APÉNDICE 13 — COMPONENTE DE PAVIMENTOS

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN....3
2. normatividad aplicable....3
3. CONDICIONES TÉCNICO-AMBIENTALES ESPECIALES....5
3.1. GRANO DE CAUCHO RECICLADO....5
3.2. residuos de construcción y demolición....7
3.3. NUEVAS TECNOLOGIAS....8
4. fase de estudios y diseños....9
4.1. entregables fase de diseños....9
4.2. Lineamientos generales para el diseño de detalle....11
5.3. Diseño de rehabilitación....29
5.4. evaluación de tipologias de pavimento....33
5.5. Espacio Público....33
5.6. Recomendaciones de manejo de drenaje superficial y subsuperficial....34
5.7. Análisis del potencial de reutilización de materiales reciclados y recomendaciones de implementación de residuos de construcción y demolición (RCD) 34
5.8. Especificaciones generales y particulares....35
5.9. Estudio de Fuentes de Materiales, Canteras y Plantas de Producción de Mezclas 35
5.10. Proceso Constructivo....35
5.11. Plan de ensayos para diseño de mezclas, control de calidad de materiales y/o sobre el producto terminado....35
5.12. Fase de mantenimiento....35
5.13. Cantidades de Obra....36

5.14. Análisis de riesgos.....37
5.15. Conclusiones y Recomendaciones.....37
6. aspectos de forma de los productos o informes, anexos y planos.....37

APÉNDICE 13 – COMPONENTE DE PAVIMENTOS

1. INTRODUCCIÓN

A continuación, se presentan los lineamientos técnicos mínimos para el componente de pavimentos y espacio público asociado que deberán implementarse para desarrollar el contrato.

En este documento se presentan los aspectos relacionados con los estudios geotécnicos, inventario y diagnóstico de pavimentos y espacio público asociado, la complementación de la investigación del subsuelo, los análisis y las recomendaciones necesarias para el diseño, construcción y conservación de las obras.

A través de los estudios y diseños, se deberá lograr la integralidad y armonización con todos los proyectos que el Instituto se encuentre ejecutando, ya sea a nivel de factibilidad, estudios, diseños o de construcción y entrada en operación, para lo cual, deberá coordinar la entrega de información por parte del Instituto, a través del supervisor del contrato y la interventoría respectiva.

Se deberá presentar la evaluación y diseño de pavimentos para calzadas, pacificaciones viales, pavimentos permeables, andenes, ciclorrutas, accesos a predios, alamedas, pompeyanos, y demás estructuras que se requieran para la construcción y puesta en servicio del proyecto, y definir la estrategia de intervención en función del tipo de superficie de las estructuras existentes, efectuando los análisis de tipologias a que haya lugar, teniendo en cuenta toda la información existente. En fase de diseño, se debe garantizar que la tipologia de diseño o intervención seleccionada es la necesaria y más beneficiosa para el proyecto y la ciudad, enmarcándose dentro del principio de economía.

Se deberá analizar la sección transversal y los alineamientos en planta y perfil para establecer los mecanismos de integración entre los pavimentos existentes y los proyectados. El producto no se limitará al cálculo de espesores, sino que será el resultado de la armonización con los demás componentes técnicos a que haya lugar.

Los siguientes numerales contienen los lineamientos mínimos para la elaboración de los estudios geotécnicos y el diseño de pavimentos; sin embargo, los mismos no eximen la responsabilidad del consultor/contratista para realizar las actividades y análisis que permitan elaborar un estudio técnico confiable.

Se define para el componente de pavimentos como tipologías: las posibles estructuras de pavimento que podrían emplearse y como alternativas de proyecto: las diferentes soluciones a nivel general o de proyecto que recogen o integran los planteamientos de los demás componentes, tales como geometría, urbanismo, etc.

2. NORMATIVIDAD APLICABLE

Los estudios indicados en el presente capítulo deberán estar orientados de conformidad con toda la Normatividad vigente, así:

- Resolución 1115 de 2012 “Por medio de la cual se adoptan los lineamientos Técnico – Ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los residuos de construcción y demolición en el Distrito Capital”
- Resolución 932 de 2015 “Por la cual se modifica y adiciona la Resolución 1115 de 2012”.
- Decreto 586 de 2015 “Por medio del cual se adopta el modelo eficiente y sostenible de gestión de los residuos de construcción y demolición – RCD en Bogotá D.C.”
- Resolución 472 de 2017 "Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de Construcción y Demolición (RCD) y se dictan otras disposiciones".
- Resolución 1257 de 2021 "Por la cual se modifica la Resolución 0472 de 2017 sobre la gestión integral de Residuos de Construcción y Demolición - RCD y se adoptan otras disposiciones".
- Decreto 442 de 2015 “Por medio del cual se crea el Programa de aprovechamiento y/o valorización de llantas usadas en el Distrito Capital y se adoptan otras disposiciones”.
- Decreto 265 de 2016 “Por medio del cual se modifica el Decreto Distrital 442 de 2015 y se adoptan otras disposiciones”. - Resolución 4100 de 2004 del Ministerio de Transporte, “Por la cual se adoptan los límites de pesos y dimensiones en los vehículos de transporte terrestre automotor de carga por carretera, para su operación normal en la red vial a nivel nacional”.
- Documento ET-IC-01 “Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público en Bogotá D.C.” del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU o versión vigente.
- Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Normas de Ensayo para Materiales de Carreteras (INVIAS, 2013), específicamente la normatividad para ejecución de ensayos de campo y laboratorio o versión vigente.

Del mismo modo, los estudios indicados en el presente documento deberán ser elaborados de tomando como referencia los documentes técnicos relacionados enseguida:

- Guía IDU-IC-06 “Entrega de productos en formato digital de proyectos realizados en la infraestructura de los sistemas de movilidad y espacio público”, o versión vigente.
- Guía GU-IC-09 “Presentación y reporte de especificaciones técnicas particulares”, o versión vigente.
- Guía GU-IC-10. "Guía Presentación y reportes de información de ensayos de campo y laboratorio y sus formatos asociados".
- Guía IDU-IC-13 “Diagnóstico de pavimentos de la malla vial urbana y rural de Bogotá D.C.”, o versión vigente.
- Guía GU-IC-15 "Metodología de diagnóstico y determinación del estado de los pavimentos y otros elementos del espacio público de Bogotá D.C.", o versión vigente.
- Guía GU-IC-16 "Metodología de diagnóstico y determinación del estado de los pavimentos y otros elementos de las ciclorutas de Bogotá D.C.", o versión vigente.
- Manual de Espacio Público (Secretaría Distrital de Planeación, 2021), o versión vigente.

- Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación en Pavimentos Flexibles (INVIAS, 2008).
- Estudio de la resistencia a la erosión de materiales empleados como bases en pavimentos de concreto hidráulico (Universidad de Los Andes, 2010).
- Documento GU-GE-010. Guía para la estabilización del material producto de reciclaje en frio de pavimentos asfálticos (IDU, 2011).
- Documento GU-GE-011. Reciclaje de pavimento asfáltico In-situ estabilizado con aditivos bituminosos y/o hidráulicos (IDU, 2011)

3. CONDICIONES TÉCNICO-AMBIENTALES ESPECIALES

3.1. GRANO DE CAUCHO RECICLADO

El decreto 442 de 2015 define lo siguiente:

"GRANO DE CAUCHO RECICLADO (GCR): Producto obtenido del proceso de trituración de llantas usadas y de llantas no conformes, compuesto fundamentalmente por caucho natural y sintético, que no contiene materiales ferromagnéticos, textiles, o elementos contaminantes."

