben estar diseñadas técnicamente, mediante el empleo de los siguientes criterios:

***Espaciamiento de Juntas***

- ✓ La separación de las juntas transversales se encuentra en función del espesor del pavimento, mediante la relación:

$$S = (21 \text{ á } 24)\ d$$

*Ecuación 1*

Donde,
S = Separación de la junta
d = espesor del pavimento

21 = Para valores máximos de fricción entre la base y el pavimento.
24 = Para valores normales de fricción entre la base y el pavimento.

*Para el espesor del CIV11006787 de 160 mm la separación máxima entre juntas transversales es de: 2.60m.*

La relación entre el largo y el ancho de la losa debe encontrarse entre un intervalo de 1 y 1,25.

$$1.0<largo/ancho<1.25$$

En función del espesor de la losa, la longitud de la losa debe ser máximo 25 veces el valor del espesor.

$$L \leq 25\ H$$
$$L_{20} \leq 5{,}0$$
$$L_{30} \leq 7{,}5$$

Donde
L: Longitud de la Losa
H: Espesor de la Losa (m)

Teniendo en cuenta que el segmento vial tiene un ancho aproximado de 5.2 (2.60 por losa) metros la relación de esbeltez, igual a 1,0 la longitud es de 2.60, para losas de espesores de 16 cm. Sin embargo, es importante aclarar que la longitud y ancho de la losa están en función de la geometría de la vía, considerando los criterios antes citados en términos de esbeltez.

**Transferencia Mecánica de Carga**

Aunque es preciso reconocer que los agregados ofrecen mediante su trabazón un grado de transferencia de carga; debido al tráfico de la vía en estudio es necesario implementar una transferencia de carga mecánica mediante la disposición de dovelas (barras de acero lisas insertadas en las juntas) que buscan transferir cargas sin restringir el movimiento horizontal.

Pasadores. Considerando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para una losa cuyos espesores de 160 mm se requiere el empleo de pasadores lisos, constituidos por Barras de 3/4" de diámetro, de 350 mm de longitud y separación entre centros de 300 mm.

TABLA 8-11 PASADORES SEGÚN PCA

| ESPESOR DE Llosa (pulg) | DIAMETRO DEL PASADOR (pulg) | LONGITUD (pulg) | ESPACIAMIENTO (pulg) |
|---|---|---|---|
| 5 | 5/8 | 12 | 12 centro a centro |
| 6 | 3/4 | 14 | |
| 7 | 7/8 | 14 | |
| 8 | 1 | 14 | |
| 9 | 1 1/8 | 16 | |
| 10 | 1 1/4 | 16 | |
| 11 | 1 3/8 | 18 | |
| 12 | 1 1/2 | 20 | |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Barras de anclaje. Tomando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para un ancho de carril de 2.60 m y un espesor de losa de 160 mm, en las juntas longitudinales se emplearán barras corrugadas de ½" pulgada de diámetro, de fy = 290.0 MPa, con una longitud de 0,60 m y una separación entre las mismas de 0.60 m

TABLA 8-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA

| Espesor losa (mm) | Varillas de ½" | |
|---|---|---|
| | Long (mm) | Separación entre centros (m) |
| | | Carril 2.60 m |
| 150 | 600 | 0.60 |
| 175 | | 0.60 |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Es fundamental asegurar la correcta alineación y nivelación de pasadores y dovelas para garantizar una transferencia de carga eficiente y evitar concentraciones de esfuerzo.

Durante la construcción, se debe verificar la correcta colocación y fijación de los pasadores y dovelas antes del vertido del concreto.

**Esfuerzo y deformación:**

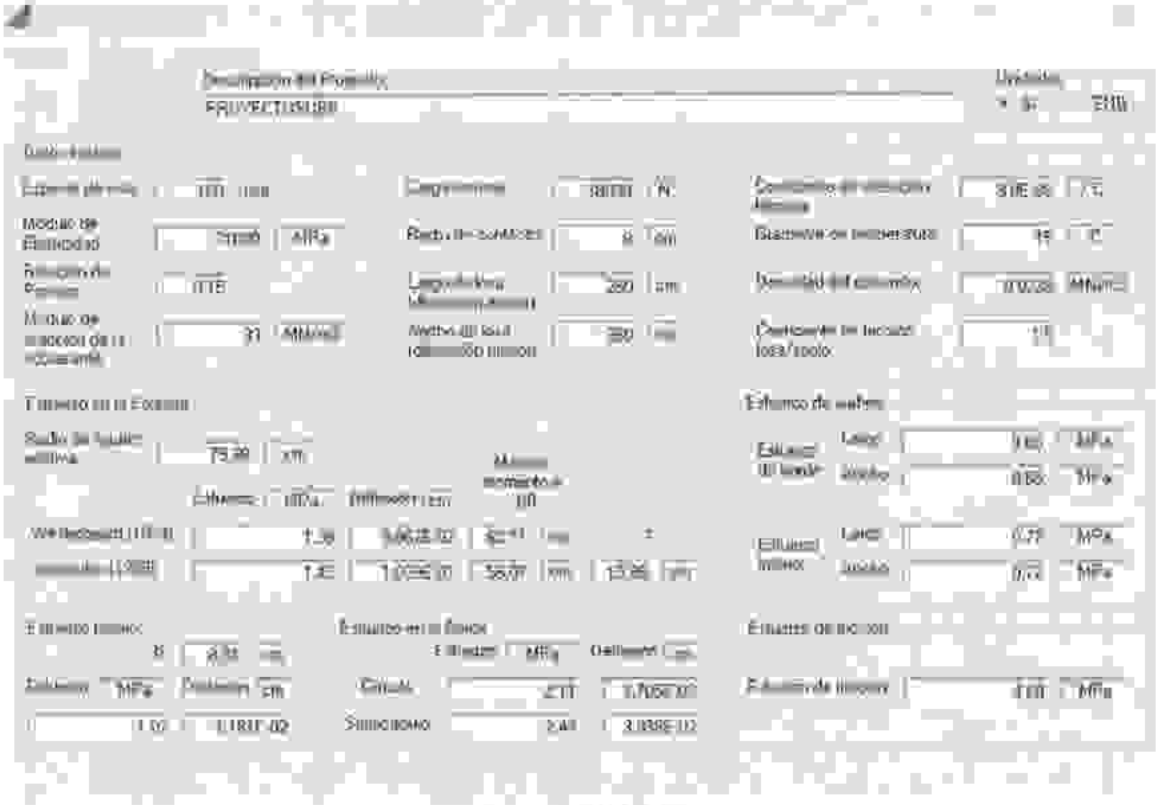
**Parámetros iniciales:**

**Espesor de la losa (h):** 160 mm.
**Módulo de ruptura del concreto (MR):** 4.1 MPa.
**Módulo de elasticidad del concreto (E):** 31,000 MPa.
**Relación de Poisson (v):** 0.15.
**Módulo de reacción de la subrasante (k):** 33 MPa/m.

**Carga aplicada (P):** 8.2 Toneladas
**Radio de contacto de la carga (a):** aproximadamente 150 mm.

Asimismo, mediante el software especializado UNALOSA, se lleva a cabo la verificación de los estados de esfuerzo y deformación asociados a una losa de pavimento con espesor de 16 cm:

**TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA**




**FUENTE: UNALOSA**

**Conclusión**

Bajo una carga de 80 kN, la losa de concreto de 16 cm de espesor, con un MR de 4.1 MPa, apoyada sobre una subbase granular de 15 cm y una subrasante con k = 41 MPa/m, experimentaría un esfuerzo interior máximo de aproximadamente 1.07 MPa y una deflexión máxima de 0.118 mm. Ambos valores están dentro de los límites aceptables, indicando un diseño estructural adecuado para las condiciones planteadas.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

# 6 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO

En el presente apartado, se desarrolla el diseño de pavimentos para los andenes teniendo en cuenta las características geotécnicas de la subrasante, los materiales de la estructura y los espesores mínimos permitidos. Este diseño, se llevará a cabo de acuerdo con lo establecido en la Cartilla de Andenes de la Secretaría Distrital de Planeación (SDP modificación 07-06-2018).

En concordancia con la propuesta de diseño urbanístico, se plantea una de estructura de andén, en concreto estampado

Con base en los resultados de la exploración geotécnica realizada para las vías a intervenir, se caracteriza de la misma manera el suelo de subrasante para las estructuras de los andenes pertinentes, de acuerdo con lo establecido en el apartado de Procesos Constructivos de la Cartilla de Andenes (Mod. 2018), para así mismo establecer una estructura típica para los mismos. A continuación, se define el tipo de subrasante en función de los valores de CBR natural en condición de inmersión.

**TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR**

| TIPO DE SUBRASANTE | CBR en (condición de inmersión) |
|---|---|
| S1 | Mayor o igual a 3% |
| S2 | Menor de 3% |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P

Con base a lo anterior, conservando para el diseño de andenes el CBR de diseño de los segmentos viales vehiculares, se obtiene un suelo Tipo S2, lo cual indica que se requieren actividades de mejoramiento.

**TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR**

| Tipo de Suelo existente en la Subrasante | Clasificación ASHTO | Clasificación SUCS | CBR | Proceso a seguir |
|---|---|---|---|---|
| Suelos Granulares (Gravas y arenas) | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| Suelos finos (limos y arcillas de baja compresibilidad) | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| Suelos finos plásticos y limos de alta compresibilidad | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| Suelos Turbosos, orgánicos y limos de alta compresibilidad | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

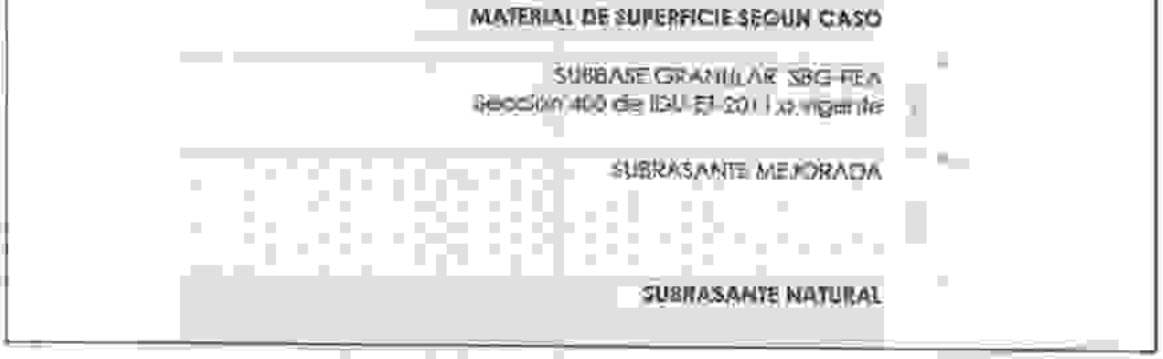
De acuerdo con la tabla anterior, se define la clasificación AASHTO del suelo existente, el cual funcionara como subrasante en función del CBR y se determinó que se debe mejorar la subrasante, teniendo en cuenta las condiciones del suelo la alternativa de mejoramiento se realizará reemplazando 20 cm de espesor del material inadecuado de la subrasante por material granular con CBR mínimo de 10%.

Posteriormente se establecen los criterios de diseño de acuerdo con el tipo de superficie y el usos posible del espacio público para este proyecto se tomó el criterio de Diseño 1, de la Cartilla de Andenes Bogotá D.C. de la Secretaría Distrital de Planeación, la cual dice textualmente "Para el espacio público peatonal y la red de ciclorruta a nivel de andén, por donde no circula ningún tipo de vehículo pesado, se propusieron espesores mínimos de construcción, con subbase granular tipo SBG_PEA_B, según Especificación IDU o vigente. Aplica para estructuras articuladas y flexibles, y acceso vehicular de vivienda (máximo 2 vehículos livianos)".

Teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados, se propone la estructura de pavimento peatonal con sus espesores.

**ILUSTRACIÓN 1 ESTRUCTURA DE ESPACIO PÚBLICO PEATONAL**

*Estructuras para Espacio Público Peatonal y Red de ciclorrutas (a nivel de andén) para Subrasante - Tipo S2 y Criterio de diseño 1*




Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:

TABLA 18 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-FEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1600 o Similar |
| 20 | Subrasante Mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente Elaboración Propia

De acuerdo contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA", se puede concluir que para la estructura de pavimento de la zona peatonal se dispone de una sola zona homogénea, y con la cual se proyectó la estructura mostrada en la tabla anterior.

## 9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR

De acuerdo con la Cartilla de Andenes Bogotá D.C, las rampas no solo dan acceso vehicular a los predios sino también el acceso de las personas con movilidad reducida a los andenes y zonas peatonales que serán construidos con el desarrollo del proyecto

Para un suelo S2 con CBR < 3%, tránsito de vehículos livianos y paso ocasional de vehículos comerciales tipo C2, se obtuvieron los espesores de las rampas vehiculares al proyecto de acuerdo a los criterios de la Cartilla de Andenes– DAPD.

ILUSTRACIÓN 2 ESTRUCTURA PARA RAMPA DE ACCESO VEHICULAR




Fuente: Cartilla de Andenes SDP , 2015

TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 15 | Placa de Concreto MR 41 kg/cm² |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 50 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

El concreto hidráulico se recomienda con módulo de rotura de 41 kg/cm conformado con la granulometría AG-1 (Tamaño máximo del pétreo de 2½ pulgadas), presentada en la Sección 500 Pavimento de Concreto Hidráulico.

En los lugares donde sea necesario completar niveles se hará con un material seleccionado por capas no mayores a 0.20 m logrando una densidad mínima del 95%, estos materiales seleccionados deben cumplir con caracteristicas geotécnicas tales como IP menor o igual a 10%, contenido de finos menor o igual a 25%, CBR del 10%, tamaño máximo de 3", esto de acuerdo con al las especificaciones ET-IC-01.

# 7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

La propuesta de diseño contempla la construcción de capas estructurales de pavimento compuestas por materiales tales como mezclas asfálticas y materiales granulares. Atendiendo las especificaciones técnicas válidas en el desarrollo del presente proyecto y las cuales corresponden a las Especificaciones técnicas de construcción del Instituto Nacional de Vías - INVIAS, se presenta a continuación la caracterización de cada una de estos materiales.

- **CONCRETO HIDRÁULICO**

El concreto hidráulico, tiene la particularidad de ofrecer a la estructura una alta resistencia a la compresión que se necesita para soportar y absorber las cargas que circulan. Dicha mezcla deberá cumplir con las características especificadas en IDU-800-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MATERIALES GRANULARES:**

Los materiales granulares deberán cumplir con las especificaciones establecidas en la Especificación Técnica: Capas granulares de base y subbase del capítulo IDU-500-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO

- **MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE**

Los materiales de mejoramiento de subrasante deberán cumplir con las características especificadas en el capítulo IDU-410-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

# 8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES

Para garantizar que los parámetros mecánicos de cada uno de los materiales empleados en el diseño de pavimentos, cumplan con los requisitos establecidos en las Especificaciones Técnicas, su versión o actualización vigente, para la modelación de la estructura de pavimento y puedan ser suministrados por los proveedores adscritos en la base de datos vigente en la página web del IDU, se realizó un análisis de las fuentes de suministro de materiales y mezclas asfálticas, con los cuales se construirán las estructuras de pavimento y espacio público asociado con base en el diseño recomendado

A continuación, se presentan los proveedores de mezclas asfálticas, agregados pétreos y concreto hidráulico seleccionado por su experiencia y teniendo en que se encuentran vigentes en el "Listado de Proveedores" en la página del IDU.

TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| AGREGADOS PÉTREOS | OPERADOR DEL TITULO MINERO N° EHD-131. KM 3.8 ZONA INDUSTRIAL BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 295 DE 2009 | DROMOS |
| AGREGADOS PÉTREOS | KILOMETRO 10 DE LA VÍA MULTIFAMILIAR LOS CENTAUROS PUENTE CAÍDO VEREDA EL COCUY PREDIO SAN LUIS SOBRE EL RÍO GUAYURIBA - VILLAVICENCIO | IDU 432 DE 2016 | REX VILLAVO |
| AGREGADOS PÉTREOS | CARRERA 6 #153 A- 60 EN LA LOCALIDAD USAQUÉN -BOGOTA | IDU 435 DE 2016 | REX BTA |
| AGREGADOS PÉTREOS | Av. CRA 7 # 180A-06 SAN CRISTÓBAL NORTE, LOCALIDAD USAQUÉN - BOGOTÁ | IDU 568 DE 2020 | REX BTA 7MA |



Calle 38 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125851487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
| --- | --- | --- | --- |
| AGREGADOS PÉTREOS | KILÓMETRO 3,5 VEREDA BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 455 DE 2017 | INCOMINERI |
| AGREGADOS PÉTREOS | KM 4 VÍA LA MESA - MONDOÑEDO- MOSQUERA | IDU 582 DE 2020 | LA ROCA |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1,5 VÍA AUTOPISTA MEDELLÍN COSTADO SUR - COTA | IDU 486 DE 2018 | REGICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | PREDIO DENOMINADO LOTE 10, EN LA VEREDA SAN JOSE - MOSQUERA | IDU 510 DE 2019 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1,5 VÍA BOGOTÁ- MEDELLÍN, COSTADO OCCIDENTAL VEREDA VUELTA GRANDE - COTA | IDU 582 DE 2020 | GRECO |
| ASFALTO | PREDIO VISTA HERMOSA, VEREDA BALSILLAS - KILOMETRO 25 VÍA LA MESA - PLANTA DE ASFALTO CMI | IDU 26 DE 2002 | AA |
| ASFALTO | KM 3.8 EN LA ZONA INDUSTRIAL, VEREDA BALSILLAS MOSQUERA | IDU 187 DE 2005 | DROMOS |
| ASFALTO | KM 17+200 DE LA CARRETERA CENTRAL DEL NORTE (CRA 7 DE BOGOTÁ) | IDU 164 DE 2004 | CTU |

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| CONCRETO | KR 62 No. 19 - 04 INT 5, LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA | IDU 22 DE 2002 | HOLCIM |
| CONCRETO | PLANTA NEREIDAS - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55 A SUR - 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 216 DE 2006 | TREMIX |
| CONCRETO | PLANTA SUR - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55A SUR – 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 439 DE 2016 | POLMIX |

**Zodmes:**

A continuación, se presentan las posibles zonas de depósito para materiales sobrantes de construcción para el Proyecto. Los sitios escogidos como botaderos o zonas de depósito servirán para disponer los materiales estériles y/o sobrantes procedentes de las excavaciones de las vías.

Considerando adicionalmente parámetros como capacidad de almacenamiento y condiciones geológicas-geomorfológicas, se escogieron nueve (9) zonas para la disposición de materiales de excavación o botaderos que permitirán almacenar el volumen de material estéril o sobrante en la fase de construcción de la vía (Ver Tabla 13.4).

TABLA 8-2 ZODMES

| CATEGORÍA | NOMBRE – RAZÓN SOCIAL | MUNICIPIO | PREDIO O LOTE |
|---|---|---|---|
| 1. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | CEMEX DE COLOMBIA S.A. | BOGOTA D.C. | Reserva ecológica privada la Fiscala Capacidad: 5.000.000 m3 |
| 2. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE | RECICLADOS INDUSTRIALES | COTA | Lote la Britania Vega, en la Vereda Siberia, Municipio de Cota, |

| | | | |
|---|---|---|---|
| CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | DE COLOMBIA S.A.S. | | Cundinamarca Capacidad: 40.000 m3 |
| 3. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | Lotes 2, 3, 4 de los predios identificados con cédulas catastrales N° 00-02-0002-0186; 00-02-0002-0184-000 y 00-02-0002-0183-000, ubicados en la Vereda Panamá del Municipio de Soacha Capacidad: 4.000.000 m3 |
| 4. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | RESIESCOL S.A.S ESP | MOSQUERA | Predio denominado Lote 4 A, matrícula inmobiliaria N° 50c - 1433092, ubicado en la Vereda Balsillas del Municipio de Mosquera, Cundinamarca |
| 5. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | MATERIALES Y LOGÍSTICA S.A.S. MYLSA | MADRID | Predios denominados Finca el Paraíso, el Valle de las Mercedes y Finca la Zulia, ubicados en las Veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid Cundinamarca Capacidad: 1.000.000 m3 |
| 6. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | CICLOMAT S.A.S. | COTA | Predio ubicado 600 metros al sur de la Autopista Medellín (calle 80) entrada PRACO-DIDACOL Vía Siberia –Bogotá, Vereda Siberia del Municipio de Cota, Cundinamarca. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | En el predio el Vinculo (Polígono 3) del Municipio de Soacha- km 14 de la Vía Soacha – Sibaté. |
| 8. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | RELLENOS DE COLOMBIA S.A.S. EN LIQUIDACIÓN | MOSQUERA | Vereda balsillas, km 3 vía la mesa, Mosquera, Cundinamarca. |
| 9. DISPOSICIÓN DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | MAQUINAS AMARILLAS S.A.S. – MARILLA S.A.S. | BOGOTA D.C. | Plan de manejo y recuperación ambiental de la mina las Manas y Santa Inés en el área del contrato de concesión minera 8151 a nombre de la empresa HOLCIM COLOMBIA S.A (Perfil o-o' sector Nor-Este) Tunjuelito-Bogotá. |

La evaluación de las áreas definidas para botaderos corresponden a superficies suavizadas planas a moderadamente inclinadas en depósitos aluviales recientes de llanura aluvial de los ríos Bogotá, Subachoque y Tunjuelito, así como de los depósitos de terrazas altas de la Sabana de Bogotá, los cuales corresponden a planicies extensas de aspecto aterrazado y morfología ondulada suavemente inclinada y limitada hacia los cauces por escarpes de 2 – 20 m de altura; se encuentran constituidos de arcillas grises, localmente con intercalaciones de arenas finas y delgados niveles de gravas y turbas, en capas paralelas producto de la acumulación de materiales en la cuenca ocupada por el antiguo lago de la Sabana de Bogotá, con espesores de 20 - 300 m.

Estas superficies en depósitos de la llanura aluvial y los depósitos de terrazas de la Sabana de Bogotá pueden presentar una buena condición de estabilidad, teniendo en cuenta la morfología de estas áreas, así como la pendiente y la composición de los materiales que la constituyen. Cabe resaltar que el area que conforma la ZODME ubicado en la finca El Paraíso, el valle de las Mercedes y finca La Zulia, de las veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid en Cundinamarca, se encuentra sobre superficies onduladas e inclinadas en laderas de la Formación Arenisca Dura del Grupo Guadalupe y en contacto con los depósitos aluviales de terrazas altas de la Sabana de Bogotá. Estas áreas deben ser evaluadas con trabajo de campo para determinar las condiciones morfodinámicas y de estabilidad de estas superficies. La localización de las ZODMES se presenta en la Figura 13.1, en la cual también se han ubicado las fuentes de materiales.



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115650207
consorciosubamt@gmail.com

# 9 ANÁLISIS DE RIESGOS

El análisis de los posibles riesgos en la ejecución del proyecto permite tener un panorama realista donde se considera las posibles eventualidades y su potencial consecuencia, esto permitirá establecer planes de contingencia en caso de que se presenten cualquiera de las situaciones citadas.

Para el caso de estudio, se prevén los siguientes riesgos, asociados a la etapa de construcción consecutiva a la etapa de diseño.

TABLA 8-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO

| INCIDENTE | TIPO DE CAUSA | CAUSAS PROBABLES | CONSECUENCIAS |
|---|---|---|---|
| Imprecisión en la determinación del CBR de diseño | Menor resistencia de la subrasante | Muestro insuficiente | Disminución de la vida útil de la estructura, Falla prematura por deformación de la subrasante |
| | | Errores en el procesamiento de la información | |
| | | Afectaciones climáticas | |
| | | daños en el sistema de drenaje | |
| | | errores en la caracterización del material | |
| Aumentos en los niveles de transito | Aumento en el número de ejes equivalentes esperados | Cambios de uso de la vía por desvío | Estructura deficiente para las cargas esperadas, falla prematura de la carpeta asfáltica. |
| | | Implementación de nuevas rutas en el corredor vial | |
| | | Aumento de las cargas de los vehículos de transporte | |
| | | Errores en el conteo para establecer el TPD | |
| | | Aumentos inesperados por transito atraído/generado | |



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fallas en los materiales | Daños por mala calidad en los materiales instalados | Malos procesos constructivos | Falla de zonas puntuales de la estructura. |
| | | Cambios en la humedad por daños en el drenaje | |
| | | deficiencias en los controles de calidad | |

## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las propuestas de intervención RECOMENDADA como parte de las actividades a ejecutar en el proyecto de la referencia, consisten en:

**Alternativa**

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR: 4.1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

Se recomienda el uso del geotextil NT1800 en la estructura de pavimento entre el suelo natural y material de mejoramiento con rajón, para evitar la contaminación entre capas y asegurar la estabilidad de la estructura.

TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura | |
|---|---|---|---|
| | | Descripción | Espesor (cm) |
| Rígido | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón ET 410-18 de forma puntual en un espesor de 90 cm. Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub-base granular. | Concreto Hidráulico | 16 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con rajón | 90 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

(*) Tener presente que en la actual etapa NO se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos.

De igual forma, se presenta el siguiente gráfico con la estructura de pavimento recomendada:

TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11006787)

| Descripción | Espesor (cm) |
|---|---|
| Concreto Hidráulico | 16 |
| Sub-base granular | 15 |
| Mejoramiento Rajón | 90 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Calle 30 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125851497 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

La estructura de pavimento recomendada es en flexible, en función de garantizar la distribución de esfuerzos y el empalme con los materiales presentes en cada segmento vial. La alternativa es pavimento rígido es viable des del punto de vista técnico, sin embargo, la modificación de rigidez de los materiales presentes en la zona puede generar un impacto negativo en la distribución de presiones, además, los costos asociados son muy superiores a la de pavimento flexible y las condiciones de carga no lo ameritan.
Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:

TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Suelos de mejorados |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

La revisión y propuesta se hace de acuerdo a lo presentando en el informe de pavimento del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se tuvieron en cuenta los parámetros geotécnicos, tránsito y consideraciones generales. Sin embargo, se presenta una alternativa de rodadura en concreto hidráulico que garantice la durabilidad y que cuenta con las siguientes ventajas:

- Permite simular adoquines, piedra natural, ladrillo, madera u otros acabados, mejorando notablemente el aspecto visual del entorno urbano o residencial.
- Al estar hecho de concreto hidráulico, soporta cargas vehiculares y condiciones climáticas extremas sin perder su forma ni integridad.
- No se deforma ni se hunde como otros pavimentos modulares; solo requiere limpieza periódica y, en algunos casos, reaplicación del sellador.
- Una vez vaciado el concreto, el estampado se realiza mientras el concreto aún está fresco, lo que ahorra tiempo frente a métodos tradicionales como adoquines o losas prefabricadas.
- Continuidad superficial: Al no tener juntas como los adoquines, evita el crecimiento de maleza y reduce los accidentes.
- Al tener textura superficial, ofrece buen desempeño antideslizante, tanto en zonas peatonales como en pasos vehiculares, incluso en condiciones húmedas.

- Aunque su instalación puede ser ligeramente más costosa que el concreto convencional, su vida útil y bajo costo de mantenimiento representan un ahorro a mediano y largo plazo.
- Puede adaptarse a parques, ciclovías, pasos peatonales, calles residenciales, andenes, glorietas, entre otros.

## 8.1. RECOMENDACIONES GENERALES

1. Mantenimiento posterior al servicio de la vía:

   – La intervención propuesta deberá estar acompañada de un mantenimiento rutinario al drenaje existente en la vía, el cual consistirá en la limpieza de las estructuras y revisión del estado de funcionamiento de las mismas.

   – A continuación, se presentan las actividades de mantenimiento rutinario y periódico a ejecutar según periodo de diseño:

Las actividades de mantenimiento rutinario y periódico se deberán realizar en función del área de deterioro teniendo en cuenta lo siguiente:

TABLA 10-4 CALENDARIO DE ACTUACIONES POR AÑO

| Calendario de actuaciones: Periodo de diseño: 10 años | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Año | Construccion | Fresado y sobre-capa de 5cm | Parcheo | Sello de fisuras. |
| Año - 0 | X | | | |
| Año - 1 | | | | |
| Año - 2 | | | | |
| Año - 3 | | | X | X |
| Año - 4 | | | | |
| Año - 5 | | | | |
| Año - 6 | | X | X | X |
| Año - 7 | | | | |
| Año - 8 | | | | |
| Año - 9 | | | X | X |

FUENTE. ELABORACION PROPIA



Calle 39 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

- ***Sello de grietas:*** Esta actividad consiste en la eventual conformación de las fisuras, su limpieza y la aplicación de un producto bituminoso sellante en caliente, cuyas características y cantidades dependen de la abertura de ellas, según lo establecido en el artículo 466 de las especificaciones generales de construcción de carreteras que rigen el contrato (INVIAS 2013, Resolución 1378 del 26 de mayo de 2014). Dicho tratamiento se debe realizar para fisuras de tipo longitudinal y/o transversal (no interconectadas) cuya abertura sea superior a 6mm. Para evitar el desprendimiento del sello, éste deberá quedar por debajo de la superficie de la fisura aproximadamente 5mm.

- ***Parcheo y Bacheo.*** El parcheo se define como la actividad que busca reemplazar en un área deteriorada (sin compromiso estructural) la carpeta asfáltica, mejorando la superficie y por ende el nivel de servicio ofrecido al usuario. El bacheo consiste en la intervención de áreas localizadas del pavimento deterioradas, abarcando las capas asfálticas y/o las granulares hasta lograr un apoyo firme. Estas actividades se encuentran en función del área deteriorada y el tipo de deterioro. La excavación a realizar para la reparación, deberá ceñirse a lo establecido en los artículos 460 y/o 465 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras (INVIAS 2013, Resolución 1378 del 26 de mayo de 2014).

  Para la ejecución de los trabajos correspondientes a Parcheo y Bacheo, se deberá tener en cuenta las recomendaciones establecidas en el Apéndice B.

  Para la ejecución de los trabajos correspondientes a Bacheo, se deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

  - El material granular a utilizar podrá ser de base o subbase granular, de acuerdo a lo que se encuentre en el área adyacente al Bache.
  - La demolición o fresado se realizará desde el interior del área afectada hacia los bordes, el fondo de la excavación deberá quedar nivelado, libre de residuos y proporcionar capacidad de soporte.
  - El espesor de material granular a restituir deberá ser al mismo al encontrado en el área adyacente al bache.
  - Todas las operaciones de aireación o humedecimiento del material se realizarán antes de su compactación, hasta llegar a la humedad óptima.
  - La extendida de los materiales granulares se realizará por medio de un equipo de enrazado manual. El extendido deberá ser realizado por capas con un espesor adecuado (en función del equipo utilizado) y uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación especificado.

- La compactación se efectuará de los bordes del bache hacia adentro.

- Sobre la superficie de la base del área afectada y en las paredes de la excavación se aplicará un riego asfáltico con emulsión de rompimiento lento, la cual deberá cumplir con lo establecido en las especificaciones generales de construcción de carreteras que rigen el contrato.

- El dimensionamiento mínimo para garantizar los procesos de compactación deberá ser de 1,10m de ancho y 2,20m de longitud.

- El corte se realizará perimetralmente, deberá tener las paredes verticales y el espesor homogéneo.

- La demolición se realizará desde el interior del área afectada hacia los bordes, el fondo de la excavación deberá quedar nivelado, libre de residuos y sin la presencia de fisuras, en el caso que la capa de soporte de la nueva capa sea asfáltica.

- Sobre la superficie de la base del área afectada y en las paredes de la excavación se aplicará un riego asfáltico con emulsión de rompimiento rápido, la cual deberá cumplir con lo establecido en las especificaciones generales de construcción de carreteras que rigen el contrato.

- Una vez la emulsión rompa, se procederá con la extendida y compactación de la mezcla asfáltica. La mezcla deberá extenderse de las orillas hacia el centro para evitar segregación y la compactación se efectuará de los bordes del parche hacia el centro del mismo.

VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA PLATAFORMA

Para el caso donde se presenten deformaciones plásticas (mayores a 1cm) ante una prueba de carga (como el paso de volqueta cargada en varios recorridos sobre la plataforma de trabajo), se realizarán mejoramientos puntuales en la subrasante con material tipo tolerable ART 230 INV 2013, resolución 1376 del 26 de mayo de 2014. La prueba de carga se puede hacer con cualquier elemento que cumpla las condiciones de seguridad en función de la sección de la excavación.

- En los sectores en donde existan hundimientos y fisuras severas (h≥20mm) se recomienda ante la existencia de árboles laterales, realizar un tratamiento particular, mediante la tala o restitución de las especies existentes.

## 11 PROCESO CONSTRUCTIVO

### RECOMENDACIONES GENERALES

Dado que los suelos naturales presentan valores de CBR inferiores a 3% se hace necesario estabilizar mecánicamente la subrasante con un material tipo "rajón".

Una vez finalizada la excavación y alcanzado el suelo de subrasante, el material del cuerpo del mejoramiento se colocará en capas sensiblemente paralelas a la superficie de la explanación, de espesor uniforme y lo suficientemente reducido, para que, con los medios disponibles, los vacíos entre los fragmentos más grandes se llenen con las partículas más pequeñas del mismo material, de modo que se obtenga el nivel de densificación deseado.

El rajón, éste se colocará directamente sobre la subrasante, evitando su vertido desde alturas mayores a dos metros (2.0 m), con el fin de reducir su segregación. Deberá extenderse con procedimientos manuales ó con equipos livianos debido a las condiciones de la subrasante. Su compactación podrá realizarse con pasadas de buldózer o retroexcavadora, de manera que las puntas del rajón penetren parcialmente en el terreno natural. Posteriormente se realizará la instalación del sello de rajón, el cual puede componerse de un material tipo SBG_C, el conjunto de rajón y sello de 10 cm conformarán el total de espesor de mejoramiento.

La construcción de la capa de rajón deberá adelantarse siguiendo los lineamientos establecidos en la Sección 321-11 de las Especificaciones Técnicas

### INSTALACIÓN DE CAPAS DE BASE Y SUBBASE GRANULAR

La instalación de las capas de base y subbase granular se realizarán cuando la superficie sobre la cual quedarán apoyadas presente la calidad, densidad, cotas y secciones indicadas dentro de los documentos del proyecto, previamente deberá estar concluido todo lo relacionado con los sistemas de drenaje recomendados de acuerdo con el Estudio y Diseño de Redes.

La superficie donde se dispondrá el material se deberá encontrar suficientemente seca y compacta para evitar que se produzcan ahuellamientos o desplazamientos en ella. El material se extenderá en todo el ancho previsto, en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

La cantidad de material extendido será tal, que el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos (2) ó más capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). En este caso, se aplicarán para cada capa los procedimientos de ejecución y control acá descritos. El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes.

Una vez que el material de la capa granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo adecuado, hasta alcanzar la densidad especificada.

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo aprobado y/o que normalmente se utiliza, se podrán compactar por otros medios adecuados, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

Una vez terminada la compactación, el Constructor perfilará la superficie de la capa granular, ajustándola a los perfiles longitudinales y transversales del proyecto..

## INSTALACIÓN DE CAPAS DE CONCRETO HIDRÁULICO

El proceso constructivo para pavimento en concreto hidráulico inicia con la limpieza y nivelación del terreno, seguida de la compactación de la rasante. Posteriormente, se coloca y compacta la subbase y, la base hidráulica. Se instalan las formaletas laterales o guías de nivel, y se procede a colocar el refuerzo de acero. El concreto es vaciado, extendido y vibrado para garantizar su adecuada consolidación, luego se alisa y texturiza la superficie según el acabado requerido. Una vez terminado, se realizan los cortes de juntas de contracción y construcción, y se aplica el curado mediante compuestos químicos o métodos húmedos por un mínimo de siete días. Finalmente, se inspecciona la calidad de la obra y se permite el tránsito vehicular/peatonal de acuerdo con los tiempos de fraguado y resistencia establecidos en el diseño.

## 12 FUENTES DE CONSULTA


- INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO-IDU. ANEXO TÉCNICO DE DIAGNÓSTICO PARA CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL PARA BOGOTÁ. Versión 5.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS AASHTO. Guitte for design of pavement structures. Washington:: AASHTO, 1993
- Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción del Innstituto Necional De Vias – 2013.
- Normas de ensayos de materiales INVIAS-2013, Resolución 1378 del 26 de mayo de 2014.
- Shell International Petroleum Company Limited. Addendum to the Shell Pavement Design Manual. London, 1985
- Yang H. Huang: Pavement Analysis and Design. Second Edition. Pearson Prentice Hall. UnitedStates of America. 2004
- HIGUERA SANDOVAL, CARLOS HERNANDO. Nociones sobre métodos de diseño de pavimentos para carreteras, UPTC, Tunja, 2008.
- IDU, INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO. Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción, para proyectos de infraestructura vial y de espacio público, para Bogotá D.C. 2019.




Calle 86 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3126661467 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

**DISENO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA**
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**
**Software : BS-PCA**

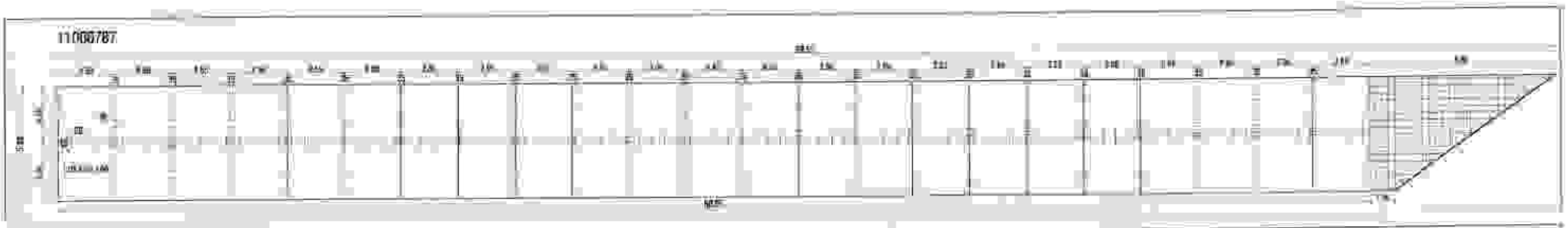
Datos :

Resistencia K del Apoyo : 124 PCI (lb/pulg3)
Espesor Losa : 160 mm
Modulo de Rotura : 42 Kg/cm2
Bermas : NO
Pasadores : SI
Factor de Seguridad Cargas : 1
Factor de Mayoración Repeticiones : 1

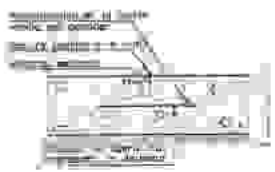
Resultados :

| Carga Tn | Carga FS kN | Repeticiones Esperadas | Repeticiones Admisib_Fatiga | Consumo Fatiga % | Repeticiones Admisi_Erosion | Consumo Erosion % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **TES SIMPLES** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| 6,00 | 58,80 | 776.134 | 4.858.016 | 15,98 | 20.182.479 | 3,85 |
| **EJES TANDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| **EJES TRIDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| | | | Total : | 15,98 | | 3,85 |

11000787

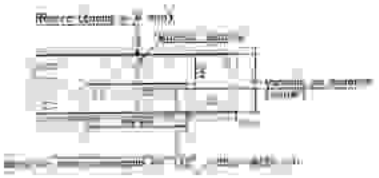


DETALLE No. 1



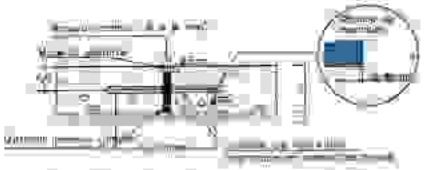
DETALLE DE JUNTA TRANSVERSAL
CON PASADORES

DETALLE No. 2

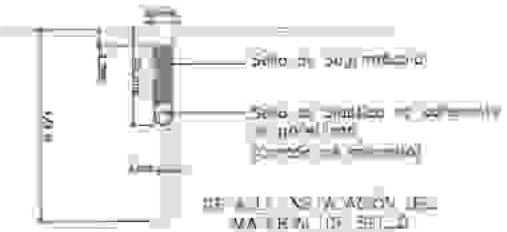


DETALLE DE JUNTA LONGITUDINAL
CON BARRAS DE AMARRE

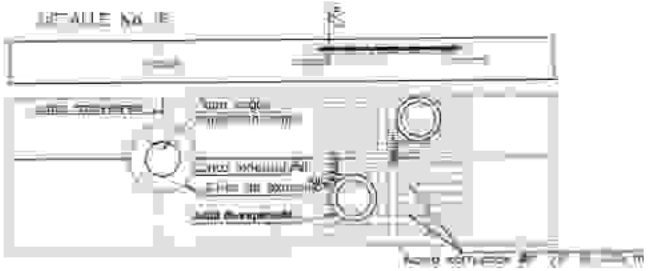
DETALLE No. 3



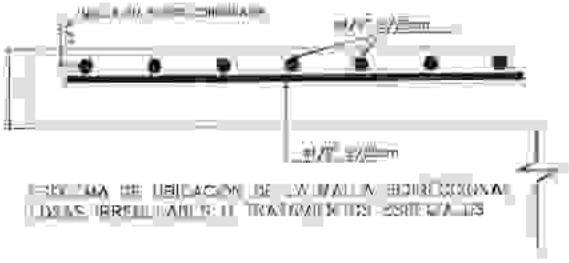
DETALLE No. 4



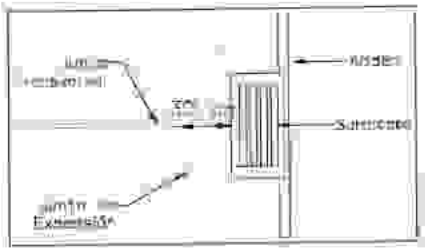
DETALLE No. 5



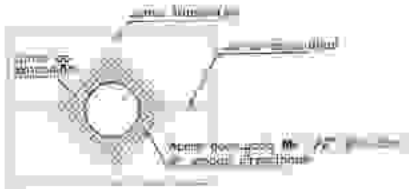
DETALLE No. 6

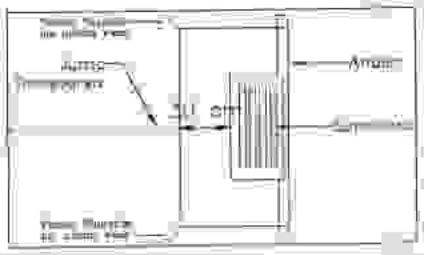


DETALLE No. 7



DETALLE No. 8





# CONSORCIO SUBA MT

NIT. 901902678-2

COP 1013-2024-LP (119224)

**CONSORCIO SUBA MT**
**GRUPO 3**

**REVISION Y AJUSTE A DISEÑO DE PAVIMENTOS DEL CONTRATO DE CONSULTORIA 345 DE 2018**

**OBJETO DEL CONTRATO: EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO (GRUPO 1) EN LA LOCALIDAD DE SUBA EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO**

**CIV 11003796**

**SEGMENTO VIAL SOBRE LA CARRERA 150D ENTRE LA CALLE 132D Y CALLE 133**

**BOGOTÁ D.C, JUNIO DE 2025**

Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

## CONTROL DE DOCUMENTOS

| ESTADO REVISIÓN Y APROBACIÓN | NOMBRE | CARGO | FIRMA | FECHA |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **POR EL CONTRATISTA DE OBRA** | | | | |
| Realizo | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | MAO SEBASTIAN BERMEO | | JUNIO 2025 |
| **POR LA INTERVENTORIA DE OBRA** | | | | |
| V°. B°. INTERVENTORÍA | ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS | | | JUNIO 2025 |

**MODIFICACIONES**

| FECHA | VERSIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN |
| --- | --- | --- |
| 04-06-2025 | 00 | Versión Inicial N° 00 |

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 7

1. OBJETIVOS Y ALCANCE 8

1.1. OBJETIVOS GENERALES 8
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8
1.3. ALCANCE 8

2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA 10

2.1. LOCALIZACIÓN 10
2.2. CLIMA 11

3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO 12

3.1. PCA 12
3.2. AASHTO 13
3.2.1. SUBRASANTE 13
3.2.2. TRANSITO 14
3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA 14
3.2.4. SERVICIABILIDAD 14
3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD 14
3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 15
3.2.7. CONFIABILIDAD 16
3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J): 16

4. ESTUDIOS PREVIOS 17

4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA 17
4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO 17
4.3. TRANSITO 18
4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO 19
4.5. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO CONTRÁCTILES 20
4.6. CONCLUSIONES 20

5. ESTUDIO DE TRANSITO 22

6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 26

6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO 26
6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN: 26
6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 27
6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO 29
6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD 29
6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE 29
6.1.3. CONFIABILIDAD 29
6.1.2 MÓDULO RESILIENTE 30
6.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO 33
ALTERNATIVA PCA (CIV11003796): 34
ALTERNATIVA AASHTO (CIV11003796): 35

6 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO 40

9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR 42

7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES 44

• CONCRETO HIDRÁULICO 44

• MATERIALES GRANULARES: 44

• MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE 44

8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES 45

9 ANÁLISIS DE RIESGOS 50

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 52

11 PROCESO CONSTRUCTIVO 57

12 FUENTES DE CONSULTA 59

## LISTADO DE TABLAS

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO ..... 10
TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE ..... 13

TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA 13
TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA ..... 14
TABLA 3-4 ÍNDICE DE SEVICIABILIDAD ..... 15
TABLA 3-5 VALORES DE CD RECOMENDADOS ..... 15
TABLA 3-6 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 16
TABLA 4-1CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANÁLISIS ..... 17
TABLA 4-2 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUÍA – GRUPO DE DISEÑO 2 ..... 18
TABLA 4-3 NUMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V9 – GRUPO 1 - GUÍA BAJOS VOLÚMENES IDU ..... 19
TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR ..... 20
TABLA 5-1 TRÁNSITO DE DISEÑO ..... 22
TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142 ..... 22
TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO ..... 23
TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS ..... 23
TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS NO. 1 ..... 24
TABLA 5-6 TRANSITO BAJO ANÁLISIS NO, 2 ..... 24
TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 27
TABLA 6-2 VALORES DE CD RECOMENDADOS ..... 29
TABLA 6-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO ..... 30
Tabla 6-4 Análisis de CBR (%) ..... 31
TABLA 6-5 MODULO RESILIENTE ..... 31
Tabla 6-6 Análisis de CBR (%) ..... 32
Tabla 6-7 Valores de K conjunto a partir del capas granulares ..... 34
TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA ..... 34
TABLA 6-9 ALTERNATIVA AASHTO ..... 35
TABLA 6-10 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 36
TABLA 6-11 PASADORES SEGÚN PCA ..... 38
TABLA 6-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA ..... 38
TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA ..... 39
TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR ..... 40
TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR ..... 40
TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 42
TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES ..... 43
TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES ..... 45
TABLA 8-2 ZODMES ..... 47
TABLA 9-1 RESUMEN DE RIESGOS DEL PROYECTO ..... 50
TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO ..... 52
TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11003796) ..... 52
TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO ..... 53

TABLA 10-4 CALENDARIO DE ACTUACIONES POR AÑO ..... 54

## LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO ..... 10
FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TÉRMINOS DE PSI. ..... 12
FIGURA 4-1 UBICACIÓN DE SEGMENTO DE ACUERDO AL CORREDOR ..... 18
FIGURA 4-2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11003796 ..... 19
FIGURA 4-3 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO ..... 20

## LISTADO DE ANEXOS

**ANEXO 1.** INFORME PREVIO - contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA.

**ANEXO 2.** PLAN DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS.

**ANEXO 3.** MEMORIAS DE CALCULO.

## INTRODUCCIÓN

Se elabora un estudio para la EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE segmento vial CIV 11003796 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

Con el fin de obtener un diagnóstico del corredor, se tiene en cuenta estudios previos en el sector en donde se ejecutó el estudio geotécnico mediante la ejecución de apiques asociado a la evaluación del tránsito, en términos de ejes equivalentes de 80kN.

A partir de la evaluación geotécnica del tramo objeto de estudio realizado por el Consorcio Gevial en el año 2020 bajo el contrato ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL LOCAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA - FDLS-345-2018, se plantean las intervenciones a nivel de pavimentos para los segmentos viales en la localidad de Suba de la ciudad de Bogotá D.C., tomando en consideración las variables que se establecen en la metodología del anexo técnico, caracterizando el perfil estratigráfico por medio de la ejecución de apiques, las cuales son insumo para el diseño de pavimentos, tales como: CBR de la subrasante y el tránsito de diseño evaluado a un periodo de diseño a 10 años. Además de los parámetros implícitos en la metodología de diseño de pavimentos a emplear AASHTO/93.

# 1. OBJETIVOS Y ALCANCE

## 1.1. OBJETIVOS GENERALES

Plantear una propuesta integral de intervención de Pavimento para el segmento vial CIV 11003796 en la localidad de Suba – Bogotá D.C.

## 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, la evaluación geotécnica de las capas que componen la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio.

A partir el uso de herramientas computacionales modelar las estructuras propuestas mediante la metodología AASHTO/93 y con el programa UNALOSA, conocer los esfuerzos y deformaciones actuantes en las estructuras diseñadas.

Plantear recomendaciones generales en cuanto a la conformación de una adecuada plataforma de trabajo, con el fin de garantizar el correcto desempeño de la estructura de pavimento propuesta.

Evaluar estrategias de mantenimiento para garantizar un adecuado comportamiento estructural del pavimento en servicio.