Según el Decreto 442 de 2015 *"Por medio del cual se crea el Programa de aprovechamiento y/o valorización de llantas usadas en el Distrito Capital y se adoptan otras disposiciones"*:

ARTÍCULO 2.- AMBITO DE APLICACIÓN. *El presente Decreto aplicará a todas las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, y en general a todos los actores que: a.) Almacenan llantas o subproductos derivados de actividades de tratamiento o aprovechamiento de llantas. b.) Ejecuten y/o adelanten procesos constructivos con asfalto, en obras de infraestructura del transporte en el Distrito Capital. c.) Todas las Entidades que conforman la administración pública del Distrito Capital, que cuenten con vehículos de transporte con llantas de rin 15" en adelante, maquinaria y equipos propios o en alquiler, y, d.) Todas las Entidades que conforman la administración pública del Distrito Capital que realicen obras en áreas destinadas para recreación y deporte en el Distrito Capital.*

Posteriormente, el Decreto 265 de 2016 "Por medio del cual se modifica el Decreto Distrital 442 de 2015 y se adoptan otras disposiciones", estableció entre otros:

Que según lo informado por la Secretaría Distrital de Ambiente el Instituto de Desarrollo Urbano elaboró un documento técnico denominado "CONCEPTO TÉCNICO PARA LOS LINEAMIENTOS DE USO Y UTILIZACIÓN DEL GRANO DE CAUCHO GCR EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ", en el que se concluye que:

- *No es viable la aplicación de mezcla asfáltica con GCR en el 100% del área a intervenir como lo plantea el artículo 10 del Decreto 442 de 2015.*
- *Para cumplir con el aprovechamiento de llantas usadas en los porcentajes establecidos en la resolución 6981 de 2011, se considera apropiado continuar con la instalación de mezclas asfálticas con GCR en vías vehiculares (Troncales de tráfico mixto, Malla Vial*

Arterial No Troncal, Malla Vial Intermedia y Malla Vial Local), en donde producto de un Estudio y de un Diseño la estrategia de intervención sea REHABILITACIÓN, RECONSTRUCCIÓN y CONSTRUCCIÓN. Para el caso de la construcción o reconstrucción de ciclo-rutas, su utilización dependerá del comportamiento del precio en el mercado.

4. *Las actuales mezclas por vía húmeda son muy costosas, se necesita impulsar otras alternativas como la vía seca para propiciar una disminución de precios, lo cual también se producirá si estas mezclas compiten en el mercado con otros productos y tecnologías que también producen mejoras similares e importantes. De no ser así y mantenerse el esquema de la vía húmeda, se reduce el logro de la meta física.*

En consecuencia, el Decreto 265 de 2016 resolvió:

ARTÍCULO 10.- APROVECHAMIENTO DE LLANTAS USADAS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL DISTRITO CAPITAL. *Modificado por el art. 4°, Decreto Distrital 265 de 2016. <El nuevo texto es el siguiente> Desde el 1 de julio de 2016, toda obra de infraestructura de transporte en el Distrito Capital que se ejecute y adelante en procesos constructivos con asfalto, deberá prever el uso de materiales provenientes del aprovechamiento de llantas usadas en las proporciones técnicas que para el efecto exija el Instituto de Desarrollo Urbano, en la totalidad de metro cuadrado de la mezcla asfáltica usada para la obra en un porcentaje no menor al 25% de la totalidad del volumen de la mezcla asfáltica usada en vías vehiculares (Troncales de tráfico mixto, Malla Vial Arterial No Troncal, Malla Vial Intermedia y Malla Vial Local).*

Parágrafo 1.*- El Instituto de Desarrollo Urbano - IDU, establecerá los lineamientos técnicos para el uso de materiales provenientes del aprovechamiento de llanta usadas en procesos constructivos con asfalto.*

Parágrafo 2*.- En el caso de vías con intervenciones de mantenimiento (reparcheo) no será obligatorio el uso de asfalto modificado, siendo potestativo del IDU decidir sobre la conveniencia de la aplicación del mismo conforme a lo expuesto en la parte motiva del presente acto administrativo.*

Así las cosas, el contratista deberá asegurarse de que con sus diseños se permita la implementación del Decreto 265 de 2016 *"Por medio del cual se modifica el Decreto Distrital 442 de 2015 y se adoptan otras disposiciones"*, o aquella normatividad ambiental que se encuentre vigente durante la ejecución de la fase de estudios y diseños.

Para el caso en el que el diseño prevea varias capas asfálticas, al menos una de ellas deberá contener materiales provenientes del aprovechamiento de llantas usadas, con las especificaciones técnicas que determine el IDU.

El empleo de mezcla asfáltica mejorada con GCR se exceptúa para las siguientes actividades: mantenimiento rutinario, parcheos, bacheos, actividades puntuales de mantenimiento en estructuras (puentes, pontones, pasos deprimidos, edificaciones y obras de estabilización de

taludes) y espacio público (andenes y ciclorrutas). Del mismo modo, buscando optimizar los recursos del Distrito, en aras de no reducir innecesariamente la meta física de los contratos de obra, no serán propuestas mezclas con GCR como capas anti-erosión en pavimentos rígidos, ni como rodadura en ciclorrutas, considerando su alto costo y nulo beneficio técnico en dichas estructuras. Únicamente cuando la tipología seleccionada sea rígida, contemple capa antierosión (según sus requerimientos de tránsito) y sea la única mézcla asfática planteada en el proyecto, se deberá dar cumplimiento al decreto 265 de 2016, empleando como máximo el 25% (o el mínimo requerido en el decreto vigente) del volumen de mezcla asfáltica.

3.2. RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

La resolución 1115 de 2012 presenta las siguientes definiciones:

*"**Residuos de construcción y demolición - RCD**: se refiere a los residuos de construcción y demolición que se generan durante el desarrollo de un proyecto constructivo, entre los cuales se pueden encontrar los siguientes tipos:*

***Residuos de construcción y demolición - RCD - susceptibles de aprovechamiento**:*

- *Productos de excavación, nivelaciones y sobrantes de la adecuación del terreno: tierras y materiales pétreos no contaminados productos de la excavación, entre otros. (...)*
- *Pétreos: hormigón, arenas, gravas, gravillas, trozos de ladrillos y bloques, cerámicas sobrantes de mezcla de cementos y concretos, entre otros." (...)*

La resolución 1257 de 2021 *"Por la cual se modifica la Resolución 0472 de 2017 sobre la gestión integral de Residuos de Construcción y Demolición - RCD y se adoptan otras disposiciones"* señala:

***Artículo 9º.** Modificar el artículo 19 de la Resolución 0472 de 2017, el cual quedará así:*

"Artículo 19. Metas de aprovechamiento de RCD. Los grandes generadores deberán aprovechar efectivamente un porcentaje en peso del total de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) generados en la obra, conforme a la categoría del municipio donde esta se localice, según lo dispuesto en la siguiente tabla:

CATEGORÍA ESPECIAL	CATEGORÍA 1, 2, 3	CATEGORÍA 4, 5, 6	CUMPLIMIENTO DE META
25%	15%	5%	1º de enero de 2023
50%	30%	20%	1º de enero de 2026
75%	60%	40%	1º de enero de 2030

*La meta de aprovechamiento es de obligatorio cumplimiento para todos los grandes generadores y se **calculará para el año de terminación del proyecto** sin tener en cuenta los productos de excavación y sobrantes de la adecuación de terreno, cuya definición se encuentra en el artículo 2º de la presente resolución. Lo anterior no exime al generador de la obligación de gestionar la*

totalidad de sus residuos y de realizar el máximo aprovechamiento posible sin perjuicio del cumplimiento de las metas de aprovechamiento. (negrilla es nuestro).

El contratista deberá proponer el mecanismo que le permitirá implementar la utilización de los residuos de construcción y demolición (RCD) en todo el proyecto, con base en las resoluciones ambientales vigentes. Para tales efectos, al definir el tipo de estructura de pavimento a implementar, se deberán considerar los materiales provenientes de los RCD, ya sea in-situ, o en otros frentes de obra o contratos IDU.

El contratista deberá analizar las condiciones de calidad de los RCD, proponer las técnicas de estabilización física o química necesarias para adaptarlos a las especificaciones de construcción vigentes y definir el mejor uso posible de los materiales existentes, bien sea como capas estructurales, rellenos para reconformación de la subrasante o mejoramiento de ésta.

El contratista deberá optar como primera opción el empleo de materiales reciclados o de técnicas de reutilización, reciclaje y aprovechamiento in situ o en planta, utilizando los materiales existentes o los materiales provenientes de los patios de fresado y/o centros de aprovechamiento, pudiéndose emplear los materiales existentes de la siguiente manera:

- Reutilización o reciclaje in situ o en planta con materiales provenientes del frente de obra o de otro frente del mismo proyecto, o de otros contratos con la SDHT, o mediante el empleo de materiales provenientes del patio de fresado o centros de aprovechamiento, con o sin ajuste de pétreos, con o sin agentes estabilizantes.
- Reutilización de los materiales existentes en el frente de obra, utilizándolos con el mismo tipo de uso o ubicación en que actualmente se encuentra la capa o material, con o sin ajuste de pétreos, con o sin agentes estabilizantes.
- Reutilización de los materiales existentes en el frente de obra, con un uso y ubicación diferente al que actualmente se encuentra prestando la capa o material, pudiéndose emplear dicho material como relleno para redes de servicios públicos, rellenos para muros de contención, espacio público o sello para mejoramiento de subrasante.
- Empleo de materiales convencionales, en el evento de que alguno de los tres (3) procedimientos descritos en los párrafos anteriores no pueda llevarse a cabo, caso en el cual esto debe ser demostrado técnicamente a través de ensayos de laboratorio. Cabe anotar que los materiales existentes de la Infraestructura vial existente y de espacio público siempre son aprovechables, a menos que este tenga contenidos de residuos contaminantes como lo son aceites, grasas, metales y residuos que puedan afectar el comportamiento de las estructuras proyectadas.

En el caso de que un material no cuente con especificación en el Documento ET-IC-01, se deberá elaborar la respectiva especificación particular en la fase de estudios y diseños, de acuerdo con el procedimiento definido en la Guía GU-IC-09 “Presentación y reporte de especificaciones técnicas particulares” establecido por el IDU.

3.3. NUEVAS TECNOLOGIAS

Se deberá acoger la normativa existente en el IDU, en lo referente a la utilización de nuevas tecnologías y/o materiales reciclados.

Se deberán proponer técnicas de reutilización y estabilización de materiales de común aplicación en el medio local. En caso contrario, se estará en la obligación de presentar experiencias que demuestren a la SDHT los beneficios técnicos y la disponibilidad en el mercado de diversidad de proveedores, fuentes o plantas de producción.

4. FASE DE ESTUDIOS Y DISEÑOS

La fase de estudios y diseños de detalle, comprende las actividades de evaluación y diagnóstico funcional y estructural de la infraestructura existente, complementación e implementación del plan de exploración geotécnico y de ensayos de laboratorio, aprobado por la interventoría, el diseño y análisis detallado de las estructuras de pavimento y espacio público definidas en la fase de factibilidad en el marco del principio de la economía, de acuerdo con las especificaciones de construcción IDU vigentes y dando estricto cumplimiento a las consideraciones generales establecidas en el presente documento.

Para la fase de diseños, se deberán realizar los ajustes, actualizaciones, complementaciones y/o elaboración de los estudios y diseños completos y de detalle que permitan dar cumplimiento al objeto contractual de este proyecto, así como el diseño detallado de la estructura de pavimento y su espacio público asociado.

En forma general, la fase de estudios y diseños definitivos, estará enfocada en definir el tipo de intervención requerida de acuerdo con las características de las estructuras existentes, realizar los estudios geotécnicos de la subrasante y demás materiales que integran la estructura de pavimento actual, elaborar de manera detallada el diseño de la estructura pavimento y espacio público asociado, garantizando la normativa ambiental y lo referente a la utilización de RCD y GCR.

Deberán determinarse las condiciones de carga o condiciones especiales del proyecto que requieran diseños y/o recomendaciones particulares (accesos a predios comerciales, pompeyanos, intersecciones, intercambiadores, orejas, conectantes, orejas manzana, paraderos de transporte público, etc.) y dimensionar las intervenciones necesarias.

Losas de concreto en zonas de intersecciones viales a nivel o bajo consideraciones especiales (zonas de estaciones y parqueos), deberán diseñarse teniendo en cuenta la sumatoria de los volúmenes vehiculares y detalles particulares de juntas (construcción, contracción y de expansión, entre otras).

En el caso de vías nuevas, que no tienen Código de Identificación Vial (CIV), deberá realizarse el trámite requerido para la creación del CIV y su inclusión en el Servidor de Mapas del IDU.

4.1. ENTREGABLES FASE DE DISEÑOS

Los siguientes documentos deberán ser remitidos a la SDHT para socialización según los términos contractuales, con previa revisión, verificación y aprobación de la interventoría:

Documento o producto Entregable "Diseño de pavimentos de detalle". Deberá remitirse aprobado por parte la interventoría y obtenerse concepto de recibido por parte de la SDHT durante el desarrollo de la etapa de diseño. El contenido mínimo de los anteriores documentos o productos entregables es el siguiente y la descripción de cada numeral se presenta en las secciones posteriores del presente documento:

No.	Entregables Fase de Estudios y diseño
2.	**Diseño de pavimentos**
2.1	Introducción, antecedentes y justificación, objetivos del componente, localización, descripción general del proyecto, relación de información obtenida.
2.2	Definición del alcance del estudio y diseño de pavimentos (Teniendo en cuenta un análisis interdisciplinario integral del proyecto).
2.3	Resumen del Informe de Investigación, recopilación y análisis de información existente
2.4	Resultados del inventario y diagnóstico preliminares y/o diagnóstico de la infraestructura existente.
2.5	Resultados de la exploración geotécnica existente y complementaria (Registros de campo, registro fotográfico, resultados de ensayos de laboratorio firmados, cuadro consolidado, perfiles estratigráficos y planos de localización, certificados de calibración).
2.6	Análisis de la subrasante (Resistencia mecánica, módulo resiliente, mejoramientos, potencial de expansión, etc.).
2.7	Análisis de las cargas del tránsito (Ejes equivalentes de 8.2 t).
2.8	Definición de sectores homogéneos de diseño.
2.9	Definición de módulos dinámicos/resilientes de los materiales propuestos (Resultado de la consulta de fuentes de materiales y/o de la información recopilada con otras entidades).
2.10	Diseño de pavimentos.
2.11	Dimensionamiento preliminar de pavimentos flexibles (Método AASHTO/1993).
2.12	Diseño empírico-mecanicista de pavimentos flexibles (Cálculo de respuestas críticas, repeticiones admisibles y del daño relativo acumulado)
2.13	Diseño de pavimentos rígidos (Método PCA/1984).
2.14	Cálculo de esfuerzos y deflexiones en pavimentos rígidos
2.15	Diseño de juntas, modulación de losas y detalles constructivos
2.16	Evaluación de tipologías (Comparación técnica y económica que involucre costos de mantenimiento y

No.	Entregables Fase de Estudios y diseño
	definición de la recomendada).
2.17	Diseño de espacio público (Andenes, ciclorrutas, pompeyanos y rampas)
2.18	Memorias de cálculo
2.19	Plano de localización de los sectores de diseño.
2.20	Recomendaciones de manejo de drenaje superficial y subsuperficial
2.21	Concepto técnico que contenga el análisis del potencial de reutilización de materiales reciclados y recomendaciones de implementación de residuos de construcción y demolición (RCD)
2.22	Especificaciones generales y particulares
2.23	Análisis de canteras y fuentes de materiales.
2.24	Proceso constructivo.
2.25	Plan de ensayos para diseño de mezclas, control de calidad de materiales y/o sobre el producto terminado
2.26	Rutas de desvío del tránsito
2.27	Fase de mantenimiento (Actividades, cantidades y costos discriminados anualmente durante los primeros cinco años de operación).
2.28	Cantidades de obra para la tipología recomendada (En función de las áreas de espacio público y diseño geométrico).
2.29	Análisis de riesgos.
2.30	Recomendaciones técnicas y constructivas.
2.31	Conclusiones.
2.32	Informe final con sus respectivos anexos en medio magnético (*.xlsx. *:docx, *.dwg, crudos de memorias de cálculo y modelaciones).
2.33	Hoja de firmas, control de cambios y revisiones

4.2. LINEAMIENTOS GENERALES PARA EL DISEÑO DE DETALLE

Con base en la información obtenida de la investigación geotécnica y de materiales para pavimentos y espacio público asociado, la documentación técnica que soporta el presente proyecto, la magnitud y composición del tráfico resultante de los estudios de tránsito aprobados por la SDM para este proyecto, los resultados de la evaluación y diagnóstico de los segmentos viales, en donde se debe determinar cuál es la capacidad estructural y de soporte actual de la estructura de pavimento existente, así como también de la subrasante y demás capas que la

integran, se deberá dimensionar y diseñar en detalle la estructura de pavimento que se implementará en la etapa de obra.

Se deberán proponer técnicas de reutilización y estabilización de materiales de común aplicación en el medio local. En caso contrario, se estará en la obligación de presentar experiencias que demuestren a la SDHT los beneficios técnicos y la disponibilidad en el mercado de diversidad de proveedores, fuentes o plantas de producción.

Para el diseño de estas tipologías se deberán tener en cuenta todas las variables hidráulicas que puedan afectar la durabilidad de las obras, tales como precipitación, ubicación del nivel freático, obras de drenaje y de sub-drenaje.