## 1.3. ALCANCE

Por medio del actual informe técnico es presentado el diseño de pavimentos, para el segmento vial CIV 11003796 sobre la Carrera 150D entre la Calle 132D y Calle 133, de la localidad de Suba en la ciudad de Bogotá D.C.

Los capítulos que se incluyen en el presente informe son:

2. Descripción de la Metodología.
3. Metodología de estudio.
4. Trabajos de Campo.
   - ✓ Evaluación geotécnica del tramo de estudio.
5. Estudio de Tránsito.
6. Diseño de la Estructura de Pavimentos.
7. Secciones Transversales.

8. Caracterización de materiales.
9. Conclusiones y Recomendaciones.

Se plantearán las intervenciones necesarias a nivel de pavimento.

# 2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

El presente informe se desarrolla como parte de la ejecución del contrato cuyo objeto corresponde al DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE EL SEGMENTO VIAL CIV 11003796 – LOCALIDAD DE SUBA – BOGOTÁ D.C.

## 2.1. LOCALIZACIÓN

El segmento vial CIV 11003796 de la localidad de Suba se encuentra en Bogotá D.C. A continuación, se presenta la localización del sitio objeto de estudio:

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO



FUENTE: GOOGLE.COM

A continuación, se presentan los segmentos a intervenir:

TABLA 2-1 UBICACIÓN DEL SEGMENTO CIV DEL OBJETO DE ESTUDIO

| CIV | Ubicación |
|---|---|
| 11003796 | Carrera 150D entre la Calle 132D y Calle 133 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

## 2.2. CLIMA

Bogotá D.C. tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C. son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)1.

| | | |
|---|---|---|
| Temperatura promedio | = | 20 °C |
| Precipitación media anual | = | 1258 mm/año |

[1]ESTACION IDEAM 2120922- UNIVERSIDAD NACIONAL

# 3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

## 3.1. PCA

La metodología relacionada a continuación corresponde al tramo vial objeto de estudio, resaltando como objetivo principal la definición de las estrategias de intervención a nivel de pavimento.

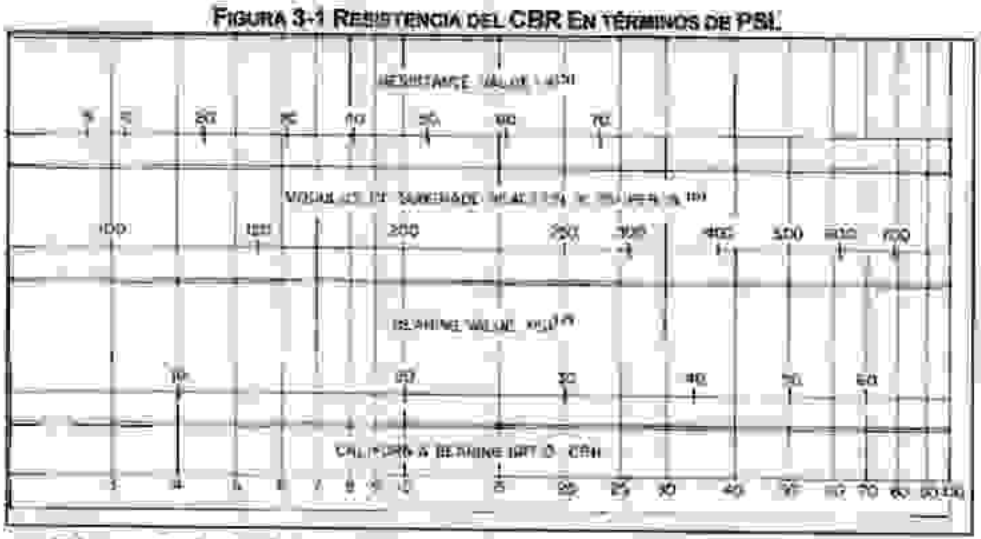
En general se considera que la intervención característica a realizar será la de diseño de la estructura del pavimento.

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga. 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.

FIGURA 3-1 RESISTENCIA DEL CBR EN TÉRMINOS DE PSI.



Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

TABLA 3-1 EFECTOS DE SUB-BASE EN EL APORTE A LA SUBRASANTE

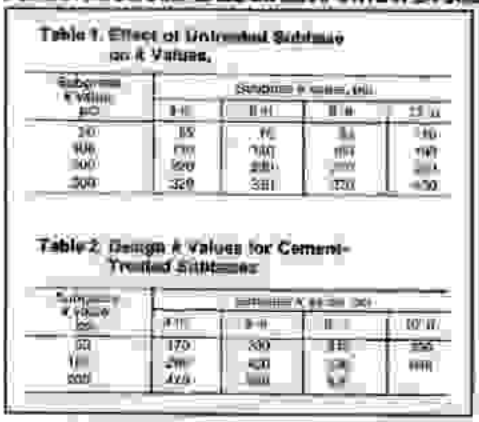


**Table 1. Effect of Untreated Subbase on *k* Values.**

| Subgrade *k* Value, pci | Subbase *k* value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 9 in. | 12 in. |
| 50 | 65 | 75 | 85 | 110 |
| 100 | 130 | 140 | 160 | 190 |
| 200 | 220 | 230 | 250 | 290 |
| 300 | 320 | 330 | 350 | 400 |

**Table 2. Design *k* Values for Cement-Treated Subbases**

| Subgrade *k* Value, pci | Subbase *k* value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 9 in. | 12 in. |
| 50 | 170 | 230 | 310 | 400 |
| 100 | 290 | 420 | 580 | 760 |
| 200 | 470 | 660 | 920 | 1210 |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

## 3.2. AASHTO

A continuación, se describe las variables que se consideran en el método AASHTO:

### 3.2.1. SUBRASANTE

Caracterizada a través del módulo de reacción de la subrasante K (en pci). Si la losa se apoya directamente sobre la subrasante, el K que se utiliza en el diseño es aquel que se obtenga de la subrasante. Sin embargo, cuando la losa se apoya sobre una capa granular de subbase o base o sobre un material estabilizado con cementante hidráulico, el K de manera obvia incrementa.

TABLA 3-2 VALORES DE K CUANDO SE APOYA SOBRE UNA CAPA GRANULAR O UNA CAPA ESTABILIZADA

| *k* subrasante | | Valores de *k* | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Capa granular no tratada | | | | | | | |
| | | 10 cm | | 15 cm | | 22.5 cm | | 30 cm | |
| MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci |
| 20 | 74 | 33 | 85 | 38 | 98 | 52 | 177 | 98 | 140 |
| 40 | 147 | 35 | 165 | 49 | 180 | 67 | 210 | 80 | 200 |
| 60 | 220 | 64 | 235 | 80 | 295 | 76 | 280 | 90 | 330 |
| 80 | 295 | 97 | 370 | 90 | 330 | 100 | 370 | 117 | 430 |
| *k* subrasante | | Capa estabilizada con cementante hidráulico | | | | | | | |
| MPa/m | pci | 10 cm | | 15 cm | | 20 cm | | 25 cm | |
| 30 | 43 | 80 | 220 | 80 | 300 | 104 | 400 | 135 | 507 |
| 60 | 147 | 100 | 370 | 130 | 500 | 135 | 480 | 230 | 850 |
| 80 | 220 | 140 | 535 | 190 | 700 | 245 | 900 | | |

Fuente. AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.2. TRANSITO

Esta variable es difícil de establecer y caracterizar ya que los vehículos que circulan por una vía presentan diferentes magnitudes, configuraciones de ejes, presiones de inflado, velocidad de circulación y número de llantas. Por lo general se caracteriza a través del número de ejes equivalentes de 8.2 o 13 toneladas que circulan en el carril y el periodo de diseño (N) 2.

### 3.2.3. PROPIEDADES DE LA LOSA

Los parámetros mecánicos con los cuales se caracteriza la losa de concreto son el módulo elástico Ec y el de rotura MR en psi, medidos a los 28 días.

### 3.2.4. SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Índice de serviciabilidad (ΔPSI=Po -Pf). Valores recomendados para determinar el valor de Pf para pavimento rígido se presentan en la tabla:

TABLA 3-3 PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA

| Tipo de Carretera | Período de Diseño (Años) |
|---|---|
| Urbana de tránsito elevado. | 30 – 50 |
| Interurbana de tránsito elevado | 20 – 50 |
| Pavimentada de baja intensidad de tránsito | 15 – 25 |
| De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava | 10 – 20 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Inicialmente esta condición se cuantificó a través de la opinión de los conductores, cuyas respuestas se tabulaban en la escala de 5 a 1:

[3] Pavimentos: materiales, Hugo Ramon

TABLA 3-4 ÍNDICE DE SEVICIABILIDAD

| Índice de Serviciabilidad (PSI) | Calificación |
|---|---|
| 5 – 4 | Muy buena |
| 4 – 3 | Buena |
| 3 – 2 | Regular |
| 2 – 1 | Mala |
| 1 – 0 | Muy mala |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final. El índice de servicio inicial po depende del diseño y de la calidad de la construcción. En los pavimentos flexibles estudiados por la AASHTO, el pavimento nuevo alcanzó un valor medio de po = 4,2.

### 3.2.6. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

TABLA 3-5 VALORES DE CD RECOMENDADOS

| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento esta expuesta a grados de humedad próxima a la saturacion | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 – 5% | 5 – 25% | Más de 25% |
| Excelente | 1.25 – 1.20 | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 – 1.15 | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 – 1.10 | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 – 1.00 | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 |
| Muy malo | 1.00 – 0.90 | 0.90 – 0.80 | 0.80 – 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.7. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla:

**TABLA 3-6 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO**

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R (%) | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Colectoras | 80.0 – 95.0 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R (%) | 50 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 98 | 99.99 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zr | 0.000 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -2.054 | -3.750 |

| Proyecto de pavimento | S |
|---|---|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapas | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 3.2.8. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J):

Es un parámetro adimensional que tiene en cuenta la capacidad que tienen los pasadores en una estructura de pavimento rígido de transferir o distribuir cargas en la zona más propensa a fallar (juntas). Este parámetro adicionalmente tiene en cuenta el efecto que genera sobre las juntas y sobre la transferencia de carga el confinamiento lateral de la losa.

Para juntas con pasadores, el valor recomendado de J es 2.7 y 3.2, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente. Para juntas sin pasadores, los valores de J pueden llegar a aumentar hasta 4.2 y 4.4, si la losa se encuentra confinada y no confinada respectivamente.

El espesor de la losa de concreto (D, en pulgadas) que compone la estructura del pavimento rígido se determina a través de la ecuación:





Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

# 4. ESTUDIOS PREVIOS

Efectuar, mediante la revisión del Informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta la evaluación geotécnica de la estructura existente, con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales presentes en la zona objeto de estudio. A continuación, se presenta lo relacionado:

## 4.1. EVALUACIÓN GEOTECNICA

La subrasante del corredor, está conformado por arcilla de baja compresibilidad CL.

Las arcillas de baja plasticidad CL se evidencian como materiales plásticos, con porcentaje de pasa 200% de 96.6% y porcentaje de arena de 6.40%. El CBR de este material en condiciones de inmersión es de 1.2% con potencial expansivo.

Como es común en los suelos de esta localidad es necesario la estabilización y/o mejoramiento del mismo, esto, con el fin de tener una capacidad de soporte adecuada para la estructura del pavimento y el tránsito proyectado, dado que el **CBR promedio y de diseño es 1.58%**; es decir, se evidencia un material de una capacidad baja. Las propiedades anteriormente descritas se pueden evidenciar en la siguiente tabla:

TABLA 4-1CBR INALTERADO Y PROPIEDADES DEL SEGMENTO OBJETO DE ANÁLISIS

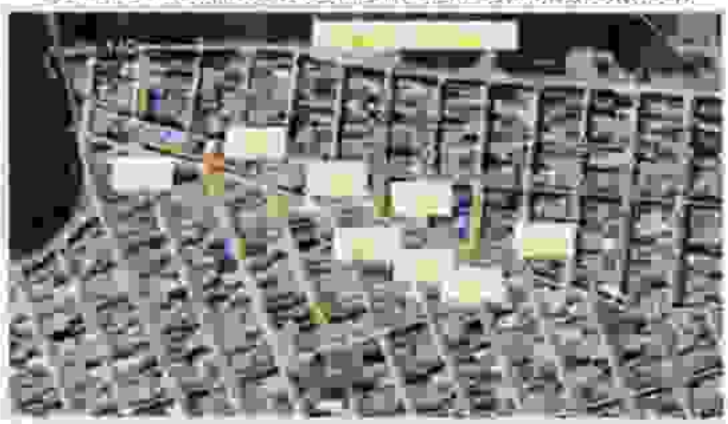


FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA

## 4.2. SECTORIZACIÓN DE PROYECTO

Los corredores de diseño 3 se encuentran conformados cada uno por dos segmentos viales. Por su parte, el corredor 3 se compone de cinco (5) segmentos viales, mientras que los corredores 4, 5, 6 y 7 por tres (3) CIVs respectivamente y, finalmente el corredor 8 por cuatro (4) segmentos, según se muestra a continuación.

FIGURA 4-1 UBICACIÓN DE SEGMENTO DE ACUERDO AL CORREDOR



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FORMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

**Grupo 3:** Localizado en la Carrera 150D entre la Calle 132d y Calle 133 y se encuentra conformado por el segmento vial 11003796.

## 4.3. TRANSITO

Del informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 3, el cual en su gran mayoría son vías peatonales (V9) es menor, en términos de ejes equivalentes de 8.2 T, al mínimo indicado por la Guía de diseño pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías Locales para Bogotá D.C, por lo tanto se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 615.000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 4-2 NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS A 10 AÑOS SEGÚN GUÍA – GRUPO DE DISEÑO 2

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 11003796 | CRA 150D | CLL 132 D | CLL 133 | V-9E | 8.15E+05 |
| 11003777 | CRA 149 C | CLL 132 A | CLL 132 D | V-9E | 8.15E+05 |
| 11003830 | CRA 148 A | CLL 134 A | CLL 131 | V-9 | 8.15E+05 |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO

Del Informe de "Estudio de Tránsito V2 – Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 3:

TABLA 4-3 NUMERO DE DISEÑO DE SEGMENTOS VIALES TIPO V3 – GRUPO 1 - GUIA BAJOS VOLUMENES IDU



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor:

FIGURA 4-2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CIV11003796



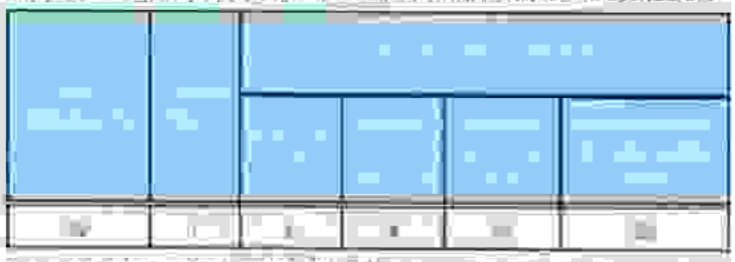

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

A continuación, se presenta la estructura de pavimento vial propuesta para este corredor:

TABLA 4-4 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ANDENES – CORREDOR



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.5. TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSO CONTRÁCTILES

Si bien en los capítulos anteriores se presentaron las zonas en las cuales se detectó la presencia de suelos con susceptibilidad contracto expansiva, es necesario que durante la etapa de construcción de las obras se evalúe de forma constante y permanente la calidad y tipología de los suelos de Subrasante con el objetivo de detectar zonas adicionales con presencia de suelos expansivos, ya que de darse esta situación deberá darse, también, el tratamiento que se indica en el presente capítulo.

- Construir la estructura de pavimento definida en los estudios, contemplando el material de mejoramiento correspondiente.

FIGURA 4-3 TRATAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVO



FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

## 4.6. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" se presentan las siguientes conclusiones:



Calle 36 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

- La gran mayoría de las vías de este grupo de diseño son vías V9 las cuales son peatonales, lo que implica un diseño tendiente a pavimento articulado por el menor costo que esta alternativa representa. Por su parte, en las vías vehiculares se propone una estructura de pavimento flexible convencional.
- Se llevaron a cabo apiques o calicatas en cada CIV de diseño de donde se obtiene el perfil estratigráfico y se tomaron muestras para la caracterización principalmente de los suelos de subrasante. Los ensayos que se realizaron corresponden a humedad natural, gradación, límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico), eventualmente ensayos de límites de contracción y CBR´s inalterado de la subrasante.
- De acuerdo con los resultados de la información geotécnica, apiques y ensayos de laboratorio, los suelos de subrasante son muy pobres y de muy baja capacidad de soporte y además en algunos casos los suelos han presentado características expanso contráctil dado por la expansión en ensayos de CBR y límites de contracción.
- Existe una perfecta correlación entre la Geología Regional del sector específico de Suba y las condiciones de subrasante obtenidas de la caracterización de la subrasante.
- El dimensionamiento de las estructuras de pavimento corresponde al diseño con el CBR en condiciones saturadas que a pesar de que es la condición más crítica, esta situación se evidencia por la cercanía al río Bogotá.
- Se plantean dos (2) alternativas de diseño enfocadas en el tipo de estabilización de la subrasante, pero sin cambiar la tipología de las estructuras, lo que se da en beneficio directo del proyecto.
- El dimensionamiento de las estructuras de pavimento se llevó a cabo bajo la metodología de la Guía de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C., para el caso de vías en pavimento articulado y la metodología AASHTO-93 para el dimensionamiento de las estructuras en pavimento flexible.



Calle 38 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

## 5. ESTUDIO DE TRANSITO

Efectuar, mediante la revisión del informe de pavimentos del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta el tránsito para el segmento vial CIV 11003796:

Del informe de "Estudio de Tránsito V2" realizado para el proyecto, se extracta que el tránsito de diseño del Grupo 2, se adopta el menor valor dado por tal Guía de diseño, el cual corresponde a 615.000 ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se presenta una tabla resumen con las asignaciones de tráfico para el grupo de diseño:

TABLA 5-1 TRÁNSITO DE DISEÑO

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| [illegible] | CRA 150 C | CLL 150 C | CLL 142 | V-NE | [illegible] |
| [illegible] | CRA 149 C | CLL 150 A | CLL 139 BIS | V-NE | [illegible] |
| [illegible] | CRA 148 A | CLL 134 A | CLL 137 | V-S | [illegible] |
| [illegible] | CRA 148 B | CLL 132 B | CLL 133 | V-SE | [illegible] |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

### Análisis 1:

De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un conteo que se relaciona con la estación No. 2, ubicada en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 142 hasta la Calle 139 y se reporteron los siguientes resultados:

TABLA 5-2 VOLÚMENES VEHICULARES SENTIDO SUR – NORTE CARRERA 143 BIS CON CALLE 139 HASTA LA CALLE 142

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [illegible] | | | | | | | | | | | | |
| [illegible] | | | | | | | | | | | | |
| [illegible] | | | | | | | | | | | | |
| Total general | 6577 | 678 | 241 | 9 | 443 | 484 | 67 | 17 | 47 | 2735 | 2793 | |

FUENTE: CONTRATO FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA"

Teniendo en cuenta que el tránsito de estudio previos obedece a 650.000 ejes equivalentes de 8.2, se presenta la siguiente equivalencia para estimar el tránsito en repeticiones esperadas por tipo de vehículo, es necesario aplicar factores de equivalencia de carga (FEC) específicos para cada vehículo. Estos factores reflejan el daño relativo que cada tipo de vehículo genera al pavimento en comparación con un eje estándar de 8.2 toneladas. A continuación, se presenta la siguiente estimación de composición vehicular:

**TABLA 5-3 FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO**

| | |
|---|---|
| Autos | 0 |
| Microbuses | 0,4 |
| Buseta | 0,4 |
| Bus intermunicipales | 1,0 |
| C2P | 1,14 |
| C2G | 3,44 |
| C3>C4 | 3,76 |
| C5 | 4,4 |
| >C5 | 4,22 |

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRANSITO COLOMBIA.

Teniendo en cuenta la tabla anterior, se utilizan los FEC por cada vehículo y se obtienen los siguientes resultados:

**TABLA 5-4 REPETICIONES ESPERADAS**

| Tipo | Cantidad | FEC estimado | Repeticiones equivalentes |
|---|---|---|---|
| Automóvil | 2026 | 0 | 0 |
| Microbús | 235 | 0,4 | 94 |
| Buseta | 110 | 0,4 | 44 |
| Bus Inter | 2 | 1 | 2 |
| C2P | 215 | 1,14 | 245,1 |
| C2G | 151 | 3,44 | 519,44 |
| C3 | 5 | 3,76 | 18,8 |
| C3-S2 | 0 | 3,76 | 0 |
| C3-S3 | 29 | 3,76 | 109,04 |
| Moto | 943 | 0 | 0 |
| Bicicleta | 882 | 0 | 0 |
| **Total Repeticiones Día** | | | 1032,38 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Con una proyección de periodo de diseño se tiene para 20 años, crecimiento del tráfico anual del 3%, y 365 días al año.

Se usa esta fórmula para estimar las repeticiones acumuladas:

$$N = EPS_{diseño} \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

N=10.125.259 repeticiones equivalentes de 8.2 toneladas.

El valor estimado de repeticiones acumuladas a 20 años se derivó del aforo vehicular realizado el miércoles 19 de noviembre de 2019 en la intersección de la Carrera 143 Bis con Calle 139, correspondiente a la estación No. 2 del estudio de tránsito. Para el diseño de la estructura de pavimento del segmento CIV 11003796, y con el fin de evitar una sobredimensión innecesaria, se adopta un enfoque de diseño conservador pero seguro, basado en datos reales. En consecuencia, se considera únicamente el 8% del volumen total registrado en dicho aforo, dado que los datos corresponden a una intersección con un flujo vehicular elevado en comparación con el tramo objeto de análisis. Esta proporción se justifica por la necesidad de ajustar el diseño a condiciones operativas más representativas del segmento vial intervenido, manteniendo al mismo tiempo un margen de seguridad estructural.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se presenta la siguiente tabla resumen con las repeticiones estimadas:

TABLA 5-5 REPETICIONES ESTIMADAS PARA EL PROYECTO – ANÁLISIS NO. 1

| Peso (toneladas) | Repeticiones |
|---|---|
| 8.2 | 810.020 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

## Análisis 2:

De igual forma, en el informe de tránsito del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se presenta un tránsito 650.000 ejes equivalentes de 8.2 para la estimación que se hizo en el informe del año 2019. A continuación, se presenta el análisis a considerar.

TABLA 5-6 TRANSITO BAJO ANÁLISIS NO. 2

| Tasa de crecimiento: 3% | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Año 2019 | Año 2020 | Año 2021 | Año 2022 | Año 2023 | Año 2024 | Año 2025 |
| 650000 | 669500 | 689585 | 710273 | 731581 | 753528 | 776134 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La tabla presentada se construyó a partir de las estimaciones de tránsito reportadas en los estudios previos del componente de tránsito correspondientes al año 2019. No obstante, considerando que el año base para el análisis es 2025, se realizó una proyección del volumen de tránsito aplicando una tasa de crecimiento anual del 3% (informe de tránsito



Calle 38 # 3-41 Apto 1503
Bogotá D.C. – Colombia Tels.: 3125861487 – 3115850207
consorciosubamt@gmail.com

de: FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA). Esta proyección tiene como objetivo establecer un criterio de diseño bajo condiciones conservadoras y seguras, sin incurrir en una sobredimensión innecesaria de la estructura del pavimento.

Finalmente, es importante resaltar que el presente análisis se basa en los estudios previos desarrollados en el marco del contrato No. 345-2018, específicamente en la información contenida en el estudio de tránsito elaborado en dicha consultoría. Con fundamento en estos antecedentes y considerando los datos de volúmenes vehiculares y composición del tráfico reportados, se proyecta un valor de tránsito acumulado de **776.134 vehículos equivalentes** para el horizonte de diseño. Este valor constituye la base para el dimensionamiento estructural, en concordancia con los lineamientos técnicos establecidos en las metodologías de diseño vial vigente.

# 6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

En el desarrollo del presente estudio se diseñará la alternativa de diseño:

- Pavimento rígido mediante el método de la Portland Cement Association PCA 84.
- Pavimento rígido mediante el método AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

## 6.1 ALTERNATIVA – PAVIMENTO RÍGIDO

Al presentar una propuesta de diseño del pavimento, es necesario considerar tres variables fundamentales, como lo son: la exploración geotécnica (determinar las características del perfil estratigráfico existente), la evaluación estructural del pavimento (evaluación del deterioro superficial), diseño geométrico (rasante) y las cargas de tránsito proyectadas en el periodo de intervención.

Como fue indicado en el Alcance del documento, este informe busca definir la propuesta de intervención a nivel de pavimento para el CIV11003796.

- **MATERIALES**

Los materiales deberán cumplir con las especificaciones IDU-18, resolución 010910 del 27 de diciembre de 2019 de la siguiente manera:

- Capas de concreto hidráulico. IDU-800-18.
- Capas de material granular. IDU-500-18.
- Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales. IDU-410-18.

### 6.1.1 PROPUESTAS DE CONSTRUCCIÓN:

**Alternativa**

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR: 4,1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

(*) Tener presente que en la actual etapa **NO** se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos.

TABLA 6-1 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Tramo de Estudio | Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) |
|---|---|---|
| CIV11003796 | Rígido | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rejón en un espesor 30 cm. incluye sello de 10 cm de material granular. |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **CLIMA Y TEMPERATURA**

Bogotá D.C. tiene clima húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 C, son consultados en los calendarios meteorológicos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)3.

Temperatura promedio = 20 °C
Precipitación media anual = 1258 mm/año

### 6.1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO

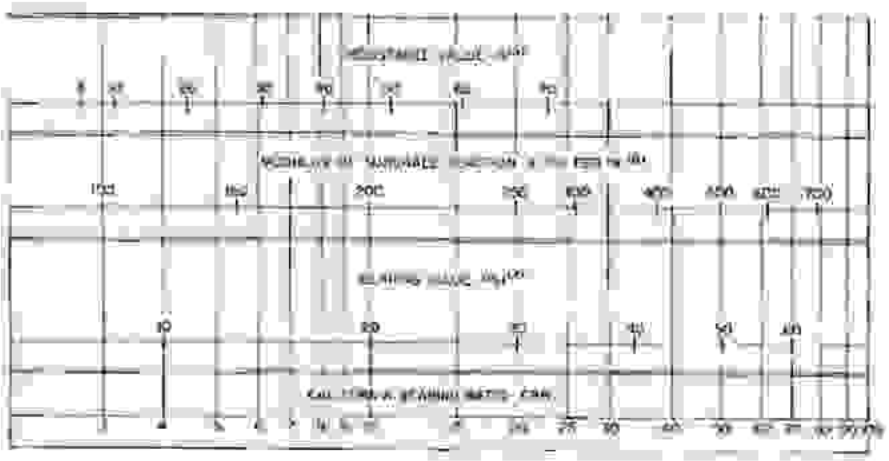
Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Periodo de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga

[3] ESTACION IDEAM 2120522 - UNIVERSIDAD NACIONAL

- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

El Módulo de Reacción de la Subrasante se obtiene mediante el valor de CBR y el módulo combinado por medio de la interpolación de las tablas del método PCA-84.



Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

**Table 1. Effect of Untreated Subbase on *k* Values.**

| Subgrade *k* value, pci | Subbase *k* value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 9 in. | 12 in. |
| 50 | 65 | 75 | 85 | 110 |
| 100 | 130 | 140 | 160 | 190 |
| 200 | 220 | 230 | 270 | 320 |
| 300 | 320 | 330 | 270 | 430 |

**Table 2. Design *k* Values for Cement-Treated Subbases**

| Subgrade *k* value, pci | Subbase *k* value, pci | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 in. | 6 in. | 8 in. | 10 in. |
| 50 | 170 | 230 | 310 | 390 |
| 100 | 280 | 400 | 520 | 640 |
| 200 | 470 | 640 | 830 | |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984.

### 6.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO PAVIMENTO RIGÍDO

Para el diseño del pavimento rígido se mediante el método AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Periodo de diseño: **20 años.**

### 6.1.1. INDICE DE SERVICIABILIDAD

Se define el Índice de Serviciabilidad: 4.2 – 2.0

### 6.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y DRENAJE

El coeficiente de drenaje Cd: 0.90 – Regular. para las capas de apoyo de la losa se selecciona de acuerdo con las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación. Este porcentaje de tiempo se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año.

TABLA 6-2 VALORES DE Cd RECOMENDADOS

| Características del drenaje | Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento esta expuesta a grados de humedad proxima a la saturacion | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Menos del 1% | 1 - 5% | 5 - 25% | Mas de 25% |
| Excelente | 1.25 - 1.20 | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 |
| Muy malo | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 - 0.70 | 0.70 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 6.1.3. CONFIABILIDAD

R es traducido a valores del fractil de la ley normal centrada (Zr ). Asimismo, el error normal combinado (s o ) se obtiene de la siguiente tabla:

TABLA 6-3 NIVELES DE CONFIABILIDAD R RECOMENDADOS Y ERROR COMBINADO

| Tipo de carretera | Nivel de confiabilidad R (%) | |
|---|---|---|
| | Urbana | Interurbana |
| Colectoras | 80.0 – 95.0 | 75.0 – 95.0 |
| Locales | 50.0 – 80.0 | 50.0 – 80.0 |

| R (%) | 50 | 60 | 75 | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 98 | 99.99 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Z_r$ | 0.000 | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -2.054 | -3.750 |

| Proyecto de pavimento | $S_o$ | |
|---|---|---|
| | Flexible | Rígido |
| | 0.40 – 0.50 | 0.30 – 0.40 |
| Construcción nueva | 0.45 | 0.35 |
| Sobrecapa | 0.50 | 0.40 |

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Valor So: 0.35.
Modulo de elasticidad concreto: 4.228.920 psi.
$f_c'$ = 5500 psi

$$E = 57.000 \cdot \sqrt{f_c'}$$

E = módulo de elasticidad en psi
$f_c'$ = resistencia a compresión del concreto en psi

Módulo de rotura concreto: 4.1 MPa = 594 PSI.
Coeficiente de transferencia de carga (J): 2.7 para juntas con pasadores.

### 6.1.2 MÓDULO RESILIENTE

De acuerdo con Contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA" efectuada en el tramo objeto de estudio, el módulo Resiliente- MR, corresponderá a los valores de resistencia de la subrasante obtenidos en los ensayos de CBR en inmersión, los cuales fueron registrados en el capítulo de Estudios previos.

El valor de **CBR promedio y de diseño es 1.58%**

TABLA 6-4 ANÁLISIS DE CBR (%)

| CBR DE DISEÑO |
|---|
| 1.58 |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con lo anterior, al módulo se correlaciona con el valor promedio de los valores de CBR de laboratorio en inmersión (Capítulo de Estudios Previos), teniendo en cuenta la ecuación-14, para CBR<10%, de la Guía para diseño de estructuras de pavimento de AASHTO/1993,

$$Mr = 1500 * CBR, \text{ (psi) (14)}$$

SI CBR<10%

TABLA 6-5 MODULO RESILIENTE

| Tramo de Estudio | CBR diseño (%) | Modulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|
| CIV 11003796 | 1.58 | 2370 | 16.34 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, se requiere realizar un mejoramiento de la subrasante, para lo cual se propone la realización de un mejoramiento con material tipo rajón (IDU No. ET-410-18), al que se le establecen las siguientes características:

- Espesor de mejoramiento mínimo: 30 cm

Con base en estas características, se determina las características del CBR mejorado con la metodología de IVANOV, de acuerdo a la siguiente formulación, donde:

Eequiv: Módulo Resiliente compuesto de la subrasante mejorada

Einf: Módulo Resiliente capa inferior

N: Parámetro de rigidez, determinado a partir de los módulos de las capas inferior y superior

A: Radio de carga

H: Espesor de la capa de mejoramiento o capa superior

$$h = \frac{2A}{N} * \tan\left[\frac{1 - Einf/Eequiv}{\frac{2}{\pi} * \left(1 - 1/N^{3,5}\right)}\right] \quad (15)$$

$$N = \left[\frac{E\,sup}{E\,inf}\right]^{3}$$

El módulo de la cada inferior es estimado a partir de la siguiente expresión:

$$E = 10 * CBR(\%) \quad (16)$$

El módulo de la capa superior, tomando en consideración que el módulo de las capas granulares es dependiente del estado de esfuerzos y confinamiento de las capas, se determina a partir de la ecuación de Shell, en función del espesor de capa de mejoramiento y el módulo de la capa inferior mediante la expresión.

$$Esup = 0{,}204 * E\,inf * H^{0{,}45} \quad (17)$$

| CBR de subrasante | Módulo de subrasante | | Módulo de mejoramien | Espesor mejoramiento | Módulo combinado de Subrasante+Mejoramiento | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CBR de SBR (%) | Esr (MPa) | Esr (kg/cm$^2$) | Ege (MPa) | Hge (cm) | Eeq (kg/cm$^2$) | Eeq (MPa) | CBR (%) |
| 1,58 | 15,80 | 161,1 | 76,9 | 30,0 | 413,7 | 40,6 | 4,06 |

TABLA 5-6 ANÁLISIS DE CBR (%)

| Tramo de Estudio | Mejoramiento de la subrasante (m) | CBR Equivalente (%) | Módulo resiliente equivalente (psi) | Módulo resiliente equivalente (MPa) |
|---|---|---|---|---|
| CIV11003796 | Se requiere realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón en un espesor 30 cm, incluye sello de 10 cm de material granular. | 4 | 6000 | 41.36 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

### 8.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO

Es este capítulo se presentan las estructuras de pavimento definidas para las vías del proyecto y el espacio público. Se incluyen las estructuras de pavimentos y los espesores de sus capas. En el Anexo se presentan las memorias de cálculo del diseño.

- Pavimento rígido con losas de concreto apoyadas sobre sub-base granular.

Para el diseño del pavimento rigido se empleará la metodología PCA 84 y se realizará la realizará la verificación de esfuerzos y deformaciones con el software EverFe

**PARÁMETROS DE DISEÑO**

Para el diseño del pavimento rígido se utiliza el método de la Portland Cement Association PCA 84, con los siguientes parámetros generales:

- Período de diseño
- Concreto simple sin refuerzo. Módulo de rotura (MR) de acuerdo con la disposición de las especificaciones IDU MR41.
- Juntas con pasadores de transmisión de carga.
- Estructura del pavimento con bermas y confinada lateralmente.
- Factor de seguridad de carga: 1.2 para corredores BRT y 1.0 calzada mixta
- Factor de seguridad por repeticiones de carga
- Consumo de fatiga máximo menor a 100%
- Consumo de erosión máximo menor a 100%

**MÓDULO DE REACCIÓN k DE LA SUPERFICIE DE LA SUBRASANTE**

El valor de k se puede determinar mediante la siguiente correlación con el CBR:

$$k_{[psi/in]} = 0.25 + 5.15 \log CBR$$

$$k_{[kg/cm^3]} = 36.05\, k_{[kg/cm^2]} \quad (14)$$

k= 120.79 lb/pulg3

El valor mostrado anteriormente se obtiene a partir del CBR mostrado anteriormente correspondiente a 4.0%, teniendo en cuenta el valor de mejoramiento con rajón en un espesor de 30 cm, con sello de 10 cm de material granular.

**ALTERNATIVA PCA (CIV11003796):**

La sub-base se recomienda para prevenir el fenómeno de bombeo, y su presencia aumenta la capacidad de soporte de pavimento optimizando el espesor de la losa de concreto. A continuación, se presenta el incremento que se puede obtener mediante la instalación de 15 cm de sub-base:

**TABLA 6-7 VALORES DE K CONJUNTO A PARTIR DEL CAPAS GRANULARES**

| Valor de K para subrasante | | Valor de K para sub base granular | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100 mm | | 150 mm | | 225 mm | | 300 mm | |
| Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 | Mpa/m | Lb/pulg3 |
| 20 | 73 | 23 | 85 | 26 | 96 | 32 | 117 | 38 | 140 |
| 40 | 147 | 45 | 165 | 49 | 180 | 57 | 210 | 66 | 245 |
| 60 | 220 | 64 | 235 | 68 | 245 | 75 | 280 | 90 | 330 |
| 80 | 295 | 87 | 320 | 90 | 330 | 100 | 370 | 117 | 430 |

Fuente: Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984

De acuerdo con la tabla anterior, ingresamos con el valor de 120.79 lb/pulg3 (33.09 Mpa/m) tenemos un valor de k conjunto de = 41 MPa/m (149 lb/pulg3) mediante la aplicación de una capa de sub granular de 15 cm.

Teniendo en cuenta lo citado anteriormente y a partir de la utilización del software computacional BS-PCA se obtiene un espesor de losa de 16 cm, tal como se muestra a continuación:

**TABLA 6-8 ALTERNATIVA PCA**



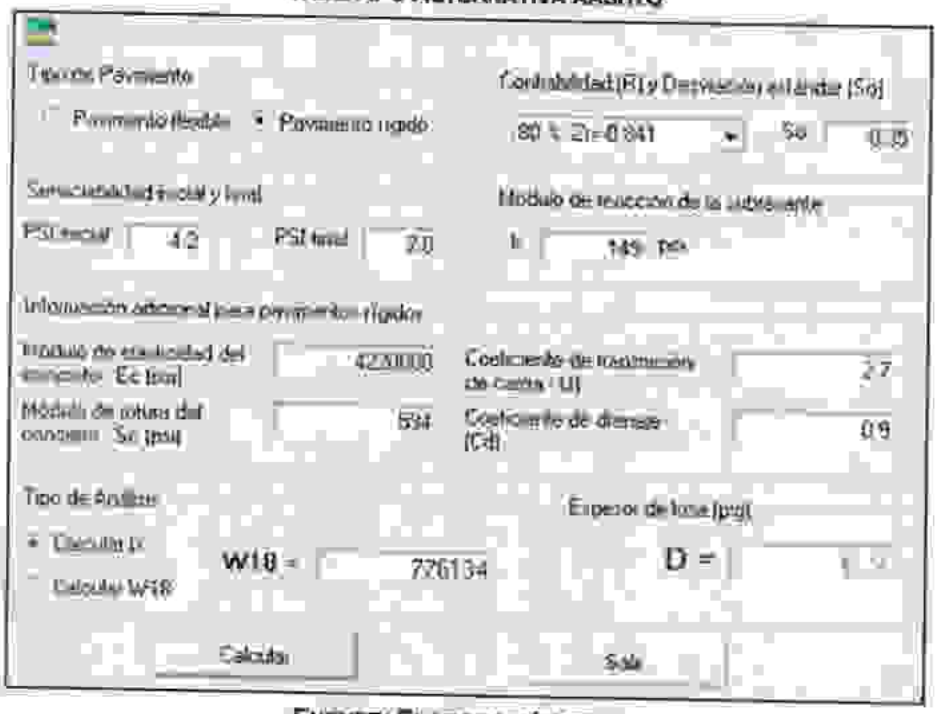

**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

En el anexo se encuentra la memoria de cálculo.

## ALTERNATIVA AASHTO (CIV11003796):

La alternativa para la metodología AASHTO, presenta el siguiente resultado:

**TABLA 5-9 ALTERNATIVA AASHTO**




**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

Teniendo en cuenta la metodología AASHTO, el espesor de la losa es de 16 cm.

**Calidad del concreto**

La resistencia a la flexión se expresa en su Módulo de Rotura. Para el presente diseño, se propone un módulo de rotura de 4,1 MPa.

**Transferencia de Carga**

Se considera el diseño con pasadores.

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR: 4.1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con lo anterior, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

TABLA 6-10 TIPO DE MEJORAMIENTO

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura (*) | |
|---|---|---|---|
| | | Descripción | Espesor (cm) |
| Rígida | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón ET 410-18 de forma puntual en un espesor de 30 cm. Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub-base granular. | Concreto Hidráulico | 16 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con rajón | 30 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

(*) Generalmente, la metodología PCA tiende a arrojar un espesor de losa mayor que la metodología AASHTO. Esto se debe a que PCA evalúa directamente los esfuerzos que actúan sobre la losa (tracción, flexión y tensiones térmicas), considerando condiciones críticas como carga en el borde, expansión térmica, fricción entre losas y gradientes de temperatura, lo cual conduce a diseños más conservadores en ciertos contextos, especialmente en aplicaciones industriales o con alta variabilidad térmica.
En cambio, AASHTO se basa en modelos empíricos, ajustados a condiciones de prueba específicas (AASHO Road Test), por lo cual sus resultados pueden ser menos conservadores, especialmente fuera de los rangos para los cuales se calibró la ecuación.

**Modulación de losas:**

El concreto hidráulico como superficie de rodadura, se encuentra sujeto a diferentes esfuerzos, entre los cuales se encuentran: cargas de tránsito, contracción y expansión del concreto (al concreto al endurecer ocupa menos volumen que cuando está fresco) y diferencias de temperatura o humedad entre la fibra superior y la inferior, entre otras. Con el fin de contrarrestar estos esfuerzos, no es suficiente el proporcionar un espesor adecuado, sino proyectar juntas longitudinales y transversales que impiden un fisuramiento temprano del concreto, estas juntas deben estar diseñadas técnicamente, mediante el empleo de los siguientes criterios:

***Espaciamiento de Juntas***

- ✓ La separación de las juntas transversales se encuentra en función del espesor del pavimento, mediante la relación:

$$S = (21 \text{ a } 24)\, d$$

*Ecuación 1*

Donde,
S = Separación de la junta
d = espesor del pavimento

21 = Para valores máximos de fricción entre la base y el pavimento.
24 = Para valores normales de fricción entre la base y el pavimento.

*Para el espesor del CIV11003796 de 160 mm la separación máxima entre juntas transversales es de: 2.60m.*
La relación entre el largo y el ancho de la losa debe encontrarse entre un intervalo de 1 y 1,25.

$$1,0<largo/ancho<1,25$$

En función del espesor de la losa, la longitud de la losa debe ser máximo 25 veces el valor del espesor,

$$L \leq 25\,H$$
$$L_{20} \leq 5,0$$
$$L_{30} \leq 7,5$$

Donde
L: Longitud de la Losa
H: Espesor de la Losa (m)

Teniendo en cuenta que el segmento vial tiene un ancho aproximado de 5.2 (2.60 por losa) metros la relación de esbeltez, igual a 1.0 la longitud es de 2.60, para losas de espesores de 16 cm. Sin embargo, es importante aclarar que la longitud y ancho de la losa están en función de la geometría de la vía, considerando los criterios antes citados en términos de esbeltez.

**Transferencia Mecánica de Carga**

Aunque es preciso reconocer que los agregados ofrecen mediante su trabazón un grado de transferencia de carga, debido al tráfico de la vía en estudio es necesario implementar una transferencia de carga mecánica mediante la disposición de dovelas (barras de acero lisas insertadas en las juntas) que buscan transferir cargas sin restringir el movimiento horizontal.

Pasadores: Considerando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para una losa cuyos espesores de 160 mm se requiere el empleo de pasadores lisos, constituidos por Barras de 3/4" de diámetro, de 350 mm de longitud y separación entre centros de 300 mm.

TABLA 6-11 PASADORES SEGÚN PCA

| ESPESOR DE LOSA (pulg) | DIAMETRO DEL PASADOR (pulg) | LONGITUD (pulg) | ESPACIAMIENTO (pulg) |
|---|---|---|---|
| 5 | [illegible] | 12 | 12 centro a centro |
| 6 | [illegible] | 14 | |
| 7 | 7/8 | 14 | |
| 8 | 1 | 14 | |
| 9 | 1 1/8 | 16 | |
| 10 | 1 [illegible] | 18 | |
| 11 | 1 3/8 | 18 | |
| 12 | 1 [illegible] | 20 | |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Barras de anclaje: Tomando las recomendaciones dadas por la metodología de diseño PCA, para un ancho de carril de 2.60 m y un espesor de losa de 160 mm, en las juntas longitudinales se emplearán barras corrugadas de ½" pulgada de diámetro, de fy = 280.0 MPa, con una longitud de 0.60 m y una separación entre las mismas de 0.60 m

TABLA 6-12 BARRAS DE ANCLAJE SEGÚN PCA

| Espesor losa (mm) | Varillas de ½" | |
|---|---|---|
| | Long (mm) | Separación entre centros (m) |
| | | Carril 2.60 m |
| 150 | 600 | 0.60 |
| 175 | | 0.60 |

FUENTE: ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND DE LOS ESTADOS UNIDOS (PCA), 1975.

Es fundamental asegurar la correcta alineación y nivelación de pasadores y dovelas para garantizar una transferencia de carga eficiente y evitar concentraciones de esfuerzo.

Durante la construcción, se debe verificar la correcta colocación y fijación de los pasadores y dovelas antes del vertido del concreto.

**Esfuerzo y deformación:**

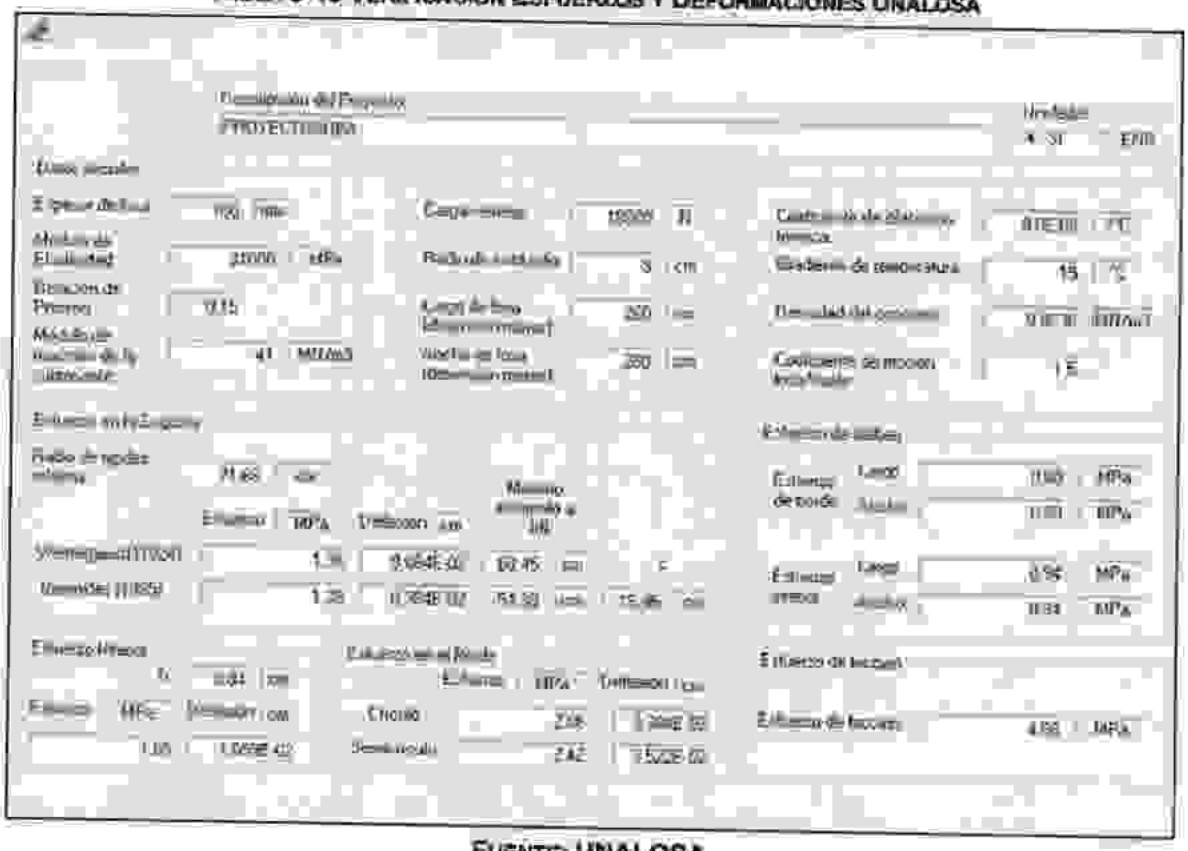
**Parámetros iniciales:**

**Espesor de la losa (h):** 160 mm.
**Módulo de ruptura del concreto (MR):** 4.1 MPa.
**Módulo de elasticidad del concreto (E):** 31,000 MPa.
**Relación de Poisson (v):** 0.15.
**Módulo de reacción de la subrasante (k):** 33 MPa/m.

**Carga aplicada (P):** 8.2 Toneladas
**Radio de contacto de la carga (a):** aproximadamente 150 mm.

Asimismo, mediante el software especializado UNALOSA, se lleva a cabo la verificación de los estados de esfuerzo y deformación asociados a una losa de pavimento con espesor de 16 cm:

**TABLA 6-13 VERIFICACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES UNALOSA**



**FUENTE: UNALOSA**

## Conclusión

Bajo una carga de 80 kN, la losa de concreto de 16 cm de espesor, con un MR de 4.1 MPa, apoyada sobre una subbase granular de 15 cm y una subrasante con k = 41 MPa/m, experimentaría un esfuerzo interior máximo de aproximadamente 1.05 MPa y una deflexión máxima de 0.16 mm. Ambos valores están dentro de los límites aceptables, indicando un diseño estructural adecuado para las condiciones planteadas.

# 6 ESTRUCTURAS DE ESPACIO PUBLICO ASOCIADO

En el presente apartado, se desarrolla el diseño de pavimentos para los andenes teniendo en cuenta las características geotécnicas de la subrasante, los materiales de la estructura y los espesores mínimos permitidos. Este diseño, se llevará a cabo de acuerdo con lo establecido en la Cartilla de Andenes de la Secretaría Distrital de Planeación (SDP modificación 07-06-2018).