A continuación, se presentan las consideraciones generales establecidas para la elaboración del diseño de pavimento, sin que con esto se exima al contratista de elaborar un estudio apropiado y confiable y acorde con las necesidades del proyecto.

Confiabilidad

Teniendo en cuenta las recomendaciones del numeral 2.1.3 Confiabilidad, de la Guia AASHTO 1993, la confiabilidad del diseño debe coincidir con la establecida a continuación:

- Troncales: 95 %
- Malla vial arterial: 90 %
- Malla vial intermedia: 85 %
- Malla vial local: 80 %

El tipo de vía puede consultarse en el Sistema de Información Geográfica del IDU - SIGIDU (https://geoportal-idu.hub.arcgis.com/).

Periodo de diseño

Se deberá considerar el periodo de tiempo requerido para el desarrollo de la fase en que se encuentra el proyecto, el tiempo necesario para el desarrollo de las fases posteriores, el necesario para la estructuración del contrato de obra y el de ejecución de las obras, a fin de establecer el año de inicio de la fase de operación de la estructura de pavimento.

Por lo anterior, el año de inicio de operación (año de base) no deberá ser inferior a 5 años, contados desde el final de la fase en desarrollo. Con fines de hacer posible el comparativo técnico y económico entre tipologías de pavimento, el periodo de diseño a considerar en fase de factibilidad, en función del tipo de superficie, será:

- Pavimentos rígidos: 20 años.
- Pavimentos flexibles: 10 años.

Análisis de las cargas del tránsito

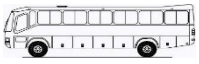
- Tránsito promedio diario:

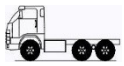
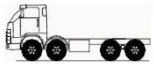
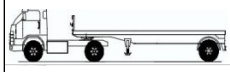
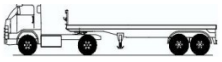
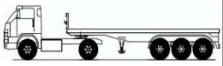
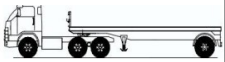
El tránsito promedio diario por tipo de vehículo y su proyección anual deben corresponder con el resultado del "Informe de Cálculo de Tránsito Promedio Diario" presentado en el componente de tránsito y aprobado por la interventoría del componente de tránsito. El informe y su aprobación deberán anexarse en el producto de pavimentos. En el caso de proyectos que involucren buses Transmilenio o del SITP, se debe incluir la comunicación a partir de la cual se determinan y proyectan las frecuencias y tipo de buses del sistema.

Se deberá entregar el cálculo del Número de Ejes Simples Equivalentes (NESE), para el caso de pavimentos flexibles o rígidos, cálculo que deberá obedecer a los resultados de la estimación del tránsito promedio diario (TPD) y su proyección durante el periodo de diseño. La configuración y pesos por eje de la flota vehicular para diagnóstico, evaluación y diseño, serán los establecidos en los numerales siguientes.

- Configuración vehicular

La configuración a utilizar para al diseño y evaluación de pavimentos flexibles y rígidos, que se encuentra en concordancia con la normatividad legal vigente en el país se presenta a continuación:

Configuración			**Peso Máximo por eje (ton)**			**Peso Máximo**
			1	**2**	**3**	
Colectivo y Buseta (C, BT)			2.5	5		-
Bus, bus especial e inter/pal (B,			3.5	7.5		-
Alimentador, Padrón Convencional			6	11		-
Alimentador, Padrón Eléctrico			7.5	12.5		-
2P			2.5	6		-
2G			5	11		16

Configuración			Peso Máximo por eje (ton)			Peso Máximo
			1	2	3	
C3			6	22		28
4			14	22		36
2-S1			5	11	11	27
2-S2			5	10	17	32
2-S3			6	11	23.5	40.5
3-S1			5	14	10	29
3-S2			5	21.5	21.5	48
3-S3			6	22	24	52

NOTA: En caso que se identifiquen categorías especiales o relevantes de vehículos comerciales también se deberán discriminar. Caso en el cual, para buses, puede emplearse para el cálculo de los factores de equivalencia de carga, la información de referencia contenida en los "*Factores de equivalencia de carga para diagnóstico y diseño*" o para buses y camiones pueden consultarse las fichas técnicas de los buses que se espera transiten por la vía.

- Información de referencia para la determinación de cargas por eje

  Los pesos por eje adoptados para los buses y camiones del numeral anterior, se encuentran fundamentados en la información de referencia señalada a continuación:

Marca	Peso bruto máx. (t)	Peso por eje máx. (t)			FEC	
		Simple rueda simple	Simple rueda doble	Tándem	Flexible	Rígido
Busetas entre 5.5 y 8.5 t						
CHEVROLET NKR EURO IV	5.6	2.1	3.5	-	0.04	0.03
HYUNDAI COUNTY	6.7	2.6	4.1	-	0.09	0.06
JAC HK 6750	6.8	2.4	4.4	-	0.1	0.07
CHEVROLET NPR	7.5	2.4	5.1	-	0.17	0.13
JAC HK 6756	7.8	2.7	5.1	-	0.18	0.14
Buses de 2 ejes entre 8 y 11 t						
CHEVROLET NQR EURO IV	8.5	2.7	5.8	-	0.28	0.23
MERCEDES BENZ LO 910	9.1	3.2	5.9	-	0.32	0.27
JAC 6900	9.5	3.2	6.3	-	0.4	0.34
CHEVROLET FRR	10.4	3.3	7.1	-	0.62	0.57
ESCANIA TRANSCARIBE	11	3.5	7.5	-	0.78	0.73
Buses de 2 ejes entre 12 y 14.5 t						
MERCEDES BENZ ALIMENTADOR TRANSMILENIO	12.4	4.3	8.1	-	1.13	1.09
YUTONG ZK6858H9	13.7	4.2	9.5	-	1.97	2.07
JAC 6108	14.5	5.0	9.5	-	2.13	2.23
Buses de 3 ejes entre 17.5 y 20.5 t						
MERCEDES BENZ BUSSCAR 360	17.8	6.2	-	11.6	1.14	1.07
SCANIA 410 IB	19	5.7	-	13.3	1.17	1.1
Camiones pequeños de 2 ejes entre 5.5 y 8.5 t						
CHEVROLET NMR	5.6	2.1	3.5	-	0.04	0.03
FOTON AUMARK BJ1049	6	2.3	3.7	-	0.06	0.04
CHEVROLET NNR	6.3	2.3	4.0	-	0.07	0.05
HYUNDAI HD65	6.5	2.3	4.2	-	0.08	0.06
FOTON AUMARK BJ1051	7.4	2.6	4.8	-	0.14	0.1
CHEVROLET NPR	7.5	2.5	5.0	-	0.16	0.12
FORD CARGO 318	7.7	2.5	5.2	-	0.18	0.14
HYUNDAI HD 78	7.8	2.6	5.2	-	0.19	0.14
CHEVROLET NQR	8.5	2.5	6.0	-	0.31	0.26

Para la definición de las cargas por eje del bus tipo Alimentador se empleó el documento *"Determinación del peso por eje de los buses articulados y buses alimentadores del sistema TransMilenio"*, elaborado por la Universidad de los Andes en el marco del Convenio de Cooperación 034 de 2004 y para el bus tipo Alimentador Eléctrico se emplearon las cargas máximas por eje establecidas en la NTC 4901-3.

En el caso de los buses del sistema de transporte masivo, se utilizaron las cargas máximas establecidas en la Norma Técnica Colombiana NTC 4901-1.

Para los camiones, se emplearon las cargas máximas dadas por el Ministerio de Transporte en la Resolución 4100 de 2004.

- Factores de equivalencia de carga por eje y vehículo

Los factores de equivalencia de cargas (FEC) a utilizar para diseño y evaluación de pavimentos flexibles y rígidos, en términos del eje estándar de 8.2 t, serán los establecidos en la siguiente tabla, los cuales se fundamentan en la configuración y cargas por eje determinadas en los numerales anteriores.