En concordancia con la propuesta de diseño urbanístico, se plantea una de estructura de andén, en concreto estampado.

Con base en los resultados de la exploración geotécnica realizada para las vías a intervenir, se caracteriza de la misma manera el suelo de subrasante para las estructuras de los andenes pertinentes, de acuerdo con lo establecido en el apartado de Procesos Constructivos de la Cartilla de Andenes (Mod. 2018), para así mismo establecer una estructura típica para los mismos. A continuación, se define el tipo de subrasante en función de los valores de CBR natural en condición de inmersión.

**TABLA 14. SUBRASANTE SEGÚN CBR**

| TIPO DE SUBRASANTE CBR en (condición de inmersión) | |
|---|---|
| S1 | Mayor o igual a 3% |
| S2 | Menor de 3% |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

Con base a lo anterior, conservando para el diseño de andenes el CBR de diseño de los segmentos viales vehiculares, se obtiene un suelo Tipo S2, lo cual indica que se requieren actividades de mejoramiento.

**TABLA 15 TIPO DE SUELO EXISTENTE Y PROCESO A SEGUIR**

| Tipo de Suelo existente en la Subrasante | Clasificacion AASHTO | Clasificacion SUCS | CBR | Proceso a seguir |
|---|---|---|---|---|
| Suelos Granulares (Gravas y Arenas) | Tipos A1, A2, A3 | Equivalentes a Arenas | > 3% | [illegible] |
| Suelos Finos Limosos y Arcilla de baja plasticidad | Tipo A4 | Equivalentes a Limos | > 3% | Perfila |
| Suelos Finos Arcillas y limos de baja plasticidad | Tipo A6 y A5 | Equivalentes a Arcillas | < 3% | [illegible] |
| Suelos Finos Limosos y limos de alta plasticidad | Tipo A5 y A7 | Equivalentes a Limos | < 3% | [illegible] |

Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

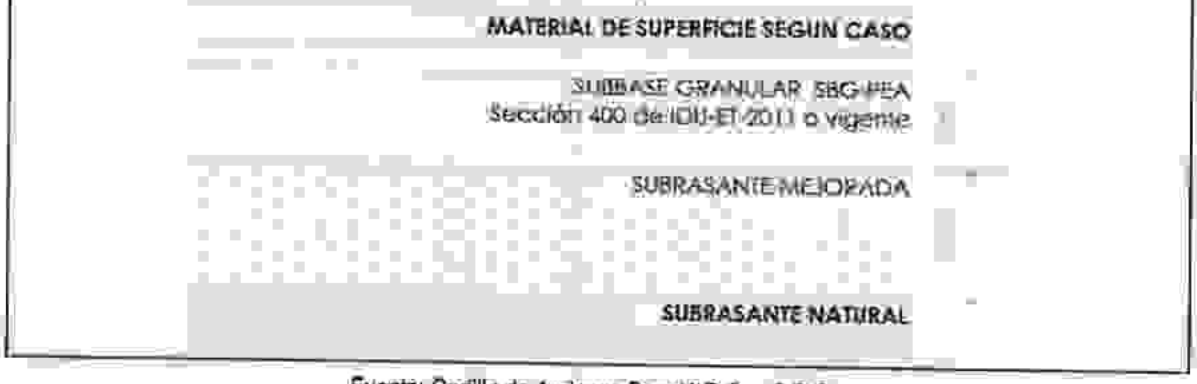
De acuerdo con la tabla anterior, se define la clasificación AASHTO del suelo existente, el cual funcionara como subrasante en función del CBR y se determinó que se debe mejorar la subrasante, teniendo en cuenta las condiciones del suelo la alternativa de mejoramiento se realizará reemplazando 20 cm de espesor del material inadecuado de la subrasante por material granular con CBR mínimo de 10%.

Posteriormente se establecen los criterios de diseño de acuerdo con el tipo de superficie y el usos posible del espacio público, para este proyecto se tomó el criterio de Diseño 1, de la Cartilla de Andenes Bogotá D.C. de la Secretaría Distrital de Planeación, la cual dice textualmente: "Para el espacio público peatonal y la red de ciclomuta a nivel de andén, por donde no circula ningún tipo de vehículo pesado, se propusieron espesores mínimos de construcción, con subbase granular tipo SBG_PEA_B, según Especificación IDU o vigente. Aplica para estructuras articuladas y flexibles, y acceso vehicular de vivienda (máximo 2 vehículos livianos)".

Teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados, se propone la estructura de pavimento peatonal con sus espesores.

**ILUSTRACIÓN 1 ESTRUCTURA DE ESPACIO PÚBLICO PEATONAL**

*Estructuras para Espacio Público Peatonal y Red de ciclomutas (a nivel de andén) para Subrasante -Tipo S2 y Criterio de diseño 1*




Fuente: Cartilla de Andenes Bogotá D.C. – S.D.P.

Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:

TABLA 16 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1300 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

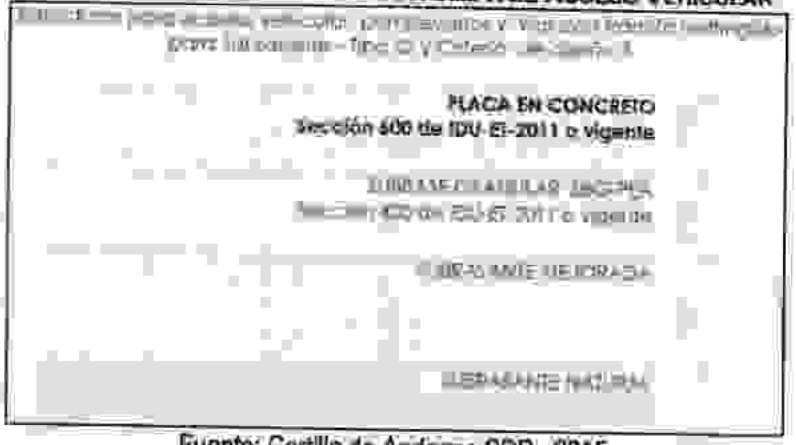
De acuerdo contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA", se puede concluir que para la estructura de pavimento de la zona peatonal se dispone de una sola zona homogénea, y con la cual se proyectó la estructura mostrada en la table anterior.

## 9.1. PAVIMENTOS PARA RAMPAS DE ACCESO VEHICULAR

De acuerdo con la Cartilla de Andenes Bogotá D.C. las rampas no solo dan acceso vehicular a los predios sino también el acceso de las personas con movilidad reducida a los andenes y zonas peatonales que serán construidos con el desarrollo del proyecto.

Para un suelo S2 con CBR < 3%, tránsito de vehículos livianos y paso ocasional de vehículos comerciales tipo C2, se obtuvieron los espesores de las rampas vehiculares al proyecto de acuerdo a los criterios de la Cartilla de Andenes– DAPD.

ILUSTRACIÓN 2 ESTRUCTURA PARA RAMPA DE ACCESO VEHICULAR




Fuente: Cartilla de Andenes SDP, 2015

TABLA 17 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RAMPAS VEHICULARES

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 15 | Placa de Concreto MR 41 kg/cm² |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada |
| | SUBRASANTE |
| 50 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

El concreto hidráulico se recomienda con módulo de rotura de 41 kg/cm conformado con la granulometria AG-1 (Tamaño máximo del pétreo de 2½ pulgadas), presentada en la Sección 500 Pavimento de Concreto Hidráulico.

En los lugares donde sea necesario completar niveles se hará con un material seleccionado por capas no mayores a 0.20 m logrando una densidad minima del 95%, estos materiales seleccionados deben cumplir con caracteristicas geotécnicas tales como IP menor o igual a 10%, contenido de finos menor o igual a 25%, CBR del 10%, tamaño máximo de 3", esto de acuerdo con el las especificaciones ET-IC-01.

# 7 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

La propuesta de diseño contempla la construcción de capas estructurales de pavimento compuestas por materiales tales como mezclas asfálticas y materiales granulares. Atendiendo las especificaciones técnicas válidas en el desarrollo del presente proyecto y las cuales corresponden a las Especificaciones técnicas de construcción del Instituto Nacional de Vías - INVIAS, se presenta a continuación la caracterización de cada una de estos materiales.

- **CONCRETO HIDRÁULICO**

El concreto hidráulico, tiene la particularidad de ofrecer a la estructura una alta resistencia a la compresión que se necesita para soportar y absorber las cargas que circulan. Dicha mezcla deberá cumplir con las características especificadas en IDU-800-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MATERIALES GRANULARES:**

Los materiales granulares deberán cumplir con las especificaciones establecidas en la Especificación Técnica: Capas granulares de base y subbase del capítulo IDU-500-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

- **MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE**

Los materiales de mejoramiento de subrasante deberán cumplir con las características especificadas en el capítulo IDU-410-18 DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO.

# 8 ANÁLISIS DE FUENTES DE MATERIALES, PLANTAS DE CONCRETOS, ASFALTOS Y ZODMES

Para garantizar que los parámetros mecánicos de cada uno de los materiales empleados en el diseño de pavimentos, cumplan con los requisitos establecidos en las Especificaciones Técnicas, su versión o actualización vigente, para la modelación de la estructura de pavimento y puedan ser suministrados por los proveedores adscritos en la base de datos vigente en la página web del IDU, se realizó un análisis de las fuentes de suministro de materiales y mezclas asfálticas, con los cuales se construirán las estructuras de pavimento y espacio público asociado con base en el diseño recomendado.

A continuación, se presentan los proveedores de mezclas asfálticas, agregados pétreos y concreto hidráulico seleccionado por su experiencia y teniendo en que se encuentran vigentes en el "Listado de Proveedores" en la página del IDU.

TABLA 8-1 FUENTES DE MATERIALES

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| AGREGADOS PÉTREOS | OPERADOR DEL TITULO MINERO N° EHD-131. KM 3.6 ZONA INDUSTRIAL BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 295 DE 2009 | **DROMOS** |
| AGREGADOS PÉTREOS | KILÓMETRO 10 DE LA VÍA MULTIFAMILIAR LOS CENTAUROS. PUENTE CAÍDO VEREDA EL COCUY PREDIO SAN LUIS SOBRE EL RÍO GUAYURIBA - VILLAVICENCIO | IDU 432 DE 2016 | **REX VILLAVO** |
| AGREGADOS PÉTREOS | CARRERA 6 #153 A- 60 EN LA LOCALIDAD USAQUÉN -BOGOTÁ | IDU 435 DE 2016 | **REX BTA** |
| AGREGADOS PÉTREOS | Av. CRA 7 # 160A-06 SAN CRISTÓBAL NORTE, LOCALIDAD USAQUÉN - BOGOTÁ | IDU 568 DE 2020 | **REX BTA 7MA** |



939

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| AGREGADOS PÉTREOS | KILÓMETRO 3,5 VEREDA BALSILLAS - MOSQUERA | IDU 455 DE 2017 | INCOMINERI |
| AGREGADOS PÉTREOS | KM 4 VÍA LA MESA - MONDOÑEDO- MOSQUERA | IDU 582 DE 2020 | LA ROCA |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1,5 VÍA AUTOPISTA MEDELLÍN COSTADO SUR - COTA | IDU 486 DE 2018 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | PREDIO DENOMINADO LOTE 10, EN LA VEREDA SAN JOSE - MOSQUERA | IDU 510 DE 2019 | RECICLADOS |
| AGREGADOS PÉTREOS A PARTIR DE RCD | KILOMETRO 1,5 VÍA BOGOTÁ- MEDELLÍN, COSTADO OCCIDENTAL VEREDA VUELTA GRANDE - COTA | IDU 582 DE 2020 | GRECO |
| ASFALTO | PREDIO VISTA HERMOSA, VEREDA BALSILLAS - KILOMETRO 25 VÍA LA MESA - PLANTA DE ASFALTO CMI | IDU 26 DE 2002 | AA |
| ASFALTO | KM 3.8 EN LA ZONA INDUSTRIAL, VEREDA BALSILLAS MOSQUERA | IDU 187 DE 2005 | DROMOS |
| ASFALTO | KM 17+200 DE LA CARRETERA CENTRAL DEL NORTE (CRA 7 DE BOGOTÁ) | IDU 164 DE 2004 | CTU |



754

| TIPO DE MATERIAL | LOCALIZACIÓN | No. DE INSCRIPCIÓN EN EL DIRECTORIO O RESOLUCIÓN AMBIENTAL | NOMBRE |
|---|---|---|---|
| CONCRETO | KR 62 No. 19 - 04 INT. 5, LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA | IDU 22 DE 2002 | HOLCIM |
| CONCRETO | PLANTA NEREIDAS - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55 A SUR - 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 216 DE 2006 | TREMIX |
| CONCRETO | PLANTA SUR - CARRERA 1 (AV. CARACAS) No. 55A SUR – 21, LOCALIDAD DE USME | IDU 439 DE 2016 | POLMIX |

**Zodmes:**

A continuación, se presentan las posibles zonas de depósito para materiales sobrantes de construcción para el Proyecto. Los sitios escogidos como botaderos o zonas de depósito servirán para disponer los materiales estériles y/o sobrantes procedentes de las excavaciones de las vías.

Considerando adicionalmente parámetros como capacidad de almacenamiento y condiciones geológicas-geomorfológicas, se escogieron nueve (9) zonas para la disposición de materiales de excavación o botaderos que permitirán almacenar el volumen de material estéril o sobrante en la fase de construcción de la vía (Ver Tabla 13.4).

TABLA 8-2 ZODMES

| CATEGORÍA | NOMBRE – RAZÓN SOCIAL | MUNICIPIO | PREDIO O LOTE |
|---|---|---|---|
| 1. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | CEMEX DE COLOMBIA S.A. | BOGOTA D.C. | Reserva ecológica privada la Fiscala Capacidad: 5.000.000 m3 |
| 2. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE | RECICLADOS INDUSTRIALES | COTA | Lote la Britania Vega, en la Vereda Siberia, Municipio de Cota. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | DE COLOMBIA S.A.S. | | Cundinamarca Capacidad: 40.000 m3 |
| 3. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | Lotes 2, 3, 4 de los predios identificados con cédulas catastrales N° 00-02-0002-0186, 00-02-0002-0184-000 y 00-02-0002-0183-000, ubicados en la Vereda Panamá del Municipio de Soacha Capacidad: 4 000 000 m3 |
| 4. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | RESIESCOL S.A.S ESP | MOSQUERA | Predio denominado Lote 4 A, matrícula inmobiliaria N° 50c - 1433092, ubicado en la Vereda Balsillas del Municipio de Mosquera, Cundinamarca |
| 5. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | MATERIALES Y LOGÍSTICA S.A.S. MYLSA | MADRID | Predios denominados Finca el Paraíso, el Valle de las Mercedes y Finca la Zulia, ubicados en las Veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid Cundinamarca Capacidad: 1 000 000 m3 |
| 6. RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | CICLOMAT S.A.S. | COTA | Predio ubicado 600 metros al sur de la Autopista Medellín (calle 80) entrada PRACO-DIDACOL Vía Siberia –Bogotá, Vereda Siberia del Municipio de Cota, Cundinamarca. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7. DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS | AGREGADOS EL VINCULO LTDA | SOACHA | En el predio el Vinculo (Polígono 3) del Municipio de Soacha- km 14 de la Vía Soacha – Sibaté. |
| 8. DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN | RELLENOS DE COLOMBIA S.A.S. EN LIQUIDACIÓN | MOSQUERA | Vereda balsillas, km 3 vía la mesa, Mosquera, Cundinamarca. |
| 9. DISPOSICIÓN DE ESCOMBROS ESTÉRILES Y MATERIALES SELECCIONADOS | MAQUINAS AMARILLAS S.A.S. – MARILLA S.A.S. | BOGOTA D.C. | Plan de manejo y recuperación ambiental de la mina las Manas y Santa Inés en el área del contrato de concesión minera 8151 a nombre de la empresa HOLCIM COLOMBIA S A (Perfil o-o' sector Nor-Este) Tunjuelito-Bogotá. |

La evaluación de las áreas definidas para botaderos corresponden a superficies suavizadas planas a moderadamente inclinadas en depósitos aluviales recientes de llanura aluvial de los ríos Bogotá, Subachoque y Tunjuelito, así como de los depósitos de terrazas altas de la Sabana de Bogotá, los cuales corresponden a planicies extensas de aspecto aterrazado y morfología ondulada suavemente inclinada y limitada hacia los cauces por escarpes de 2 – 20 m de altura; se encuentran constituidos de arcillas grises, localmente con intercalaciones de arenas finas y delgados niveles de gravas y turbas, en capas paralelas producto de la acumulación de materiales en la cuenca ocupada por el antiguo lago de la Sabana de Bogotá, con espesores de 20 - 300 m..

Estas superficies en depósitos de la llanura aluvial y los depósitos de terrazas de la Sabana de Bogotá pueden presentar una buena condición de estabilidad, teniendo en cuenta la morfología de estas áreas, así como la pendiente y la composición de los materiales que la constituyen Cabe resaltar que el área que conforma la ZODME ubicado en la finca El Paraíso, el valle de las Mercedes y finca La Zulia, de las veredas Puente Piedra y La Cuesta, jurisdicción del Municipio de Madrid en Cundinamarca, se encuentra sobre superficies onduladas a inclinadas en laderas de la Formación Arenisca Dura del Grupo Guadalupe y en contacto con los depósitos aluviales de terrazas altas de la Sabana de Bogotá. Estas áreas deben ser evaluadas con trabajo de campo para determinar las condiciones morfodinámicas y de estabilidad de estas superficies. La localización de las ZODMES se presenta en la Figura 13.1, en la cual también se han ubicado las fuentes de materiales.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fallas en los materiales | Daños por mala calidad en los materiales instalados | Malos procesos constructivos | Falla de zonas puntuales de la estructura. |
| | | Cambios en la humedad por daños en el drenaje | |
| | | deficiencias en los controles de calidad | |

## 10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las propuestas de intervención RECOMENDADA como parte de las actividades a ejecutar en el proyecto de la referencia, consisten en:

**Alternativa**

En primera medida se requiere el retiro del material de relleno (escombros- material heterogéneos) en todo su espesor, posteriormente se propone una estructura de pavimento compuesta por una capa de concreto hidráulico de 16 cm de espesor (MR: 4,1 MPa), apoyada sobre una sub-base granular en un espesor de 15 cm.

De acuerdo con los análisis de geotecnia realizados en estudios previos, se presenta el tipo de mejoramiento de la subrasante planteado.

Se recomienda el uso del geotextil NT1800 en la estructura de pavimento entre el suelo natural y material de mejoramiento con rajón, para evitar la contaminación entre capas y asegurar la estabilidad de la estructura.

**TABLA 10-1 TIPO DE MEJORAMIENTO**

| Estructura de pavimento | Mejoramiento de la subrasante (m) | Estructura | |
|---|---|---|---|
| | | Descripción | Espesor (cm) |
| Rígida | Se recomienda realizar un mejoramiento de subrasante con material tipo rajón ET 410-18 de forma puntual en un espesor de 30 cm. Se recomienda sello de 10 cm con material tipo sub-base granular. | Concreto Hidráulico | 16 |
| | | Sub-base granular | 15 |
| | | Mejoramiento con rajón | 30 |

**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

(*) Tener presente que en la actual etapa **NO** se ha ejecutado exploración geotécnica. La información es de estudios previos.

De igual forma, se presenta el siguiente gráfico con la estructura de pavimento recomendada:

**TABLA 10-2 ESTRUCTURA RECOMENDADA (CIV11003796)**

| Descripción | Espesor (cm) |
|---|---|
| Concreto Hidráulico | 16 |
| Sub-base granular | 15 |
| Mejoramiento con rajón | 30 |

**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

La estructura de pavimento recomendada es en flexible, en función de garantizar la distribución de esfuerzos y el empalme con los materiales presentes en cada segmento vial. La alternativa en pavimento rígido es viable des del punto de vista técnico, sin embargo, la modificación de rigidez de los materiales presentes en la zona puede generar un impacto negativo en la distribución de presiones, además, los costos asociados son muy superiores a la de pavimento flexible y las condiciones de carga no lo ameritan.
Los andenes se diseñaron de conformidad con la Cartilla de Andenes (Taller del Espacio Público) y las recomendaciones que a través de la misma ha realizado para un suelo Tipo 2 y Criterio de diseño 1, para lo cual se utilizó un valor CBR menor al 3%. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla, se presentan los espesores obtenidos para los andenes:

TABLA 10-3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ANDENES EN LOSAS DE CONCRETO

| ESPESOR (cm) | MATERIAL |
|---|---|
| 10 | Concreto hidráulico |
| 15 | Subbase Granular (SBG-PEA) |
| | Geotextil No Tejido NT-1800 o Similar |
| 20 | Subrasante mejorada. |
| | SUBRASANTE |
| 45 | TOTAL |

Fuente: Elaboración Propia

La revisión y propuesta se hace de acuerdo a lo presentando en el Informe de pavimento del contrato FDLS-345-2018 - "REALIZAR SIN FÓRMULA DE REAJUSTE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, se tuvieron en cuenta los parámetros geotécnicos, tránsito y consideraciones generales. Sin embargo, se presenta una alternativa de rodadura en concreto hidráulico que garantice la durabilidad y que cuenta con las siguientes ventajas:

- Permite simular adoquines, piedra natural, ladrillo, madera u otros acabados, mejorando notablemente el aspecto visual del entorno urbano o residencial.
- Al estar hecho de concreto hidráulico, soporta cargas vehiculares y condiciones climáticas extremas sin perder su forma ni integridad.
- No se deforma ni se hunde como otros pavimentos modulares; solo requiere limpieza periódica y, en algunos casos, reaplicación del sellador.
- Una vez vaciado el concreto, el estampado se realiza mientras el concreto aún está fresco, lo que ahorra tiempo frente a métodos tradicionales como adoquines o losas prefabricadas.
- Continuidad superficial: Al no tener juntas como los adoquines, evita el crecimiento de maleza y reduce los accidentes.
- Al tener textura superficial, ofrece buen desempeño antideslizante, tanto en zonas peatonales como en pasos vehiculares, incluso en condiciones húmedas.



740

- Aunque su instalación puede ser ligeramente más costosa que el concreto convencional, su vida útil y bajo costo de mantenimiento representan un ahorro a mediano y largo plazo.
- Puede adaptarse a parques, ciclovías, pasos peatonales, calles residenciales, andenes, glorietas, entre otros.

## 8.1. RECOMENDACIONES GENERALES

1. Mantenimiento posterior al servicio de la vía:

   – La intervención propuesta deberá estar acompañada de un mantenimiento rutinario al drenaje existente en la vía, el cual consistirá en la limpieza de las estructuras y revisión del estado de funcionamiento de las mismas.

   – A continuación, se presentan las actividades de mantenimiento rutinario y periódico a ejecutar según periodo de diseño:

Las actividades de mantenimiento rutinario y periódico se deberán realizar en función del área de deterioro teniendo en cuenta lo siguiente:

TABLA 10-4 CALENDARIO DE ACTUACIONES POR AÑO

| Calendario de actuaciones: Periodo de diseño: 10 años | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Año | Construcción | Fresado y sobre-capa de 5cm | Parcheo | Sello de fisuras. |
| Año - 0 | X | | | |
| Año - 1 | | | | |
| Año - 2 | | | | |
| Año - 3 | | | X | X |
| Año - 4 | | | | |
| Año - 5 | | | | |
| Año - 6 | | X | X | X |
| Año - 7 | | | | |
| Año - 8 | | | | |
| Año - 9 | | | X | X |

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA



591

- ***Sello de grietas:*** Esta actividad consiste en la eventual conformación de las fisuras, su limpieza y la aplicación de un producto bituminoso sellante en caliente, cuyas características y cantidades dependen de la abertura de ellas, según lo establecido en el artículo 466 de las especificaciones generales de construcción de carreteras que rigen el contrato (INVIAS 2013, Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014). Dicho tratamiento se debe realizar para fisuras de tipo longitudinal y/o transversal (no interconectadas) cuya abertura sea superior a 6mm. Para evitar el desprendimiento del sello, éste deberá quedar por debajo de la superficie de la fisura aproximadamente 5mm.

- ***Parcheo y Bacheo.*** El parcheo se define como la actividad que busca reemplazar en un área deteriorada (sin compromiso estructural) la carpeta asfáltica, mejorando la superficie y por ende el nivel de servicio ofrecido al usuario. El bacheo consiste en la intervención de aéreas localizadas del pavimento deterioradas, abarcando las capas asfálticas y/o las granulares hasta lograr un apoyo firme. Estas actividades se encuentran en función del área deteriorada y el tipo de deterioro. La excavación a realizar para la reparación, deberá ceñirse a lo establecido en los artículos 460 y/o 465 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras (INVIAS 2013, Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014).