Tipo	Peso, Pi (t)	Carga de referencia, Pr (t)		Factor de equivalencia, FEC		Configuración del vehículo															
		Flexible	Rígido	Flexible	Rígido	C, BT	B ESP INT	AL	AL (EL)	ART	BI ART	2P	2G	3	4	2-S1	2-S2	2-S3	3-S1	3-S2	3-S3
1.1	2.5	6.6	6.6	0.02	0.01	1						1									
1.1	3.5	6.6	6.6	0.08	0.06		1														
1.1	5	6.6	6.6	0.33	0.29								1			1	1		1	1	
1.1	6	6.6	6.6	0.68	0.65			1						1				1			1
1.1	7.5	6.6	6.6	1.67	1.78				1	1	1										
1.2	5	8.2	8.2	0.14	0.11	1															
1.2	6	8.2	8.2	0.29	0.25							1									
1.2	7.5	8.2	8.2	0.7	0.67		1														
1.2	10	8.2	8.2	2.21	2.44												1		1		
1.2	11	8.2	8.2	3.24	3.75			1					1			2		1			
1.2	12.5	8.2	8.2	5.4	6.67				1	2	3										
2	14	15	13.6	0.76	1.14										1				1		
2	17	15	13.6	1.65	2.73												1				
2	21.5	15	13.6	4.22	7.85															2	
2	22	15	13.6	4.63	8.71									1	1						1
3	23.5	23	18.2	1.09	3.16													1			
3	24	23	18.2	1.19	3.47																1
∑FEC				Flexible		0.16	0.78	3.92	7.07	12.5	17.9	0.31	3.57	5.31	5.39	6.81	4.19	5.01	3.3	8.77	6.5
				Rígido		0.12	0.73	4.4	8.44	15.1	21.8	0.26	4.04	9.36	9.85	7.79	5.46	7.56	3.87	16	12.8

Información Climática

Se debe consultar ante el IDEAM, como mínimo, datos históricos de temperatura y precipitación. A partir de la cual, se determinará la temperatura media ponderada del aire y, en función de ella, la temperatura de trabajo de la mezcla. La precipitación media anual será utilizada para determinar los coeficientes de drenaje del método AASHTO.

Subrasante

En el caso de proyectos de diseño y/o construcción, el módulo de la subrasante característico adoptado para el diseño, deberá ser obtenido a partir de resultados de ensayo de relación de soporte de California (CBR, norma de ensayo INV E-148). En los proyectos que se haya ejecutado ensayo de módulo resiliente según los requisitos dados en el presente documento, para cada sector homogéneo en función del tipo de subrasante, se validará la correlación empírica con la

ejecución de un ensayo de módulo resiliente (norma de ensayo INV E-156-13) en un sitio donde se haya medido un valor de CBR igual o cercano al estadístico representativo del sector.

La tabla siguiente relaciona los métodos más utilizados en el medio para el cálculo del módulo equivalente por efecto de rellenos, granulares existentes o mejoramientos sobre subrasantes blandas. Teniendo en cuenta las diferencias conceptuales entre métodos, únicamente serán aceptados aquellos desarrollados para vías pavimentadas y cuyo resultado sea el módulo equivalente.

Método	Parámetros de entrada	Parámetro de salida
Ivanov (1962)	Módulos de subrasante y mejoramiento, dimensiones de carga.	Módulo equivalente
Giroud y Han (2004)	Ahuellamiento admisible, CBR de subrasante y mejoramiento, dimensiones de carga, parámetros de capacidad portante y rigidez.	Espesor de granular
Británico (DMRB, HD25/95)	CBR de la subrasante y combinación de materiales (relleno, subbase o ambos).	Módulo equivalente (50 MPa sobre relleno, 100 MPa sobre relleno y subbase)

- Mejoramiento de la Subrasante

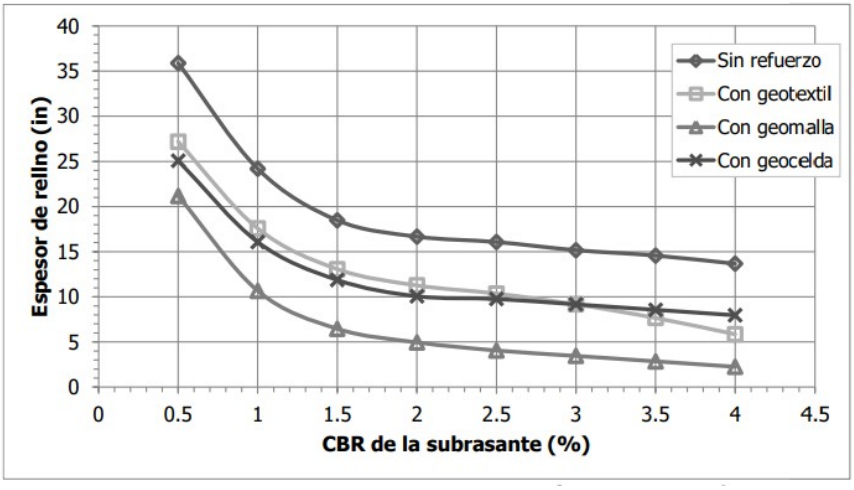
El método utilizado para el cálculo de mejoramientos de la subrasante, por efecto de granulares remanentes más profundos o nuevas capas de relleno, deberá entregar como salida el módulo equivalente. En función del número de ejes simples equivalentes se determinará el módulo resiliente mínimo de la subrasante mejorada, dando cumplimiento al siguiente criterio:

Ejes equivalentes (NESE)	Módulo resiliente de la subrasante mejorada (Mr)
$\leq 1x10^7$	≥ 30 MPa
$> 1x10^7$	≥ 50 MPa

El tipo de ligante para la estabilización o modificación de la subrasante se definirá según su aplicabilidad, de acuerdo con los criterios dados por las especificaciones ET-IC-01 en las secciones 420.3.1 (Tabla 420.1) y sección 421.3.2 (Tabla 421.1).

- Refuerzo de subrasantes con geosintéticos

Propuestas de refuerzo de subrasantes con productos geosintéticos, deberán tener en cuenta el estado del arte; en particular: i) que el método original fue desarrollado para refuerzos planares con geotextiles o geomallas (Giroud y Han, 2004)); ii) que la posterior calibración para refuerzos tridimensionales (Pokharel, 2010) únicamente es válida para geoceldas de neopreno y; iii) que, según dichas fuentes, el espesor de relleno requerido al utilizar geotextiles es igual al demandado con geoceldas, y a su vez, el espesor necesario usando geoceldas es mayor que el resultante utilizando geomallas.



Espesores de relleno sobre productos geosintéticos para refuerzo de subrasantes
Fuentes: Design Method for Geogrid-Reinforced Unpaved Roads. I. Development of Design Method (J. P. Giroud, and Jie Han, 2004); Design Method for Geogrid-Reinforced Unpaved Roads. II. Calibration and Applications (J. P. Giroud, and Jie Han, 2004); Experimental Study on Geocell-Reinforced Bases under Static and Dynamic Loading (Sanat Kumar Pokharel, 2010).

- Identificación de sectores con suelos expansivos, orgánicos y/o rellenos antropicos

Se debe analizar el potencial de cambio volumétrico de la subrasante. Para tal fin, deberá ajustarse al siguiente procedimiento:

- Analizar el potencial expansivo de los suelos, mediante ensayos de consistencia (INV E-125-13 e INV E-126-13), factores de contracción de los suelos (INV E-127-13), determinación del índice de expansión libre de los suelos (INV E-132-13) y demás ensayos opcionales ejecutados, según los criterios establecidos en la norma INV E-132-13 Determinación de Suelos Expansivos.
- Identificar sectores con grado de expansión alto o muy alto y valores de expansión libre del ensayo de CBR predominantes superiores a 3%, en los cuales, en conjunto con el componente geotécnico podrá programar la exploración complementaria necesaria con el fin de efectuar el análisis y plantear las recomendaciones pertinentes.
- Dependiendo de la solución propuesta, se debe realizar el diseño de la mezcla suelo-estabilizante, como mínimo un diseño para proyectos de longitud menor que 500 m y tres diseños (uno por sector y aquellos críticos en su potencial expansivo) para longitudes mayores. La solución propuesta deberá encontrarse en concordancia con la sección 420-18 de las especificaciones ET-IC-01.
- En aquellos proyectos, en los cuales el componente de geotecnia formule medidas de estabilización de la fundación, cuyo efecto conlleve también mejoramiento en la capacidad

de soporte, o en aquellos donde las características orgánicas y/o de cambio volumétrico obliguen al remplazo de espesores mayores que el requerido para alcanzar el módulo de la subrasante mejorada, se tomará como valor de diseño aquel que resulte de las recomendaciones del componente geotécnico.

- Con base en el análisis interdisciplinario se deberá proponer la alternativa de tratamiento recomendada, con el propósito de ser cuantificada e incluida en el presupuesto. Es necesario sustentar su propuesta en fuentes bibliográficas y modelos numéricos cuyo resultado valide el efecto de solución recomendada.