  Para la ejecución de los trabajos correspondientes a Parcheo y Bacheo, se deberá tener en cuenta las recomendaciones establecidas en el Apéndice B.

  Para la ejecución de los trabajos correspondientes a Bacheo, se deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

  - El material granular a utilizar podrá ser de base o subbase granular, de acuerdo a lo que se encuentre en el área adyacente al Bache.

  - La demolición o fresado se realizará desde el interior del área afectada hacia los bordes, el fondo de la excavación deberá quedar nivelado, libre de residuos y proporcionar capacidad de soporte.

  - El espesor de material granular a restituir deberá ser el mismo al encontrado en el área adyacente al bache.

  - Todas las operaciones de aireación o humedecimiento del material se realizarán antes de su compactación, hasta llegar a la humedad óptima.

  - La extendida de los materiales granulares se realizará por medio de un equipo de enrazado manual. El extendido deberá ser realizado por capas con un espesor adecuado (en función del equipo utilizado) y uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación especificado.



942

- La compactación se efectuará de los bordes del bache hacia adentro.
- Sobre la superficie de la base del área afectada y en las paredes de la excavación se aplicará un riego asfáltico con emulsión de rompimiento lento, la cual deberá cumplir con lo establecido en las especificaciones generales de construcción de carreteras que rigen el contrato.
- El dimensionamiento mínimo para garantizar los procesos de compactación deberá ser de 1,10m de ancho y 2,20m de longitud.
- El corte se realizará perimetralmente, deberá tener las paredes verticales y el espesor homogéneo.
- La demolición se realizará desde el interior del área afectada hacia los bordes, el fondo de la excavación deberá quedar nivelado, libre de residuos y sin la presencia de fisuras, en el caso que la capa de soporte de la nueva capa sea asfáltica.
- Sobre la superficie de la base del área afectada y en las paredes de la excavación se aplicará un riego asfáltico con emulsión de rompimiento rápido, la cual deberá cumplir con lo establecido en las especificaciones generales de construcción de carreteras que rigen el contrato.
- Una vez la emulsión rompa, se procederá con la extendida y compactación de la mezcla asfáltica. La mezcla deberá extenderse de las orillas hacia el centro para evitar segregación y la compactación se efectuará de los bordes del parche hacia el centro del mismo.

**VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA PLATAFORMA**

Para el caso donde se presenten deformaciones plásticas (mayores a 1cm) ante una prueba de carga (como el paso de volqueta cargada en varios recorridos sobre la plataforma de trabajo), se realizarán mejoramientos puntuales en la subrasante con material tipo tolerable ART 230 INV 2013, resolución 1376 del 26 de mayo de 2014. La prueba de carga se puede hacer con cualquier elemento que cumpla las condiciones de seguridad en función de la sección de la excavación.

- En los sectores en donde existan hundimientos y fisuras severas (h≥20mm) se recomienda ante la existencia de árboles laterales, realizar un tratamiento particular, mediante la tala o restitución de las especies existentes.



713

## 11 PROCESO CONSTRUCTIVO

### RECOMENDACIONES GENERALES

Dado que los suelos naturales presentan valores de CBR inferiores a 3% se hace necesario estabilizar mecánicamente la subrasante con un material tipo "rajón".

Una vez finalizada la excavación y alcanzado el suelo de subrasante, el material del cuerpo del mejoramiento se colocará en capas sensiblemente paralelas a la superficie de la explanación, de espesor uniforme y lo suficientemente reducido, para que, con los medios disponibles, los vacíos entre los fragmentos más grandes se llenen con las partículas más pequeñas del mismo material, de modo que se obtenga el nivel de densificación deseado.

El rajón, ésta se colocará directamente sobre la subrasante, evitando su vertido desde alturas mayores a dos metros (2,0 m), con el fin de reducir su segregación. Deberá extenderse con procedimientos manuales ó con equipos livianos debido a las condiciones de la subrasante. Su compactación podrá realizarse con pasadas de buldózer o retroexcavadora, de manera que las puntas del rajón penetren parcialmente en el terreno natural. Posteriormente se realizará la instalación del sello de rajón, el cual puede componerse de un material tipo SBG_C, el conjunto de rajón y sello de 10 cm conformarán el total de espesor de mejoramiento.

La construcción de la capa de rajón deberá adelantarse siguiendo los lineamientos establecidos en la Sección 321-11 de las Especificaciones Técnicas

### INSTALACIÓN DE CAPAS DE BASE Y SUBBASE GRANULAR

La instalación de las capas de base y subbase granular se realizarán cuando la superficie sobre la cual quedarán apoyadas presente la calidad, densidad, cotas y secciones indicadas dentro de los documentos del proyecto, previamente deberá estar concluido todo lo relacionado con los sistemas de drenaje recomendados de acuerdo con el Estudio y Diseño de Redes.

La superficie donde se dispondrá el material se deberá encontrar suficientemente seca y compacta para evitar que se produzcan ahuellamientos o desplazamientos en ella. El material se extenderá en todo el ancho previsto, en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

La cantidad de material extendido será tal, que el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos (2) ó más capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). En este caso, se aplicarán para cada capa los procedimientos de ejecución y control acá descritos. El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes.

Una vez que el material de la capa granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo adecuado, hasta alcanzar la densidad especificada.

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo aprobado y/o que normalmente se utiliza, se podrán compactar por otros medios adecuados, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

Una vez terminada la compactación, el Constructor perfilará la superficie de la capa granular, ajustándola a los perfiles longitudinales y transversales del proyecto.

## INSTALACIÓN DE CAPAS DE CONCRETO HIDRÁULICO

El proceso constructivo para pavimento en concreto hidráulico inicia con la limpieza y nivelación del terreno, seguida de la compactación de la rasante. Posteriormente, se coloca y compacta la subbase y, la base hidráulica. Se instalan las formaletas laterales o guías de nivel, y se procede a colocar el refuerzo de acero. El concreto es vaciado, extendido y vibrado para garantizar su adecuada consolidación, luego se alisa y texturiza la superficie según el acabado requerido. Una vez terminado, se realizan los cortes de juntas de contracción y construcción, y se aplica el curado mediante compuestos químicos o métodos húmedos por un mínimo de siete días. Finalmente, se inspecciona la calidad de la obra y se permite el tránsito vehicular/peatonal de acuerdo con los tiempos de fraguado y resistencia establecidos en el diseño.

## 12 FUENTES DE CONSULTA


- INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO-IDU. ANEXO TÉCNICO DE DIAGNÓSTICO PARA CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL PARA BOGOTÁ. Versión 5.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS AASHTO. Guide for design of pavement structures. Washington: AASHTO, 1993.
- Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción del Innstituto Nacional De Vias – 2013.
- Normas de ensayos de materiales INVIAS-2013, Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014.
- Shell International Petroleum Company Limited. Addendum to the Shell Pavement Design Manual. London, 1985
- Yang H. Huang. Pavement Analysis and Design. Second Edition. Pearson Prentice Hall. UnitedStates of America. 2004.
- HIGUERA SANDOVAL, CARLOS HERNANDO. Nociones sobre métodos de diseño de pavimentos para carreteras, UPTC, Tunja, 2008.
- IDU, NNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO. Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción, para proyectos de infraestructura vial y de espacio público, para Bogotá D.C. 2019.

**DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA**
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**
**Software : BS-PCA**

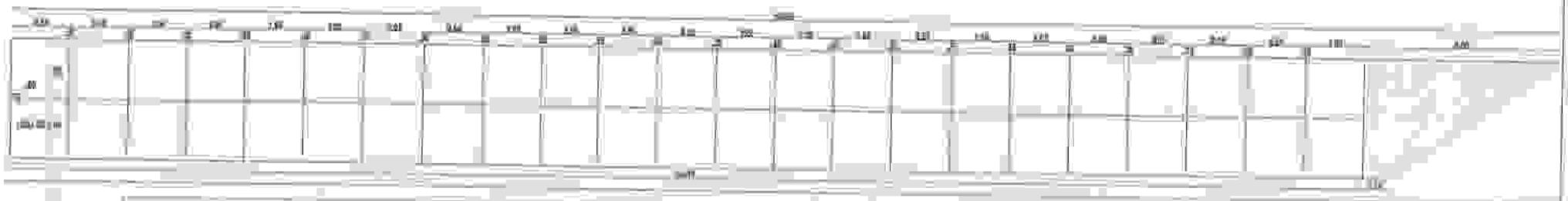
Datos :

Resistencia K del Apoyo : 149 PCI (lb/pulg3)
Espesor Losa : 160 mm
Modulo de Rotura : 42 Kg/cm2
Bermas : NO
Pasadores : SI
Factor de Seguridad Cargas : 1
Factor de Mayoración Repeticiones : 1

Resultados :

| Carga Tn | Carga PS kN | Repeticiones Esperadas | Repeticiones Admisib_Fatiga | Consumo Fatiga % | Repeticiones Admisi_Erosion | Consumo Erosion % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **EJES SIMPLES** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| 6,00 | 58,80 | 776.134 | 27.138.702 | 2,86 | 21.171.820 | 3,67 |
| **EJES TANDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| **EJES TRIDEM** | | | | | | |
| Esfuerzo Equivalente: 0,0 | | Factor Esfuerzo: 0,0000 | | | Factor Erosion: 0,0000 | |
| | | | Total : | 2,86 | | 3,67 |

11003795



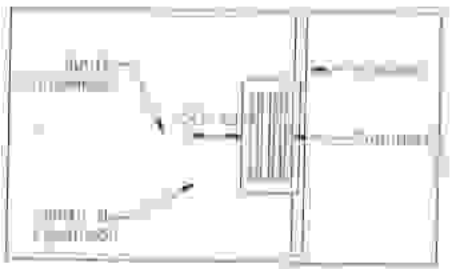






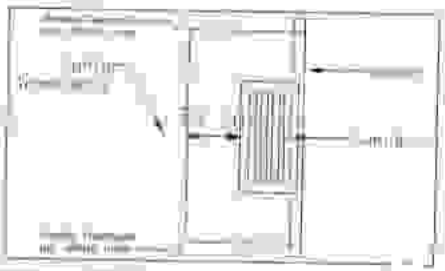












FRO-085-392-2025

Bogotá, D.C., 10 de octubre de 2025

**Señores**
**CONSORCIO SUBA MT**
**Atn ING. OSCAR JULIAN MORENO**
**Representante Legal**
**Carrera 36 No. 3-41 Ed. Verona 2-Of.1503**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO:** **APROBACIÓN INFORME MENSUAL N° 6 COMPONENTE TÉCNICO – CONTRATO 1013 DE 2024**

Respetados Señores:

En atención a su oficio CE-SUBA MT-1013-2024-195 con el cual el Contratista radicó el informe mensual N°6 del componente técnico versión Nº2, esta Interventoría se permite notificar la aprobación del mismo, bajo el número de radicado al Fondo de Desarrollo Local de Suba FDLS No. 20256110285632.

Lo anterior para su conocimiento y fines pertinentes.

Cordialmente,



**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**
Reviso: R T A

FRO-085-393-2025

Bogotá, D.C., 10 de octubre de 2025

**Señores**
**FONDO DE DESARROLLO LOCAL DE SUBA**
**Atn ING. ALEJANDRO VICTORIA**
**Apoyo de la Supervisión**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO:** **SOLICITUD INCLUSION Y EXCLUSION SEGMENTOS VIALES CONTRATO 1013-2024. OFICIO CE-SUBA MT-1013-2024-199**

Respetados Señores:

Una vez revisada, verificada y aprobada la solicitud presentada en el oficio de la cita, esta interventoría se permite allegar a ustedes el documento en mención en un total de cinco (5) folios, para su revisión, estudio y fines pertinentes.

Sin otro particular

Cordialmente



**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**

Bogotá D.C. 9 octubre de 2025

**CE-SUBA MT-1013-2024-199**

Señores
**CONSORCIO MALLA VIAL SUBA**
OMAR GARCÍA CUBILLOS
Representante legal
Atn: Ing. Rene Torres
Coordinador de Interventoría
Carrera 70D # 48 – 40
Tel: 601 810 07 43
Email: mallavialsuba@gmail.com

Ciudad

**Ref:** CTO-FDLS-1013-2024 (119224) Objeto "EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO (GRUPO 01) EN LA LOCALIDAD DE SUBA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO".

**Asunto:** Remisión de solicitud de exclusión e inclusión # 01 de segmentos viales para el contrato de obra 1013-2024 de la referencia.

Cordial saludo Dr. Omar García.

Reciban un cordial saludo de parte del CONSORCIO SUBA MT, agrupación contractual

encargada de la ejecución de las prestaciones enmarcadas en el contrato de obra No.1013-2024- LP suscrito con el Fondo de Desarrollo Local de Suba-FDLS.

Mediante la presente misiva nos permitimos alzar solicitud de exclusión e inclusión de

segmentos viales con el propósito de fijar el alcance del objeto contractual y con ello trazar de forma sucinta y clara la responsabilidad de los diferentes intervinientes al proyecto de infraestructura.

Para el efecto, la metodología implementada por el contratista de obra con que se llevó a cabo la depuración de segmentos viales responde a criterios objetivos y técnicos que buscan el mayor beneficio a la entidad contratante

Los criterios que se tuvieron en cuenta para la exclusión de segmentos viales son los siguientes

**i)** intervención anterior en el desarrollo de un contrato de obra pública diferente al que se

ejecuta, que no requiere una intervención posterior ii) cambios de nomenclatura del código de identificación vial CIV por parte del IDU, por último, iii) intervención integral de la zona que permita la continuidad en el corredor vial.

Amén de lo anterior, se propone la exclusión de los siguientes segmentos viales, quienes se agrupan conforme a los criterios individualizados con anterioridad:

**a)** Intervención anterior en el desarrollo de un contrato de obra pública diferente al que se ejecuta, que no requiere una intervención posterior

| CIV | TRAMO | DESDE | HASTA | SEC_BAR | OBSERVACION |
|---|---|---|---|---|---|
| 11003363 | CLL 138 B | CRA 159 B | CRA 159 A | 485 | FUE CONSTRUIDO EN EL CTO 485 NO REQUIERE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION SEGÚN DIAGNOSTICOS REALIZADOS |
| 11003393 | CRA 154 B | CLL 138 B | CLL 138 C | 485 | FUE CONSTRUIDO EN EL CTO 485 NO REQUIERE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION SEGÚN DIAGNOSTICOS REALIZADOS |
| 11003400 | CLL 138 B | CRA 159 A | CRA 159 | 485 | FUE CONSTRUIDO EN EL CTO 485 NO REQUIERE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION SEGÚN DIAGNOSTICOS REALIZADOS |
| 11003432 | CLL 138 B | CRA 159 | CRA 158 B | 485 | FUE CONSTRUIDO EN EL CTO 485 NO REQUIERE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION SEGÚN DIAGNOSTICOS REALIZADOS |
| 11003453 | CRA 155 | CLL 138 C | CLL 138 B | 485 | FUE CONSTRUIDO EN EL CTO 485 NO REQUIERE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION SEGÚN DIAGNOSTICOS REALIZADOS |
| 11003461 | CRA 159 A | CLL 138 A | CLL 138 B | 485 | FUE CONSTRUIDO EN EL CTO 485 NO REQUIERE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION SEGÚN DIAGNOSTICOS REALIZADOS |
| 11003529 | CLL 138 B | CRA 157 | CRA 155 | 485 | FUE CONSTRUIDO EN EL CTO 485 NO REQUIERE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION SEGÚN DIAGNOSTICOS REALIZADOS |
| 11003530 | CLL 138 B | CRA 157 | CRA 18b | 485 | FUE CONSTRUIDO EN EL CTO 485 NO REQUIERE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION SEGÚN DIAGNOSTICOS REALIZADOS |
| 11003541 | CRA 155 | CLL 138 B | CLL 138 A | 485 | FUE CONSTRUIDO EN EL CTO 485 NO REQUIERE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION SEGÚN DIAGNOSTICOS REALIZADOS |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 11003572 | CRA 159 A | CLL 138 | CLL 138 A | 485 | FUE CONSTRUIDO EN EL CTO 485 NO REQUIERE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION SEGÚN DIAGNOSTICOS REALIZADOS |
| 11003639 | CRA 155 | CLL 138 A | CLL 138 | 485 | FUE CONSTRUIDO EN EL CTO 485 NO REQUIERE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION SEGÚN DIAGNOSTICOS REALIZADOS |
| 11003951 | CRA 159 A | CLL 136 F | CLL 138 | 485 | FUE CONSTRUIDO EN EL CTO 485 NO REQUIERE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION SEGÚN DIAGNOSTICOS REALIZADOS |
| 11004208 | CLL 136 A | CRA 157 | CRA 157 A | 485 | FUE CONSTRUIDO EN EL CTO 485 NO REQUIERE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION SEGÚN DIAGNOSTICOS REALIZADOS |
| 11003276 | CRA 154 B | CLL 138 C | CLL 138 D | 485 | FUE CONSTRUIDO EN EL CTO 485 NO REQUIERE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION SEGÚN DIAGNOSTICOS REALIZADOS |
| 11004245 | CLL 136 A | CRA 157 A | CRA 157 B | 485 | FUE CONSTRUIDO EN EL CTO 485 NO REQUIERE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION SEGÚN DIAGNOSTICOS REALIZADOS |
| 11004273 | CLL 136 A | CRA 157 B | CRA 158 | 485 | FUE CONSTRUIDO EN EL CTO 485 NO REQUIERE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION SEGÚN DIAGNOSTICOS REALIZADOS |
| 11004313 | CLL 136 A | CRA 158 | CRA 158 A | 485 | FUE CONSTRUIDO EN EL CTO 485 NO REQUIERE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION SEGÚN DIAGNOSTICOS REALIZADOS |
| 11004333 | CLL 136 A | CRA 158 A | CRA 158 B | 485 | FUE CONSTRUIDO EN EL CTO 485 NO REQUIERE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION SEGÚN DIAGNOSTICOS REALIZADOS |
| 11004592 | CRA 159 A | CLL 136 | CLL 136 A | 485 | FUE CONSTRUIDO EN EL CTO 485 NO REQUIERE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION SEGÚN DIAGNOSTICOS REALIZADOS |

**b)** Cambios de nomenclatura del código de identificación vial CIV por parte del IDU.

| CIV | TRAMO | DESDE | HASTA | SEC_BAR | OBSERVACION |
|---|---|---|---|---|---|
| 11006787 | CLL 131 B | CRA 95A BIS | CRA 95 B | CIV INICIAL | FUE RENOMBRADO POR EL IDU CON EL NUEVO CODIGO CIV 11014957 |

**C**) Intervención integral de la zona que permita la continuidad en el corredor vial

| CIV | TRAMO | DESDE | HASTA | SEC_BAR | OBSERVACION |
|---|---|---|---|---|---|
| 11014957 | CLL 131 B | CRR 95A | CRR 95B | GLORIA LARA | CAMBIO DE CODIGO POR IDU |
| 11006840 | CLL 131 B | CRR 95 | CRR 95A | GLORIA LARA | CONTINUIDAD DE CORREDOR INTERVENIDO INTERVENCION INTEGRAL DE LA ZONA |
| 11003712 | CRA 150 D | CLL 133 | CLL 134 | LISBOA | CAMBIO DE CODIGO POR IDU Y CONTINUIDAD DE CORREDOR INTERVENIDO |
| 11003992 | CRA 150 D | CLL 132A | CLL 132 A BIS | LISBOA | CONTINUIDAD DE CORREDOR INTERVENIDO |
| 11002589 | DIAG 138F | CRR 149C | CRR 150A | SAN PEDRO | INTERVENCION INTEGRAL DE LA ZONA |
| 11002546 | DIAG 138F | CRR 150A | CRR 150B | SAN PEDRO | INTERVENCION INTEGRAL DE LA ZONA |
| 11002938 | CRR 150 B | CLL 138 | DIAG 138F | SAN PEDRO | INTERVENCION INTEGRAL DE LA ZONA |
| 11003043 | CRR 151 BIS | CLL 138 | CLL 138 D BIS | SAN PEDRO | INTERVENCION INTEGRAL DE LA ZONA |

Ahora bien, en lo que atañe a los segmentos viales que se propone su adicción, este contratista de obra tuvo en cuanto lo siguientes criterios para incluirlos; i) Continuidad del corredor vial,

**ii)** intervención integral de la zona y iii) aquellos que presentaron cambio del código por parte del IDU.

Tales segmentos son:

| CIV | TRAMO | DESDE | HASTA | SEC_BAR | OBSERVACION |
|---|---|---|---|---|---|
| 11014957 | CLL 131 B | CRR 95A | CRR 95B | GLORIA LARA | CAMBIO DE CODIGO POR IDU |
| 11006840 | CLL 131 B | CRR 95 | CRR 95A | GLORIA LARA | CONTINUIDAD DE CORREDOR INTERVENIDO INTERVENCION INTEGRAL DE LA ZONA |
| 11003712 | CRA 150 D | CLL 133 | CLL 134 | LISBOA | CAMBIO DE CODIGO POR IDU Y CONTINUIDAD DE CORREDOR INTERVENIDO |
| 11003992 | CRA 150 D | CLL 132A | CLL 132 A BIS | LISBOA | CONTINUIDAD DE CORREDOR INTERVENIDO |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 11002589 | DIAG 138F | CRR 149C | CRR 150A | SAN PEDRO | INTERVENCION INTEGRAL DE LA ZONA |
| 11002546 | DIAG 138F | CRR 150A | CRR 150B | SAN PEDRO | INTERVENCION INTEGRAL DE LA ZONA |
| 11002938 | CRR 150 B | CLL 138 | DIAG 138F | SAN PEDRO | INTERVENCION INTEGRAL DE LA ZONA |
| 11003043 | CRR 151 BIS | CLL 138 | CLL 138 D BIS | SAN PEDRO | INTERVENCION INTEGRAL DE LA ZONA |

Los recursos para la ejecución de los anteriores segmentos viales propuestos se encuentran soportados en la presentación del último balance presupuestal presentado a la interventoría en donde se reporta el remante de unos recursos que serían suficientes para la ejecución de un número aproximado de 6 a 8 segmentos viales de las características de los relacionadas anteriormente.

En tal sentido, solicitamos respetuosamente que se modifique el alcance del objeto contractual, mediante la exclusión e inclusión de los segmentos viales que se relacionaron en el cuerpo de esta misiva con motivo de los criterios desarrollados previamente.

Lo anterior se envía para su revisión observaciones comentarios y fines pertinentes gracias.

Cordialmente,

_____

OSCAR JULIAN MORENO C
REPRESENTANTE LEGAL
CONSORCIO SUBA MT
# Folios (5) Archivo Digital

FRO-085-395-2025

Bogotá, D.C., 15 de octubre de 2025

**Señores**
**CONSORCIO SUBA MT**
**Atn ING. OSCAR JULIAN MORENO**
**Representante Legal**
**Carrera 36 No. 3-41 Ed. Verona 2-Of.1503**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO**: RESPUESTA A SU OFICIO CE-SUBA MT-1013-2024-207 HOJAS DE VIDA DE LOS PROFESIONALES ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS, INGENIERO RESIDENTE 1 Y TOPÓGRAFO INSPECTOR

Respetados Señores:

En atención a la revisión realizada de las hojas de vida del personal presentado para el contrato 1013-2024, esta Interventoría informa que, de acuerdo con lo establecido en el ANEXO 1 — ANEXO TÉCNICO, el personal exigido debe cumplir y acreditar, como mínimo, los siguientes requisitos de formación y experiencia:

| Profesional Ofrecido para el Cargo | Requisitos de Experiencia General | Requisitos de Experiencia Específica | Categoría | Profesional (Años) | Experiencia Especifica (Años) |
|---|---|---|---|---|---|
| Ingeniero Residente de Obra (Cantidad 2) | Ingeniero Civil o Ingeniero de Transporte y Vías o Arquitecto con tarjeta profesional vigente. | Experiencia específica como Residente o coordinador en de obras de Construcción o Rehabilitación o Adecuación, Ampliación o Mejoramiento Mantenimiento de infraestructura Vial Urbana o interurbana de la malla vial primaria de proyectos de Espacio Público (plazas, vías peatonales, andenes, controles ambientales de las vías arterias, alamedas y ciclorutas) o sistemas BRT para tráfico automotor | 6 | Mínimo 3 | Mínimo 1 |

| Profesional Ofrecido para el Cargo | Requisitos de Experiencia General | Requisitos de Experiencia Específica | Categoría | Profesional (Años) | Experiencia Especifica (Años) |
|---|---|---|---|---|---|
| Especialista en Pavimentos | Título de postgrado: a) En Pavimentos o b) En Geotecnia vial y Pavimentos | Experiencia específica como Residente o coordinador en de obras de Construcción o Rehabilitación o Adecuación, Ampliación o Mejoramiento Mantenimiento de infraestructura Vial Urbana o interurbana de la malla vial primaria de proyectos de Espacio Público (plazas, vías peatonales, andenes, controles ambientales de las vías arterias, alamedas y ciclorutas) o sistemas BRT para tráfico automotor | 4 | Mínimo 6 | Mínimo 4 |

Teniendo en cuenta lo anterior:

1. se evidencia que la hoja de vida del señor DUBERNEY RAMOS MONTEALEGRE presentada para el cargo de ingeniero residente de obra -1 no cumple, dado que su experiencia general es de 1 año, y su experiencia especifica es como inspector de obra y no como residente de obra.

2. Se evidencia que la hoja de vida del señor MISAEL PULIDO GUZMAN presentada para el cargo de Especialista en pavimentos no cumple con los requisitos de experiencia exigidos en el pliego de condiciones y el Anexo Técnico del contrato, ya que su experiencia general es de 4 años y la experiencia especifica allegada no es como especialista en pavimentos.

3. La hoja de vida del señor GIOVANNY OSPINA BELTRAN presentada para el cargo de Topógrafo inspector no tiene objeción alguna por parte de la interventoría.

Por lo anterior, se solicita realizar los ajustes correspondientes y remitir nuevamente la documentación que acredite el cumplimiento de los requisitos establecidos, con el fin de proceder a la validación respectiva.

Cordialmente,



**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**
Reviso: R T A

FRO-085-0399-2025

Bogotá, D.C., 16 de octubre 2025

**Señores**
**CONSORCIO SUBA MT**
**Atn ING. OSCAR JULIAN MORENO**
**Representante Legal**
**Carrera 36 No. 3-41 Ed. Verona 2-Of.1503**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO:** RESPUESTA COMUNICADO CE-SUBA MT-1013-2024-202. INFORME MENSUAL AMBIENTAL No.6.V2 CTO-FDLS-1013-2024 (119224).

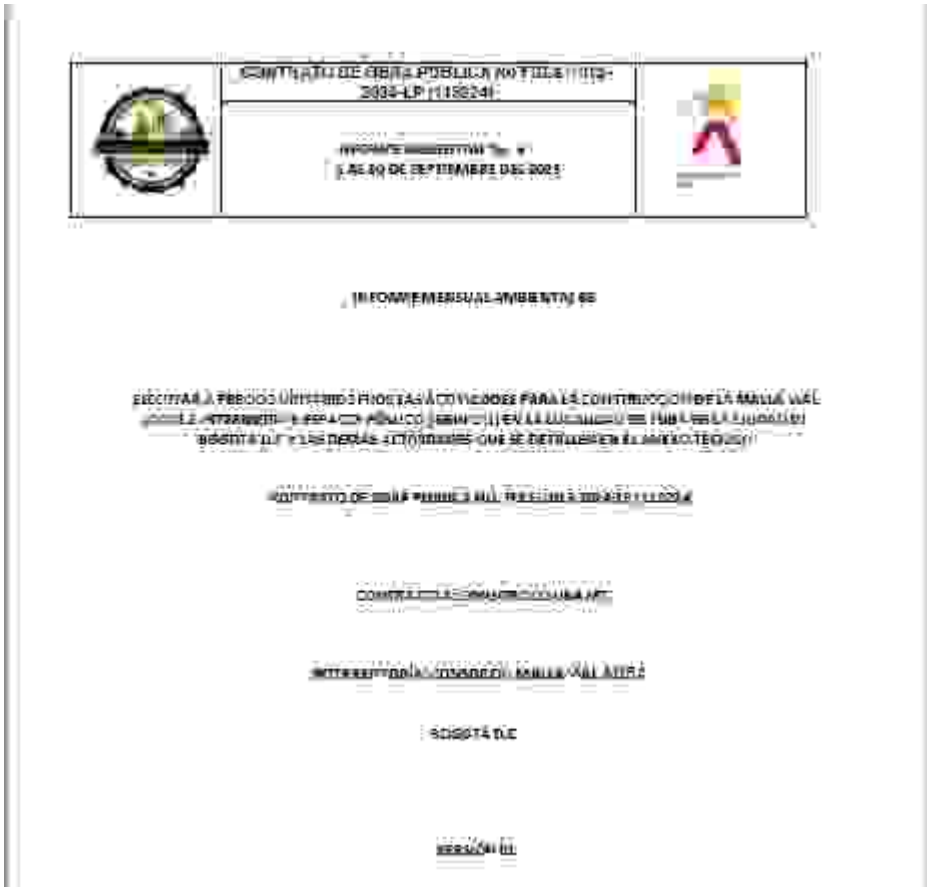
Respetados Señores:

En atención a la comunicación del asunto, mediante la cual el CONSORCIO SUBA MT, atiende las observaciones realizadas por la interventoría mediante comunicación FRO-085-0383-2025 del 8 de octubre de 2025, haciendo entrega del Informe Mensual Ambiental No.6 versión 2 correspondiente al reporte de las actividades ambientales realizadas en el periodo del 1 al 30 de septiembre de 2025, esta interventoría informa que las observaciones fueron atendidas parcialmente, y a su vez se realizan nuevas observaciones al informe mensual ambiental entregado el 9 de octubre, con alcance el día 10 de octubre de 2025.

El CONSORCIO SUBA MT no adjunta la comunicación CE-SUBA MT-1013-2024-202 mediante la cual hace entrega de la versión 2 del documento. Se solicita se incluya la comunicación y la respuesta a cada una de las observaciones.

Se recibe correo del 9 de octubre de 2025 y alcance del mismo el día 10 de octubre de 2025, sin embargo, los documentos se encuentran incompletos y genera confusión a la hora de revisar. En el correo del 9 de octubre de 2025 se recibe el informe mensual ambiental versión 1 con anexos y en el correo del 10 de octubre se recibe informe mensual ambiental versión 2 sin anexos.

En el documento enviado con fecha 10 de octubre de 2025, no se hace referencia a que es la versión 2. Se solicita ajustar y actualizar.



Se solicita actualizar fechas de elaboración del informe, la cual debe corresponder a mes de octubre de 2025. Incluir versión 2 y fecha.

| ESTADO REVISIÓN Y APROBACIÓN | NOMBRE | CARGO | FIRMA | FECHA |
|---|---|---|---|---|
| ELABORÓ | ING. ALONSO BUSTOS | RESIDENTE AMBIENTAL CONSORCIO SUBA MT | | SEPTIEMBRE 2025 |
| Vo. Bo. INTERVENTORÍA | ING. TONYA OSORIO | RESIDENTE AMBIENTAL CONSORCIO MALLA VIAL SUBA | | SEPTIEMBRE 2025 |
| MODIFICACIONES | | | | |
| FECHA | VERSIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN | | |
| 03/09/2025 | 01 | Versión inicial | | |

**Observación no atendida. Se reitera.**

**7. COMPONENTE DE GESTIÓN AMBIENTAL – CAPACITACIONES.** Se solicita entregar el soporte de las capacitaciones realizadas en el periodo junto con el registro fotográfico. En ninguno de los dos correos enviados se encontró el soporte de las capacitaciones realizadas en el periodo de septiembre de 2025.

**7.2.2. B2. Manejo De Materiales De Construcción.** Se solicita revisar la sumatoria de materiales de construcción ingresado para el periodo de julio de 2025, toda vez que al sumar las cantidades da un volumen de 404 $m^3$ y en el informe se reporta un volumen total del periodo de 524 $m^3$. Verificar y validar. Validar y revisar el acumulado Total del Periodo de Julio de 2025. Validar y revisar el acumulado Total del Periodo de Agosto de 2025. Validar y revisar el acumulado Total del Periodo de Septiembre de 2025

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| JULIO 2025 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| | Total Periodo | [illegible] | [illegible] | N/A | N/A |
| | Total Acumulado | [illegible] | [illegible] | N/A | N/A |

**Generación y Disposición de RCD. Tabla 13. RCD Generados para el periodo.** Se reporta un volumen de 570 m3 equivalentes 939 Toneladas y se indica que se entrega la certificación No. TM-0172-2025 del 07 de OCTUBRE del 2025; sin embargo, en los anexos no se encontró el documento.




**Seguimiento a la Reutilización de RCD.** El CONSORCIO SUBA MT informa que genera un volumen de 1225 m3 equivalentes a 2018.8 toneladas de material de excavación; sin embargo, en las tablas No. 13. RCD Generados para el periodo y Tabla 13. Estado De Certificaciones reportan un volumen de 570 m3 equivalentes 939 Toneladas. Revisar y validar.

**Tabla 13. RCD Generados para el periodo**

| GESTOR | RCD | No. Registro IDU/ vigencia: | MAYO 202527 - 31 | JUNIO 2025 01 - 30 | JULIO 2025 01 - 31 | AGOSTO 2025 01 - 31 | SEPTIEMBRE 2025 01 - 30 | TOTAL (M3) | TOTAL TONELADAS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MAQUINAS AMARILLAS S.A.S | Excavación de tierras arcillas y rocebos | No IDU 421 Vigencia25/0 8/2025 | 180 | 0 | 30 | 0 | 0 | 210 | 385.92 |
| INGEOMINERIA (San Antonio) | Excavación de tierras | No. IDU 654 vigencia 12/11/2025 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 49.44 |
| CEMEX | Disposición Final de RCD, Escombros, Excavación y Materiales estériles | Res ANLA-1506 28 AGOSTO 2006/ 1480 04 diciembre de 2014 | 0 | 1350 | 1425 | 0 | 0 | 2775 | 4573 |
| TECNOMINERALES ARENAS Y GRAVAS S.A.S | Recibo, acopio y aprovechamiento de RCD | Registro No 59 Corporación Autónoma de Cundinamarca | 0 | 0 | 0 | 645 | 570 | 1215 | 2002 |
| | | Total, en el periodo | 210 | 1350 | 1455 | 645 | 570 | 4230 | 6960.56 |

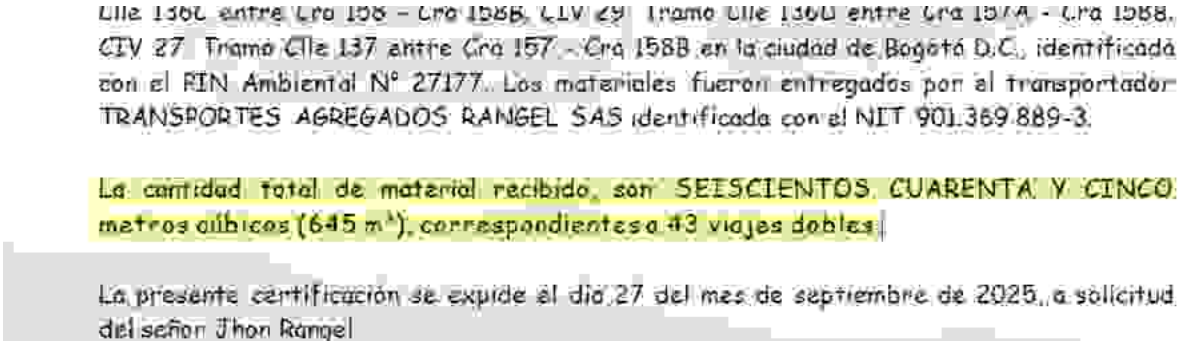
Nota: Densidad 1.648 kg/m3

Tabla 15 Estado De Certificaciones

| INFORME | GESTOR | RCD | No. REGISTRO IDU/VIGENCIA | VOLUMEN CERTIFICADO | CERTIFICADO |
|---|---|---|---|---|---|
| PERIODO 1 DE 1 - 31 DE MAYO 2025 | MAQUINAS AMARILLAS S.A.S | Excavación de tierras, Arcillas y Rocebos | No IDU 421 Vigencia 25/08/2025 | 180m³ 456.69 Ton | SI CERTIFICACION No.CERT-1025-2025 del 10 de NOVIEMBRE de 2025 |
| | INGEOMINERIA (San Antonio) | Excavación de tierras | No IDU 654 Vigencia 12/11/2025 | 30 m3 69 Ton | SI CERTIFICACION No.CERT-0305084 del 15 de JULIO de 2025 |
| PERIODO 2 DE 1 - 30 DE JUNIO 2025 | CEMEX | Disposición Final de RCD, Escombros, Excavación y Materiales estériles | Res ANLA-1506 28 AGOSTO 2006/ 1480 04 diciembre de 2014 | 1350 m3 1978.1 Ton | SI CERTIFICACION No. [illegible] No.CERT-[illegible] del 1 de AGOSTO de 2025 |
| PERIODO 3 DE 1 - 31 DE JULIO 2025 | CEMEX | Disposición Final de RCD, Escombros, Excavación y Materiales estériles | Res. ANLA-1506 28 AGOSTO 2006/ 1480 04 diciembre de 2014 | 1425 m3 2088.1 Ton | SI [illegible] del 10 de AGOSTO de 2025 |
| PERIODO 4 DE 1 - 31 DE AGOSTO 2025 | TECNOMINERALES ARENAS Y GRAVAS S.A.S | Recibo, acopio y aprovechamiento de RCD | Registro No. 59 Corporación Autónoma de Cundinamarca | 645 m3 1055 Ton | SI [illegible] del 11 de SEPTIEMBRE de 2025 |
| PERIODO 5 DE 1 - 30 DE SEPTIEMBRE 2025 | TECNOMINERALES ARENAS Y GRAVAS S.A.S | Recibo, acopio y aprovechamiento de RCD | Registro No. 59 Corporación Autónoma de Cundinamarca | 570 m3 932 Ton | SI [illegible] del 10 de OCTUBRE de 2025 |

Para el periodo de reporte del 1 al 30 de septiembre de 2025, teniendo en cuenta que el CONSORCIO SUBA MT genera un volumen de 1225 m3 equivalentes a 2018.8 toneladas de material de excavación, se informa que para este periodo no se reporta aprovechamiento ya que el material de excavación corresponde a tierra arcillosa la cual es trasladada a los sitios de disposición autorizados

**Observación no atendida, se reitera.**
La certificación de TECNOMINERALES ARENAS Y GRAVAS S.A.S debe incluir el material de excavación recibido en metros cúbicos y toneladas. Se solicita entregar la certificación con el peso (toneladas) entregadas.



Calle 136C entre Cra 158 – Cra 158B, CIV 29 Tramo Calle 136D entre Cra 157A - Cra 158B, CIV 27 Tramo Calle 137 entre Cra 157 - Cra 158B en la ciudad de Bogotá D.C, identificada con el RIN Ambiental N° 27177. Los materiales fueron entregados por el transportador TRANSPORTES AGREGADOS RANGEL SAS identificada con el NIT 901.369.889-3.

La cantidad total de material recibido, son SEISCIENTOS CUARENTA Y CINCO metros cúbicos (645 $m^3$), correspondientes a 43 viajes dobles.

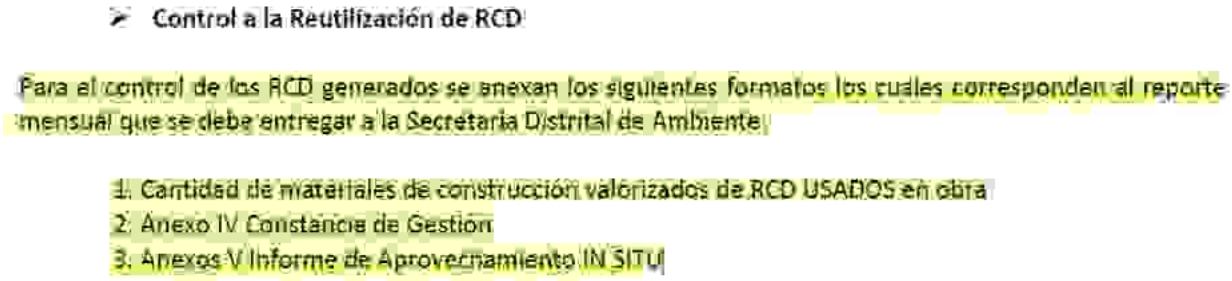
La presente certificación se expide el día 27 del mes de septiembre de 2025, a solicitud del señor Jhon Rangel

**Observación no atendida, se reitera.**

**REPORTE RCD – SDA**

En el informe el contratista de obra hace la siguiente afirmación, sin embargo no precisa los periodos de reporte:

> «Para el control de los RCD generados se anexan los siguientes formatos los cuales corresponden al reporte mensual que se debe entregar a la Secretaría Distrital de Ambiente:
> 1. Cantidad de materiales de construcción valorizados de RCD USADOS en obra
> 2. Anexo IV Constancia de Gestión
> 3. Anexos V Informe de Aprovechamiento IN SITU»



➢ Control a la Reutilización de RCD

Para el control de los RCD generados se anexan los siguientes formatos los cuales corresponden al reporte mensual que se debe entregar a la Secretaría Distrital de Ambiente:

1. Cantidad de materiales de construcción valorizados de RCD USADOS en obra
2. Anexo IV Constancia de Gestión
3. Anexos V Informe de Aprovechamiento IN SITU

**REPORTE RCD MES DE AGOSTO DE 2025**

1. DISPOSICIÓN
   - ANEXO 1 NUMERAL 5 DECRETO 507-2023
   - CERTIFICACION SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL
   - ANEXO IV

2. TRANSPORTE RCD
   - Excel CSV

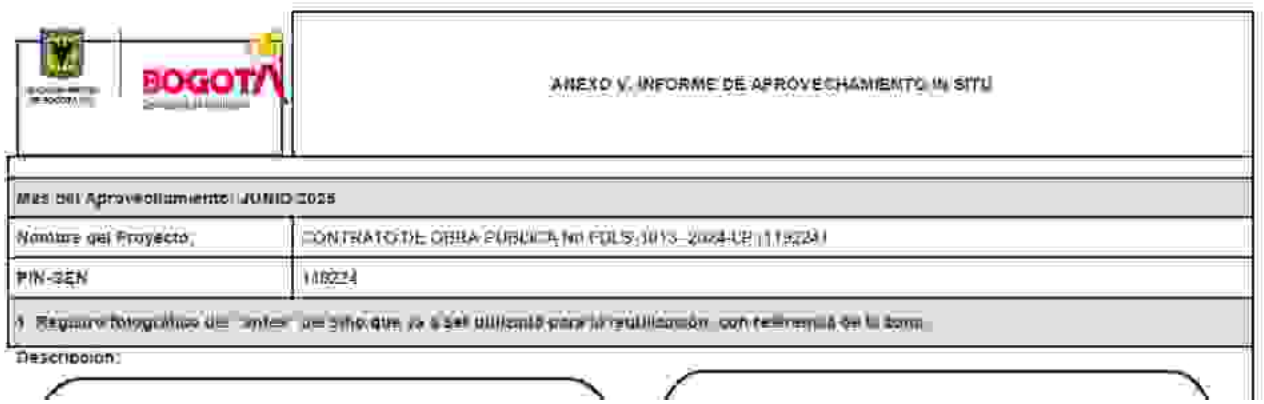
3. APROVECHAMIENTO
   - ANEXO V

Se recibe ANEXO 1 NUMERAL 5 DECRETO 507-2023 para el periodo de reporte de agosto de 2025. De acuerdo a la certificación TM-0160-2025 entregada por TECNOMINERALES S. A. S. con fecha 27 de septiembre de 2025 no se puede validar el tipo de gestión realizada a los RCD generados, por lo anterior y de acuerdo a las observaciones realizada por el FDLS para el reporte a la Secretaría Distrital de Ambiente, se solicita informar qué tipo tratamiento se dio a los RCD generados, para que se registrara el valor de 1062 toneladas en la columna “OTROS”.

Se recibe la CERTIFICACION SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL, sin embargo, se requiere el volumen entregado en metros cúbicos y toneladas.

No se recibe el ANEXO IV del Decreto 507 de 2023, y tampoco se recibe documento en el cual se haya realizado la solicitud del soporte.

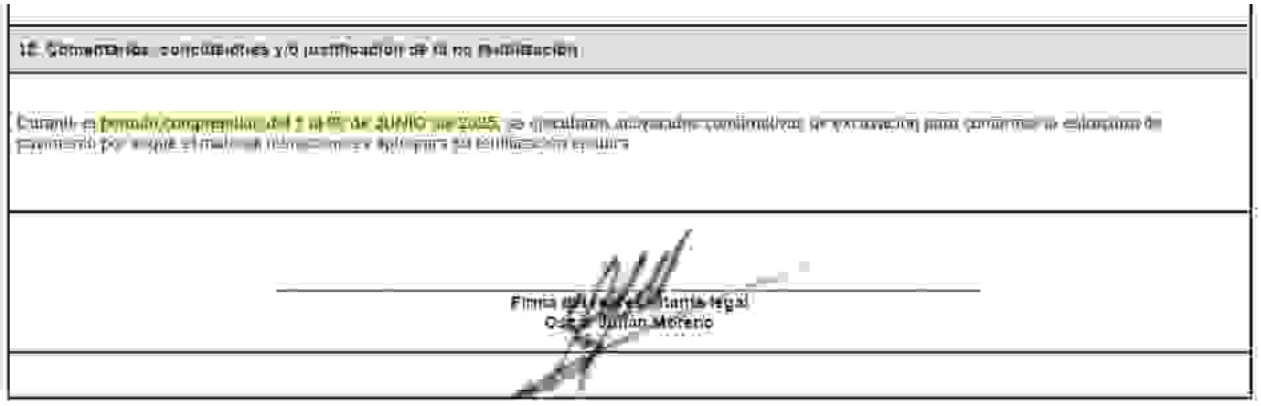
Se recibe ANEXO V, sin embargo, en el mes de aprovechamiento se registra el mes de junio de 2025, se solicita corregir, toda vez que debe corresponder al mes de agosto de 2025. En el numeral 12. Comentarios, conclusiones y/o justificación de la no reutilización, se reporta periodo comprendido del 1 al 30 de JUNIO del 2025. Ajustar y corregir.



ANEXO V. INFORME DE APROVECHAMIENTO in SITU

| | |
|---|---|
| Mes del Aprovechamiento: JUNIO 2025 | |
| Nombre del Proyecto: | CONTRATO DE OBRA PÚBLICA No FDLS-1013-2024-UP-[illegible] |
| PIN-SEN | [illegible] |
| 1. Registro fotográfico del "antes" del sitio que va a ser utilizado para la reutilización con referencia de la zona | |

Descripción:



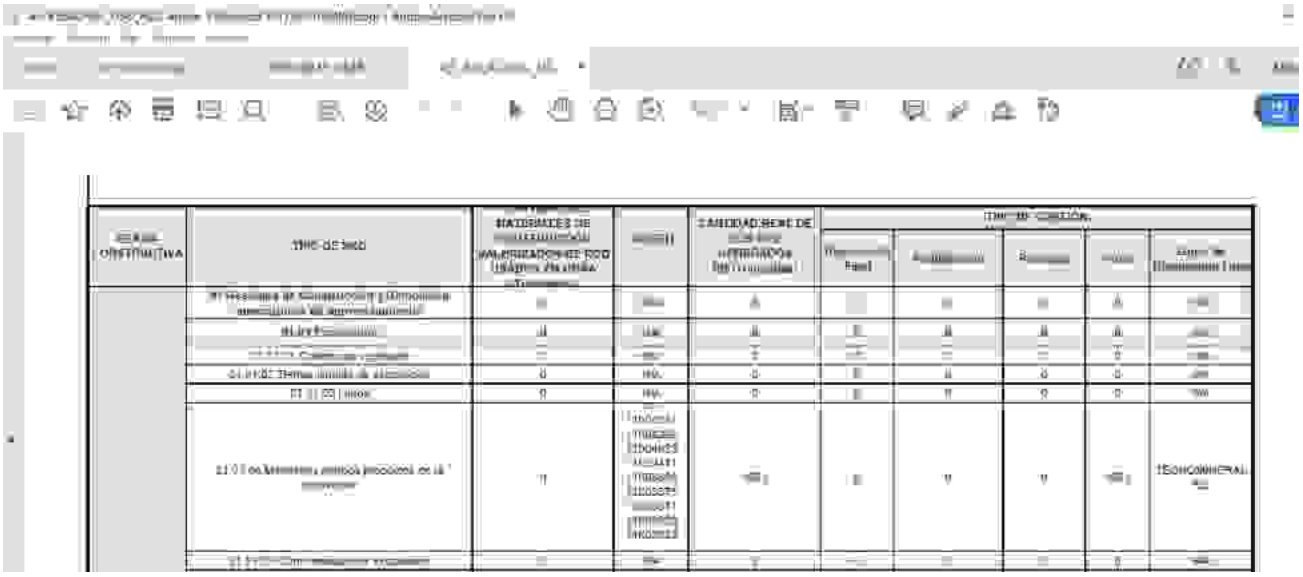
12. Comentarios, conclusiones y/o justificación de la no Reutilización

Durante el periodo comprendido del 1 al 30 de JUNIO de 2025, se realizan actividades constructivas de excavación para generar la adecuación de terreno por lo que el material no cumple para la utilización externa

Firma del [illegible] Asistente legal
Cédula: Julián Moreno

**REPORTE RCD MES DE SEPTIEMBRE DE 2025**

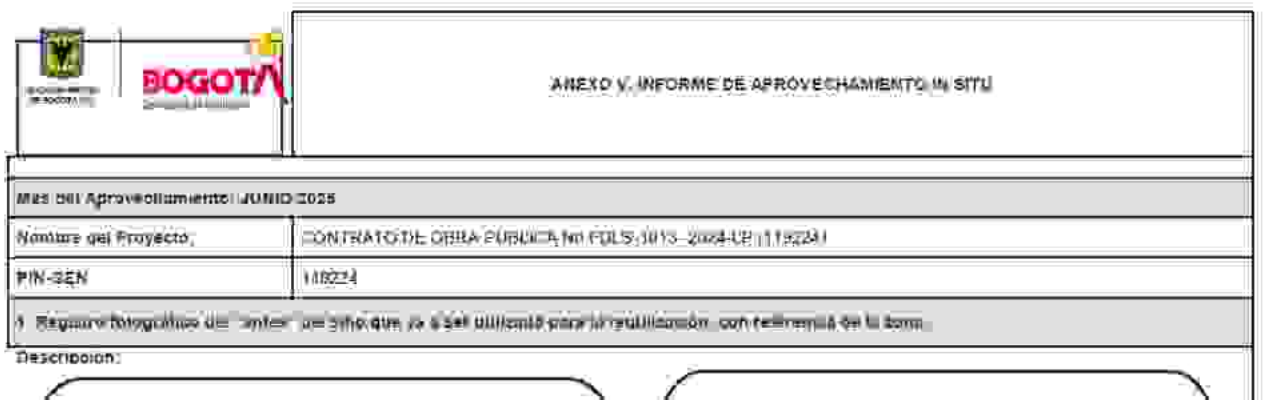
Se recibe ANEXO 1 NUMERAL 5 DECRETO 507-2023, sin embargo, se reporta un volumen de 1062 toneladas, lo cual no concuerda con lo reportado en las tablas No. 13. RCD Generados para el periodo y Tabla 13. Estado De Certificaciones reportan un volumen de 570 m3 equivalentes 939 Toneladas; y seguimiento a la reutilización de RCD. Revisar y validar.