Se deberán identificar sectores con presencia de suelos orgánicos y/o rellenos antrópicos con presencia de escombros y/o basuras, a fin de establecer el tratamiento puntual para los mismos. Para tal fin, deberá respetarse lo estipulado en la Especificación 300-18 del Documento ET-IC-01.

Así mismo, cuando se considere necesario plantear tratamientos para controlar cambios volumétricos, se deberá tener en cuenta el efecto que en este sentido proporcionan las recomendaciones de drenaje, mejoramiento y/o remplazo formuladas como respuesta a la presencia de los suelos orgánicos y/o rellenos antrópicos con presencia de escombros y/o basuras.

Sectores homogéneos de diseño

Con base en el análisis de variabilidad de los parámetros físicos y mecánicos de la subrasante, tránsito, sección transversal, etc, se deberá presentar la definición de secciones de comportamiento homogéneo e identificarse las condiciones especiales del subsuelo que deban ser analizadas de manera independiente en cada caso particular.

La definición de los sectores homogéneos deberá soportarse por medio de figuras, tablas, planos o equemas que permitan verificar la homogeneidad del tramo y la descripción o análisis que conllevó a la sectorización.

Rigidez de los materiales

Los materiales considerados en los diseños de pavimentos y espacio público asociado, deberán acogerse en su totalidad al Documento ET-IC-01. En caso contrario, será obligación del contratista elaborar las especificaciones particulares a que haya lugar con fundamente en ensayos de laboratorio, diseño de mezclas y comprobación de la fórmula de trabajo mediante ensayos de desempeño.

El módulo de rotura del concreto hidráulico será seleccionado de acuerdo con los criterios establecidos en el Documento ET-IC-01 Especificación 800-18 – Pavimentos de Concreto Hidráulico.

En contratos de consultoría, se podrá consultar información que permita determinar el módulo dinámico/resiliente de las mezclas asfálticas para las condiciones de frecuencia y temperatura del proyecto con el método de ensayo de la norma INV E-749-13 (Ensayo de tensión indirecta para

determinar el módulo resiliente de mezclas asfálticas). Los contratos mixtos y de obra están en la obligación de elaborar sus diseños con información primaria, esto es, caracterización dinámica de laboratorio obtenida sobre los materiales a utilizar para la construcción.

Los módulos dinámicos de las mezclas asfálticas y los materiales ligados con asfalto en caliente deberán ser seleccionados para la frecuencia acorde con la velocidad de operación promedio establecida por el estudio de tránsito y la temperatura de trabajo calculada en función de la media ponderada del ambiente en Bogotá. En caso de que el contratista justifique utilizar parámetros diferentes a los mencionados, deberá proponer diseños específicos sectorizando en función de la velocidad y variaciones de los parámetros climáticos en periodos de tiempo inferiores al de diseño (anual, mensual u horario), según sea el caso.

En el caso de los materiales estabilizados con asfalto en caliente, cuya mezcla debe ser diseñada por método Marshall, según Documento ET-IC-01, el módulo dinámico debe ser analizado con las mismas condiciones de ensayo de las mezclas asfálticas.

Cualquier predicción debe realizarse con un método que involucre la viscosidad, parámetro mejor relacionado con el desempeño que la penetración.

En ausencia de módulos dinámicos de laboratorio para los materiales estabilizados con asfalto en frio (emulsión o asfalto espumado) o con cemento hidráulico, la rigidez a considerar en el diseño podrá ser obtenida mediante correlaciones con las resistencias a la tracción indirecta y/o a la compresión simple mínimas establecidas en los artículos correspondientes de las especificaciones IDU ET vigentes. En el Numeral 2 se encuentran relacionados documentos técnicos que pueden servir como fuente de consulta en la selección de los valores de rigidez de los materiales reciclados y/o estabilizados.

En cuanto a las bases y subbases granulares, en ausencia de ensayo de laboratorio, no se aceptará correlación entre el CBR mínimo de especificación y el módulo resiliente, el módulo de la capa puede ser estimado mediante correlaciones en función de su espesor y del módulo de la subyacente, para tal fin se sugiere Dormon & Metcalf (1965), Izatt, Lettier, y Taylor (1967) o ME-PDG (AASHTO, 2008). Los módulos estimados deberán validarse y ajustarse, si es necesario.

Los coeficientes de aporte estructural para dimensionamiento por método empírico (AASHTO, 1993), deberán ser obtenidos con la utilización de las figuras relacionadas a continuación, en función del módulo adoptado para cada material (no al contrario).

Material	Especificación ET-IC-01	Figura Guía AASHTO 1993
Materiales granulares (no ligados)		
Base granular para vías vehiculares	510-18	2.6 pág. II-19
Base granular para vías vehiculares con agregados reciclados	511-18	
Subbase granular para vías vehiculares	510-18	2.7 pág. II-21

APÉNDICE 13 – COMPONENTE DE PAVIMENTOS

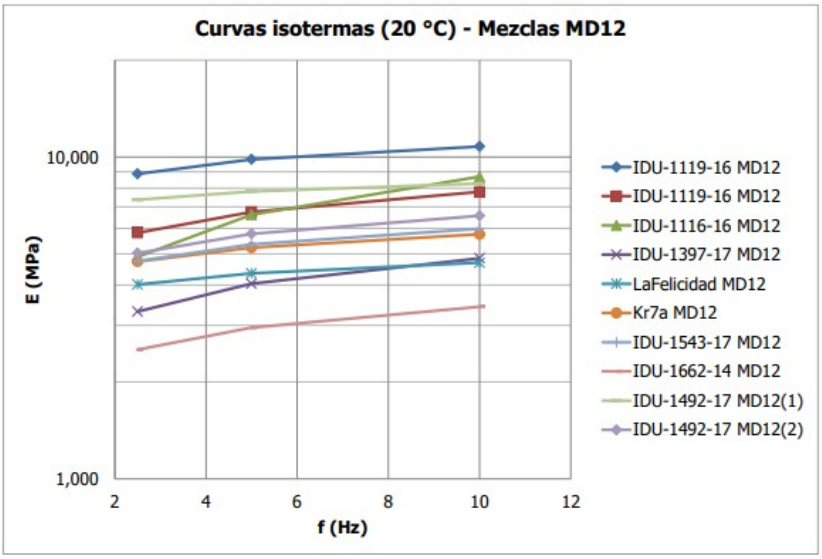
Material	Especificación ET-IC-01	Figura Guía AASHTO 1993
Subbase granular para vías vehiculares con agregados reciclados	511-18	
Materiales granulares ligados		
Base granular mejorada con cemento hidráulico Subbase granular mejorada con cemento hidráulico	520-18	2.8 pág. II-23
Base granular mejorada con emulsión asfáltica Subbase granular mejorada con emulsión asfáltica	521-18	Ver nota
Base granular mejorada con cemento asfaltico Subbase granular mejorada con cemento asfaltico	522-18	2.5 pág. II-18
Materiales granulares reciclados y ligados		
Base granular mejorada con MBR y cemento asfaltico Subbase granular mejorada con MBR y cemento asfaltico	530-18	2.5 pág. II-18
Base granular mejorada con MBR y emulsión asfáltica en planta o en sitio Subbase granular mejorada con MBR y emulsión asfáltica en planta o en sitio	531-18	Ver nota 1
Base granular mejorada con MBR y asfalto espumado Subbase granular mejorada con MBR y asfalto espumado	532-18	Ver nota 1
Base granular mejorada con MBR y cemento hidráulico en planta o en sitio Subbase granular mejorada con MBR y cemento hidráulico en planta o en sitio	533-18	2.8 pág. II-23
Mezclas asfálticas		
Mezclas asfálticas en caliente densa, semidensa y gruesa	620-18	2.5 pág. II-18
Mezclas asfáltica en caliente de alto modulo	621-18	Ver nota 2
Mezcla asfáltica en caliente con asfalto modificado con caucho por vía húmeda	625-18	2.5 pág. II-18
Mezcla asfáltica en caliente con asfalto modificado con caucho por vía seca	626-18	Ver nota 3
Materiales granulares remanentes (del sitio, no mejorados)	No aplica	2.7 pág. II-21

Notas:

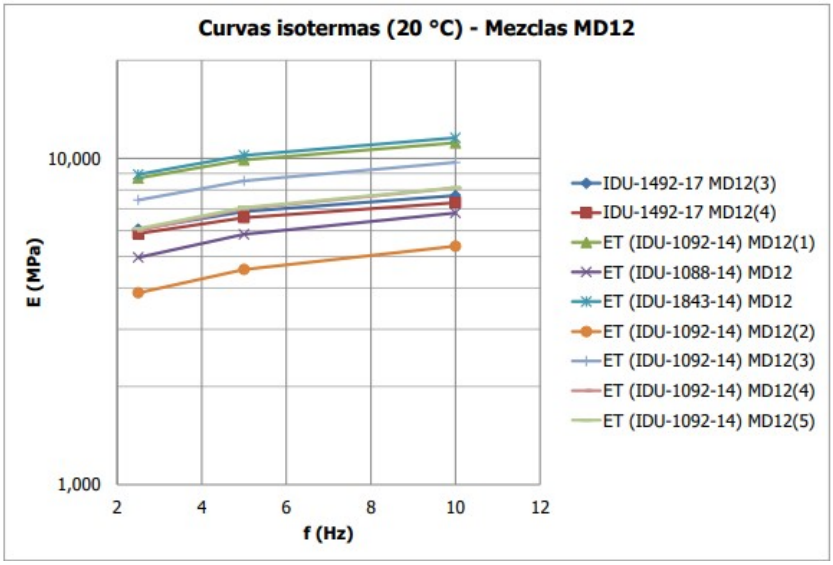
1. Para granulares estabilizados con asfalto en frío (emulsión o espumado), contratista e interventor, definirán el uso de la Figura 2.5 o la 2.9 de la guía AASHTO/1993.
2. Como lo indica la recopilación de ensayos de laboratorio efectuada por el IDU, el 90 % de las mezclas asfálticas en caliente analizadas supera los 5,000 MPa a 20 °C. Por tal razón, consultor/contratista e interventor deberán concertar la metodología para la obtención del coeficiente de aporte de las mezclas asfálticas, cuyo módulo en Bogotá supera el máximo de 3,000 MPa de la Figura II-2.5 de la guía AASHTO 1993. Para tal fin, deben ser consultados los documentos Guide for design of pavement structures, Volume 2, Appendix

GG (AASHTO, 1993), Recalibration of the asphalt layer coefficient (NCAT Report 09-03, 2009) y Pavement analysis (Ullidtz, Per, 1987).

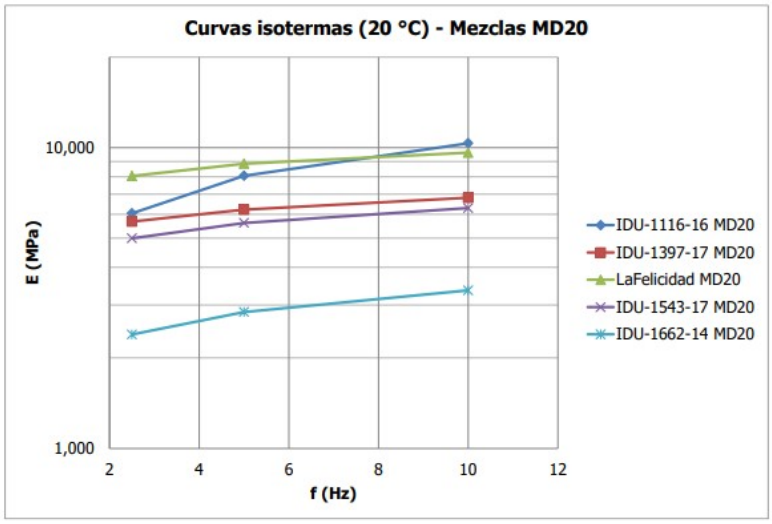
3. Según la recopilación de ensayos de laboratorio incluida en las Curvas isotermas del módulo dinámico – Mezclas con GCR, el módulo dinámico de las mezclas con grano de caucho reciclado (GCR) tiende a ser menor que el de las mezclas con asfalto convencional. De igual manera, las investigaciones del IDU indican que el GCR conlleva una mejora de la resistencia a fatiga.



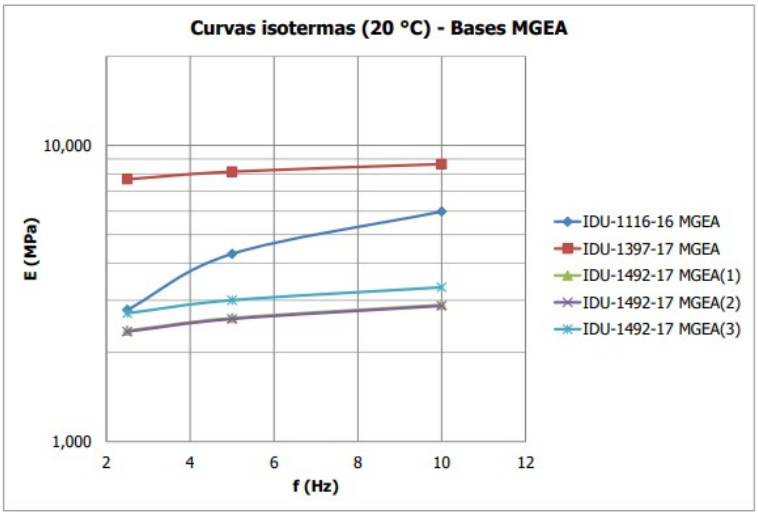
Curvas isotermas del módulo dinámico – Mezclas MD12 (1) Fuente: Recopilación DTP-IDU a partir de contratos de diseño.



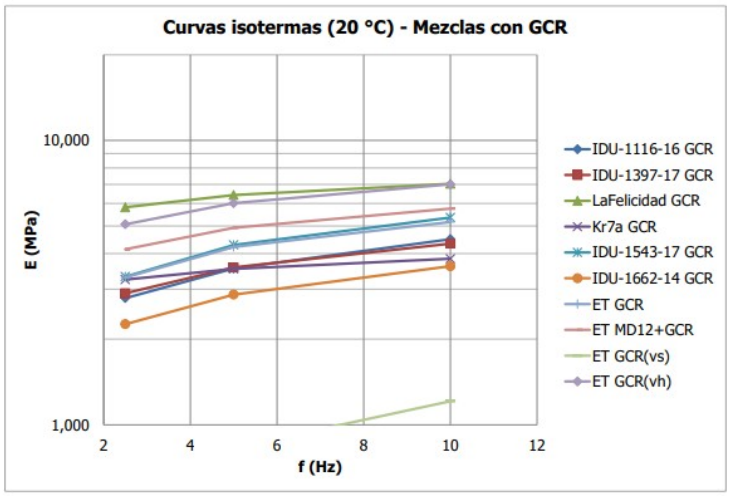
Curvas isotermas del módulo dinámico – Mezclas MD12 (2) Fuente: Recopilación DTP-IDU a partir de contratos de diseño.



Curvas isotermas del módulo dinámico – Mezclas MD20 Fuente: Recopilación DTP-IDU a partir de contratos de diseño.



Curvas isotermas del módulo dinámico – Bases en caliente Fuente: Recopilación DTP-IDU a partir de contratos de diseño.



Curvas isotermas del módulo dinámico – Mezclas con GCR Fuente: Recopilación DTP-IDU a partir de contratos de diseño.

Pavimentos flexibles

5. Dimensionamiento preliminar:

Se efectuará un dimensionamiento de las capas del pavimento aplicando el método empírico (Guide for design of pavement structures AASHTO 1993, Parte II, Figura 3.2), garantizando que el espesor de cada capa sea igual que el mínimo requerido sobre el módulo de la subyacente y que el número estructural total sea mayor que el requerido sobre la subrasante.

Para la definición del coeficiente de drenaje de los granulares no ligados, se utilizará la tabla 8.2 del "Manual de Diseño de Pavimentos para Vías con Medios y Altos Volúmenes de Tránsito" (INVIAS, 1998), o versión vigente, en función de la precipitación y que se muestra a continuación:

Precipitación (mm/año)	mi
< 2000	1
2000 - 4000	0,9
> 4000	0,8

6. Funciones de transferencia o leyes de fatiga:

En vista de la ausencia de calibración local de modelos de agrietamiento por fatiga en las capas asfálticas para la determinación de los factores de desplazamiento campo/laboratorio, para fines de diseño estructural únicamente se utilizará alguna de las leyes desarrolladas por organismos internacionales relacionadas a continuación, sin combinar métodos para evaluar los criterios de desempeño en un mismo diseño.