NO se recibe la CERTIFICACION de entrega de RCD

No se recibe el ANEXO IV del Decreto 507 de 2023, y tampoco se recibe documento en el cual se haya realizado la solicitud del soporte.

Se recibe ANEXO V, sin embargo, en el mes de aprovechamiento se registra el mes de junio de 2025, se solicita corregir, toda vez que debe corresponder al mes de agosto de 2025. En el numeral 12. Comentarios, conclusiones y/o justificación de la no reutilización, se reporta periodo comprendido del 1 al 30 de JUNIO del 2025. Ajustar y corregir.



| 12. Comentarios, conclusiones y/o justificación de la no aceptación |
| --- |
| Durante el periodo comprendido del 1 al 15 de JUNIO de 2025, se realizan actividades constructivas de excavación para conformar la estructura de pavimento por ende el material no cumple con las especificaciones exigidas |
| Firma del Interventor o Auditoría legal<br>Ing. Julián Moreno |

Se solicita atender las observaciones en cumplimiento a las obligaciones contractuales con el fin de aprobar el informe y radicarlo a la alcaldía en los términos establecidos.

Atentamente,

**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**
Anexo:
Elaboro: Ambiental
Reviso: oag

FRO-085-400-2025

Bogotá, D.C., 16 de octubre de 2025

**Señores**
**CONSORCIO SUBA MT**
**Atn ING. OSCAR JULIAN MORENO**
**Representante Legal**
**Carrera 36 No. 3-41 Ed. Verona 2-Of.1503**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO**: SOLICITUD PLAN DE CONTINGENCIA COP-1013-2024

Respetados Señores:

Una vez realizado el corte semanal con fecha 11 de octubre de 2025, en el cual se verifican los valores de ejecución programados a la fecha, versus los valores de ejecución real, se evidencian atrasos en los siguientes segmentos:

| SEGMENTOS CON ATRASO | FECHA INICIO | FECHA FIN | % EJECUTADO | % PROGRAMADO | ATRASO |
|---|---|---|---|---|---|
| 11002907 | 4/08/2025 | 3/12/2025 | 25,28% | 43,45% | -18,17% |
| 11004038 | 16/06/2025 | 15/11/2025 | 66,85% | 83,52% | -16,67% |
| 11003331 | 19/08/2025 | 20/11/2025 | 0,00% | 0,00% | -51,38% |
| 11003637 | 1/09/2025 | 3/12/2025 | 0,00% | 35,74% | -35,74% |

Esta situación provoca un atraso en el avance general del contrato 1013-2024, mayor al 5%, por lo que muy comedidamente solicitamos la presentación de un **PLAN DE CONTINGENCIA** para eliminar las actividades que muestran atraso.

| | VALOR EJECUTADO | VALOR PROGRAMADO | % EJECUTADO | % PROGRAMADO |
|---|---|---|---|---|
| TOTAL | $ 3.598.954.016 | $ 4.106.275.000 | 37,81% | 43,14% |
| ATRASO GENERAL CONTRATO 1013-2024 | | | | -5,33% |

Quedamos atentos a la presentación del documento solicitado

Cordialmente,



**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**
Reviso: R T A

**CC ING ALEJANDRO VICTORIA-APOYO A LA SUPERVISIÓN**
**CC ING JUAN PABLO SARMIENTO- APOYO A LA SUPERVISIÓN**
**CC ING ANDRES ACOSTA- APOYO A LA SUPERVISIÓN**

FRO-085-402-2025

Bogotá, D.C., 17 de octubre de 2025

**Señores**
**CONSORCIO SUBA MT**
**Atn ING. OSCAR JULIAN MORENO**
**Representante Legal**
**Carrera 36 No. 3-41 Ed. Verona 2-Of.1503**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO**: FECHA RADICACIÓN DE CUENTAS CTO 1013-2024**.**

Respetados Señores:

En cumplimiento de lo establecido por el FDLS, se recuerda que el plazo máximo para la radicación de cuentas de cobro ante dicha entidad es el día 10 del mes siguiente al período facturado. En este sentido, y con el objetivo de garantizar el cumplimiento de lo establecido, la interventoría solicita que los soportes correspondientes a la cuenta sean remitidos a más tardar el día 30 del mes objeto de facturación. Esto permitirá realizar oportunamente la revisión, validación y aprobación de los mismos, evitando reprocesos que puedan impactar negativamente en la gestión y pago oportuno.

Cordialmente,



**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**
**Revisó: R T A**

# CONSORCIO MALLA VIAL SUBA

**NIT: 901.911.718-7**

Bogotá, D.C., 17 de octubre de 2025

FRO-085-0405-2025

**Señores**
**CONSORCIO SUBA MT**
**Atn ING. OSCAR JULIAN MORENO**
**Representante Legal**
**Carrera 36 No. 3-41 Ed. Verona 2-Of.1503**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO:** RESPUESTA COMUNICADO CE-SUBA MT-1013-2024-210. INFORME MENSUAL AMBIENTAL No.6.V3 CTO-FDLS-1013-2024 (119224).

Respetados Señores:

En atención a la comunicación del asunto, mediante la cual el CONSORCIO SUBA MT entrega el Informe Mensual Ambiental No.6 versión 3, en la cual se reportan las actividades realizadas en el periodo del 1 al 30 de septiembre de 2025; se informa que, una vez revisado el documento, el contratista de obra subsana las observaciones realizadas por la interventoría; por lo anterior, el informe cumple con la información requerida para el reporte mensual ambiental, y se APRUEBA el informe.

Atentamente,



**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**

**Anexo**: Sin anexos
**Elaboro: Ambiental**
**Reviso: oag**

FRO-085-407-2025

Bogotá, D.C., 20 de octubre de 2025

**Señores**
**CONSORCIO SUBA MT**
**Atn ING. OSCAR JULIAN MORENO**
**Representante Legal**
**Carrera 36 No. 3-41 Ed. Verona 2-Of.1503**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO**: ALCANCE A LAS OBSERVACIONES AL ACTA No. 4**.** DEL CONTRATO 1013-2024

Respetados Señores:

Dando alcance a las revisiones del Acta No. 4 que se han venido realizando vía correo electrónico, esta interventoría se permite emitir las siguientes observaciones identificadas por cada CIV, las cuales deberán ser atendidas y aclaradas para continuar con el proceso de validación correspondiente:

- **CIV11002883:**
  - **Ítem 1.73 Triturado:** No se están contemplando las domiciliarias en el balance. (Ver archivo anexo)
- **CIV11002907:**
  - **Ítem 1.48 SBG C:** No se ha ejecutado todo el segmento, solo 66 m al 17 de octubre.
  - **Ítem NP09 Rajón:** No se ha ejecutado todo el segmento, solo 66 m al 17 de octubre.
- **CIV11003330:**
  - Sin observaciones.
- **CIV11003377:**
  - **Ítem 1.27 Excavación Mecánica**: No se está realizando suma en el balance de actas (ver archivo anexo)
  - **Ítem NP22 Demolición de Cajas CS 274:** No hay cajas CS 274

- Inclusión de un ítem que contemple la demolición de las cajas ejecutadas**.**

- **CIV11003507:**
  - **Ítem 1.27 Excavación mecánica:** No corresponde la altura en el descuento. (Ver archivo anexo).
  - **Ítem NP5 Retiro:** Cambia por ítem 1.27; no corresponde la altura en el descuento. (Ver archivo anexo).
  - **Ítem NP15 Retiro de 9 km:** Cambia por ítem 1.27; no corresponde la altura en el descuento. (Ver archivo anexo).
- **CIV11003577:**
  - Sin observaciones.
- **CIV11003637:**
  - **Ítem actividad CCTV:** La interventoría no cuenta con el informe respectivo**.**
- **CIV11003641:**
  - **Ítem que involucren ancho de calzada** no está conciliado (ver archivo anexo)
- **CIV11003796:**
  - **Ítem actividad CCTV:** La interventoría no cuenta con el informe respectivo**.**
- **CIV11003901:**
  - **Ítem actividad CCTV:** La interventoría no cuenta con el informe respectivo**.**
- **CIV11004038:**
  - **Ítem NP20 lleno de redes**: No se realizó lleno en SBG sobre la red por construcción de cárcamo de protección (ver archivo anexo)
- **CIV11004209:**
  - **Ítem 1.1 Replanteo**: No se está realizando la suma en el balance de las actas (ver archivo anexo)
  - **Ítem 1.27 Excavación Mecánica**: Cambia por longitud del segmento (ver archivo anexo)
  - **Ítem NP5 Retiro**: Cambia por ítem 1.27 por longitud del segmento (ver archivo anexo)
  - **Ítem NP15 Retiro de 9 km:** Cambia por ítem 1.27 por longitud del segmento (ver archivo anexo)

- **Ítem NP22 Demolición de Cajas CS 274**: No hay cajas CS 274
- Inclusión de un ítem que contemple la demolición de las cajas ejecutadas**.**

- **CIV11004274:**
  - **Ítem 1.87 Sardinel:** Pasar la mitad hasta que se corrijan los detalles de acabados.
  - **Ítem NP22 Demolición de Cajas CS 274**: No hay cajas CS 274
  - Inclusión de un ítem que contemple la demolición de las cajas ejecutadas**.**

- **CIV11004274:**
  - Sin observaciones

Agradecemos dar respuesta a las observaciones anteriores y realizar los ajustes pertinentes en la documentación y balances correspondientes, con el fin de proceder con la revisión y aprobación del Acta No. 4.

Cordialmente,



**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**
**Revisó: R T A**

FRO-085-410-2025

Bogotá, D.C., 21 de octubre de 2025

**Señores**
**CONSORCIO SUBA MT**
**Atn ING. OSCAR JULIAN MORENO**
**Representante Legal**
**Carrera 36 No. 3-41 Ed. Verona 2-Of.1503**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO**: RADICADO CUENTAS MENSUALES COP-1013-2024

Respetados Señores:

En atención a las solicitudes realizadas por los funcionarios del Fondo de Desarrollo Local de Suba, muy comedidamente requerimos de su colaboración con el fin de planificar y organizar las actividades requeridas para el cobro mensual, de manera tal que se radique en la Interventoría, la cuenta con sus respectivos soportes el día 30 de cada mes.

Lo anterior con el fin de contar con el tiempo de hacer la revisión, validación, verificación, aprobación y cumplir con el radicado el día 10 en el Fondo de Desarrollo Local de Suba.

Cabe anotar que cumplir con esta solicitud, puede dejar algunos documentos pendientes (radicados y aprobados de los informes mensuales de los componentes, etc.), los cuales pueden ser subsanados durante el período de revisión y aprobación.

Agradecemos el entendimiento y apoyo con el fin de lograr cumplir con las fechas establecidas para este trámite.

Sin otro particular

Cordialmente



**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**
Revisó: R T A

**CC ING JUAN PABLO SARMIENTO-APOYO A LA SUPERVISION FDLS**
**CC ING ANDRES ACOSTA- APOYO A LA SUPERVISION FDLS**

FRO-085-413-2025

Bogotá, D.C., 24 de octubre de 2025

**Señores**
**CONSORCIO SUBA MT**
**Atn ING. OSCAR JULIAN MORENO**
**Representante Legal**
**Carrera 36 No. 3-41 Ed. Verona 2-Of.1503**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO**: SEGMENTOS VIALES PARA INCLUSIÓN CONTRATO 1013-2024

Respetados Señores:

Cordial saludo,

En atención al comité de seguimiento semanal realizado el día 23 de octubre de 2025, y conforme a las directrices impartidas por el Fondo de Desarrollo Local de Suba, esta interventoría se permite remitir la relación de los segmentos viales posibles de inclusión propuestos por la entidad, con el fin de que sean revisados y se determine la viabilidad de su ejecución dentro de los tiempos contractuales establecidos.

| ID | CIV | TRAMO | DESDE | HASTA | SECTOR |
|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 11001177 | CLL 157 BIS | CRA 97 A | CRA 97 | SUBA SALITRE |
| 104 | 11003777 | CRA 149 C | CLL 132 A | CLL 132 D | LISBOA |
| 108 | 11002140 | CLL 156 | CRA 87 B | CRA 88 | SUBA CERROS |
| 116 | 11002642 | CLL 138 | CRA 152 | CRA 152 A | SANTA BITA |
| 122 | 11004180 | CRA 153 | CLL 132 D | CLL 133 | LISBOA |
| 154 | 11005076 | CLL 132 C | CRA 124 B BIS | CRA 124 B | LA GAITANA |
| se da aval | 11003712 | CRA 150 D | CLL 133 | CLL 134 | LISBOA |
| 159 | 11004168 | CRA 154 A BIS | CLL 154 | CLL 155 | SANTA CECILIA II SECTOR |
| 159 | 11000671 | CALLE 152 D | CRA 114 F | CRA 115 | TUNA ALTA |

Quedado atentos a su revisión y comentarios

Cordialmente,



**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**
**Reviso: R T A**

**CC ING ALEJANDRO VICTORIA-APOYO A LA SUPERVISIÓN**
**CC ING JUAN PABLO SARMIENTO- APOYO A LA SUPERVISIÓN**
**CC ING ANDRES ACOSTA- APOYO A LA SUPERVISIÓN**

FRO-085-422-2025

Bogotá, D.C., 28 de octubre de 2025

**Señores**
**CONSORCIO SUBA MT**
**Atn ING. OSCAR JULIAN MORENO**
**Representante Legal**
**Carrera 36 No. 3-41 Ed. Verona 2-Of.1503**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO**: SU OFICIO CE-SUBA MT-1013-2024-217-INCLUSION SEGMENTOS COP-1013-2024

Respetados Señores:

En respuesta a la comunicación de la cita, esta interventoría solicita al Contratista de Obra, reconsiderar su posición en cuanto a la prorroga solicitada, basado en los puntos mencionados a continuación:

1. **VALOR TOTAL DEL CONTRATO**: Como es bien sabido, el COP-1013-2024 tiene un saldo por invertir como se indica en la tabla adjunta:

| CIV EN EJECUCION | PRESUPUESTO POR CIV |
|---|---|
| [illegible] | $ 212,831,206 |
| [illegible] | $ 833,062,108 |
| [illegible] | $ 454,284,917 |
| [illegible] | $ 174,520,556 |
| [illegible] | $ 1,024,183,813 |
| [illegible] | $ 168,290,870 |
| [illegible] | $ 374,468,838 |
| [illegible] | $ 1,069,736,501 |
| [illegible] | $ 155,441,609 |
| [illegible] | $ 169,250,932 |
| [illegible] | $ 645,998,665 |
| [illegible] | $ 168,836,387 |
| [illegible] | $ 191,688,137 |
| TOTAL A EJECUTAR | $ 6,649,181,645 |
| COP-1013-2024 | $ 9,518,779,563 |
| POR INVERTIR | $ 2,869,597,918 |

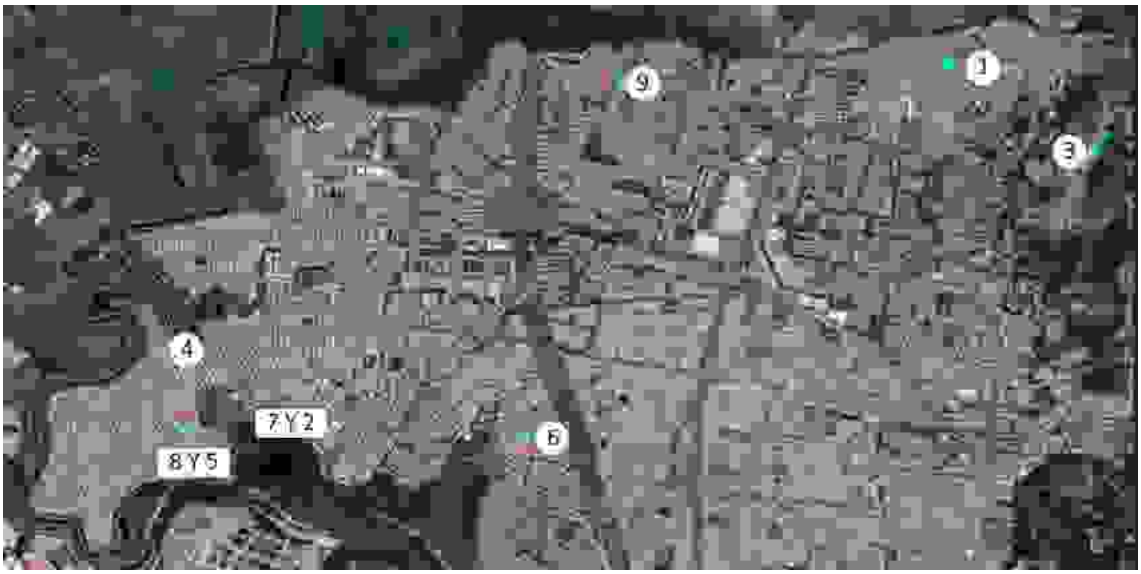
El saldo por invertir no es una porción despreciable del monto total del contrato,

corresponde al 30% del valor total. El COP-1013-2024 fue legalizado por un monto de $9.518.779.563, es decir se pagaron las pólizas de legalización del contrato por el monto total. Dejar de ejecutar el 30% del valor total del contrato es una idea con la que esta interventoría está totalmente en desacuerdo.

2. **CRONOGRAMAS**: La experiencia en la ejecución del contrato 1013-2024, nos indica que un segmento de longitud de 52 ml, se tardo en ejecutar tres (3) meses, sin hacer intervención de redes.

   Una prórroga de cinco (5) meses no tiene ninguna justificación técnica, teniendo en cuenta que nos quedan aún tres (3) meses de plazo contractual y que los segmentos propuestos para la inclusión son de longitudes muy cortas

## 3. LOCALIZACION




| # | CIV | TRAMO | DESDE | HASTA | BARRIO | LONGITUD | ANCHO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 11001177 | CLL 157 BIS | CRA 97 A | CRA 97 | SUBA SALITRE | 44,54 | 7,85 |
| 2 | 11003777 | CRA 149 C | CLL 132 A | CLL 132 D | LISBOA | 30,15 | 6,46 |
| 3 | 11002140 | CLL 156 | CRA 87 B | CRA 88 | SUBA CERROS | 42,62 | 6,69 |
| 4 | 11002642 | CLL 139 | CRA 152 | CRA 152 A | SANTA RITA | 27,51 | 6,32 |
| 5 | 11004180 | CRA 153 | CLL 132 D | CLL 133 | LISBOA | 28,5 | 6,04 |
| 6 | 11005076 | CLL 132 C | CRA 124 B BIS | CRA 124 B | LA GAITANA | 34,37 | 6,71 |
| 7 | 11003712 | CRA 150 D | CLL 133 | CLL 134 | LISBOA | 27,03 | 6,2 |
| 8 | 11004168 | CRA 154 A BIS | CLL 134 | CLL 135 | SANTA CECILIA II SECTOR | 29,43 | 5,83 |
| 9 | 11000671 | CALL 152 D | CRA 114 F | CRA 115 | TUNA ALTA | 33,18 | 16,34 |

Si bien es cierto los segmentos 1-3-6-9, se encuentran dispersos, también cabe anotar que los demás segmentos están concentrados hacia el occidente de la localidad, en el sector en donde se ha concentrado la ejecución del contrato.

4. **APROPIACION DE DISEÑOS Y PROPUESTA DE PAVIMENTOS**: Este proceso se puede llevar a cabo en un término de 30 días.
5. **APROBACION PROPUESTA PAVIMENTOS POR PARTE DE INTERVENTORÍA**: Esta Interventoría se compromete a que este proceso sea muy ágil.
6. **REVISION DE REDES Y SERVICIOS PUBLICOS**: Este proceso se puede llevar a cabo paralelamente a la apropiación de diseños y su duración puede ser de alrededor 30 días.
7. **CIV 11003712**: Esta interventoría solicita la inclusión de este segmento en la ejecución del COP-1013-2024, dentro del plazo contractual, como requisito indispensable para la ejecución del segmento **11003637**

Por último, esta interventoría solicita al contratista de obra, la presentación de los presupuestos aproximados de los segmentos propuestos para inclusión, con el fin de dimensionar las intervenciones a ejecutar.

Quedado atentos de una pronta respuesta

Cordialmente,



**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**
**Reviso: R T A**

**CC ING ALEJANDRO VICTORIA-APOYO A LA SUPERVISIÓN**
**CC ING JUAN PABLO SARMIENTO- APOYO A LA SUPERVISIÓN**
**CC ING ANDRES ACOSTA- APOYO A LA SUPERVISIÓN**

FRO-085-426-2025

Bogotá, D.C., 29 de octubre de 2025

**Señores**
**CONSORCIO SUBA MT**
**Atn ING. OSCAR JULIAN MORENO**
**Representante Legal**
**Carrera 36 No. 3-41 Ed. Verona 2-Of.1503**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO:** APROBACIÓN HOJA DE VIDA DEL ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS DEL CONTRATO DE OBRA 1013-2024

Respetados Señores:

En cumplimiento de las funciones contractuales, esta Interventoría revisó y evaluó la hoja de vida del señor Diego Caballero Rojas, en el cargo de Especialista en pavimentos, requerido para el Contrato de Obra 1013-2024. Una vez adelantada la verificación correspondiente, la Interventoría aprueba su vinculación al proyecto.

Sin otro particular

Cordialmente



**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**

**Anexos: () folios**
**Elaboro: J.C**
**Reviso: Rta**

FRO-085-427-2025

Bogotá, D.C., 29 de octubre de 2025

**Señores**
**FONDO DE DESARROLLO LOCAL DE SUBA**
**Atn ING. ALEJANDRO VICTORIA**
**Apoyo de la Supervisión**
**La ciudad**

**REF:** CONTRATO No. 085-2025-INT (119250).

**OBJETO:** INTERVENTORÍA INTEGRAL PARA EJECUTAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL LOCAL E INTERMEDIA Y ESPACIO PÚBLICO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (GRUPO 1 Y GRUPO 2) EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y LAS DEMÁS ACTIVIDADES QUE SE DETALLEN EN EL ANEXO TÉCNICO.

**ASUNTO:** APROBACIÓN HOJA DE VIDA INGENIERO RESIDENTE DE OBRA 1 DEL CONTRATO DE OBRA 1013-2024

Respetados Señores:

En cumplimiento de las funciones contractuales, esta Interventoría revisó y evaluó la hoja de vida del señor Jefersson Garavito Garavito, en el cargo de Ingeniero Residente de Obra 1, requerido para el Contrato de Obra 1013-2024. Una vez adelantada la verificación correspondiente, la Interventoría aprueba su vinculación al proyecto.

Sin otro particular

Cordialmente



**OMAR ALEXANDER GARCIA**
**Representante legal**

**Anexos: () folios**
**Elaboro: J.C**
**Reviso: Rta**