Fuente	Agrietamiento por fatiga en las capas asfálticas	Deformación vertical permanente en la subrasante
Shell Bitumen	N= (0.856*Vb+1.08)5*(106*E)-1.8*εt-5	N= 1.94*10-7*εz-4 (R=85) N= 1.05*10-7*εz-4 (R=95)
Instituto del Asfalto	N= C*6.167*10-5*εt-3.291*E-0.854 C=10M M= 4.84*(Vb/(Va+Vb)-0.69)	N= 1.365*10-9*εz-4.477
TRRL	N= 1.66*10-10*εt-4.32 (R=85)	N= 6.18*10-8*εz-3.95 (R=85)
Universidad de Nothingham	N= 8.888*10-13*εt-4.902	N= 1.126*10-6*εz-3.571

Entre los métodos antes descritos, únicamente se conoce factor de desplazamiento campo/laboratorio para los dos primeros: 10 para Shell (confiabilidad R= 50 %) y 18.4 para el del Instituto norteamericano del asfalto. En caso de utilizar el primero de ellos, deberá aplicarse la actualización que para la confiabilidad se encuentra en AUSTROADS (Technical basis of Austroads pavement design guide, Publication No. APT33/04, 2004).

En el caso de las bases estabilizadas con asfalto en frio, en caliente o con cemento, en fase de diseño, se deberá presentar el cálculo o predicción de la falla por fatiga. Para tal fin, se sugiere

AUSTROADS (Technical basis of Austroads pavement design guide, Publication No. AP-T33/04, 2004), SAPEM (Chapter 10, Pavement Design) y ME-PDG (AASHTO, 2008).

En caso que las funciones de transferencia adoptadas involucren confiabilidad, se utilizará la establecida en la sección correspondiente del presente documento.

El porcentaje de asfalto en volumen (Vb) deberá fundamentarse en los resultados del estudio de fuentes de materiales, canteras y plantas de producción.

7. Diseño mecánico – empírico

Los espesores y módulos resultantes del dimensionamiento preliminar deberán ser evaluados y ajustados según criterios mecanicistas para calcular la respuesta, relacionarla mediante el uso de modelos empíricos (funciones de transferencia) con las repeticiones admisibles y establecer el daño relativo acumulado al final del periodo de diseño.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

- Cálculo de esfuerzos y deformaciones críticas (máximos entre los obtenidas en medio de las ruedas, bajo una rueda o en el borde de ella) según teoría lineal elástica. Para tal fin se utilizará una presión de inflado de 690 kPa (100 psi), cada uno de los pesos por eje que componen los vehículos pesados y el eje de referencia (simple de rueda doble y 8.2 ton de peso).
- Cálculo de las repeticiones admisibles (Nadm) por fatiga en las capas asfálticas, en las bases estabilizadas con asfalto en caliente y/o en las capas ligadas con cemento, en función de los esfuerzos o deformaciones críticos calculados para cada uno de los ejes del espectro y para el eje de referencia.
- Cálculo de las repeticiones admisibles (Nadm) por deformación permanente en la subrasante, en función de los esfuerzos o deformaciones críticos calculados para cada uno de los ejes del espectro y para el eje de referencia.
- Cálculo del daño relativo acumulado (Dr= Ndis/Nadm) o sumatoria de los daños individuales producidos por cada eje y por el eje de referencia. Es decir, relación entre las repeticiones por eje de diseño (Ndis) y el Nadm correspondiente a cada eje y criterio de diseño (agrietamiento o ahuellamiento).

Para el análisis de los ejes tándem y trídem, se debe aplicar el método incluido en Pavement design and analysis (Huang, 2004, p. 97).

8. Espesores finales de diseño

Los espesores finales de diseño deben garantizar un índice estructural (Ie = SN efectivo/ SN requerido) mayor que 1 y menor que 1.15 ($1 < Ie \leq 1.15$) y un daño relativo acumulado para el criterio de fatiga en las capas asfálticas, bases estabilizadas con asfalto en frio, en caliente o con cemento mayor que 0.60 y menor que 1 ($0.60 < Dr \leq 1$). Dicho daño relativo debe ser calculado con

la sumatoria de los individuales obtenidos para cada uno de los ejes (eje por eje) y para el eje de referencia (ejes equivalentes).

En función del número de ejes simples equivalentes, acumulado al final del periodo de diseño de cada sector, se establecerá el criterio de análisis del daño relativo (eje por eje o por ejes equivalentes) con base en el cual determinar los espesores finales de diseño, dando cumplimiento a lo siguiente:

Ejes simples equivalentes (NESE)	Criterio de análisis del daño relativo para selección de los espesores de diseño
≤ $1x10^7$	Ejes equivalentes
> $1x10^7$	Eje por eje

9. Validación de módulos resilientes

Adicionalmente, para cada sector y tipología, deberá presentarse validación de los módulos de las capas granulares (base y subbase granular) y de la subrasante (cálculo de la invariante de esfuerzos a ½ del espesor de la capa y del esfuerzo desviador in-situ a 0.15 m de profundidad, respectivamente), en función de los espesores finales de diseño, los resultados de los ensayos de laboratorio y la carga estándar (carga de 9,000 lb o 40 kN y presión de inflado de 100 psi). Los módulos resilientes, obtenidos, no deberán exceder en ± 5 % los valores utilizados para el dimensionamiento preliminar y el diseño empírico mecanicista.

Pavimentos rígidos

1. Metodología de Diseño

La metodología para diseño de pavimentos rígidos es la incluida en el documento Thickness design for concrete highway and street pavements (PCA, 1984).

De acuerdo con las metodologías de diseño, las capas intermedias en pavimentos rígidos únicamente buscan proveer un soporte homogéneo para las losas de concreto y pueden, en algunos casos, ser construidas en espesores mínimos. Por lo tanto, se deberá presentar un análisis de sensibilidad del espesor de la losa de concreto en función del espesor de las capas intermedias y un comparativo económico resultante de incrementar estas últimas para reducir el espesor de las primeras.

En concordancia con el método, los consumos por fatiga y erosión máximos serán del 100 %.

Factor de seguridad de carga (FSC): 1.2 para calzada Transmilenio y 1 para calzadas mixtas, considerando que para el cálculo de repeticiones de carga por eje se tienen en cuenta las cargas máximas legales. No se aceptará aplicación de factor de seguridad por repeticiones de carga, criterio no considerado por la metodología.

En el caso de efectuarse el diseño con efecto berma, dicho diseño debe garantizar el mecanismo. Estos mecanismos deberán estar soportados de forma técnica mediante modelos de transferencia y disipación de esfuerzos en el borde de las losas.

Losas de concreto en zonas de intersecciones viales a nivel o bajo consideraciones especiales (zonas de estaciones y parqueos), deberán diseñarse teniendo en cuenta la variable tránsito (diferente al resto del corredor vial) y detalles particulares de juntas (construcción, contracción y de expansión, entre otras).

2. Módulo de reacción de diseño

Con el módulo de reacción de la subrasante, definido según procedimiento descrito en el presente documento, se calculará el módulo de reacción combinado o de diseño. En caso que la base sea granular o estabilizada con cemento, se utilizarán las tablas 1 y 2 del documento Thickness design for concrete highway and street pavements (PCA, 1984); en caso de considerar granulares estabilizados con asfalto en frio o en caliente, se utilizará la Figura 3.3, Parte II de la Guía AASHTO 1993; en caso de utilizar dos o más materiales, se utilizará también el método AASHTO 1993 con un módulo ponderado de las capas intermedias o la aplicación disponible en http://apps.acpa.org/applibrary/KValue/ .

3. Capas anti-erosión

La recomendación de mezclas asfálticas bajo las losas de concreto hidráulico, no deberá ser considerada con efecto estructural, sino únicamente como capa anti-erosión.

Únicamente cuando la tipología seleccionada sea rígida, contemple capa antierosión (según sus requerimientos de tránsito) y sea la única mezcla asfáltica planteada en el proyecto, se deberá dar cumplimiento al decreto 265 de 2016, empleando como máximo el 25% (o el mínimo requerido en el decreto) del volumen de mezcla asfáltica.

Para categorías de tránsito T1 (NAEE_80 < 2 millones), a menos que el consultor compruebe objetivamente, con modelos numéricos, que existe potencial de falla por erosión en las juntas transversales, no se aceptará el uso de capas anti-erosión.

De acuerdo con las recomendaciones para potencial de erosión de materiales de base y subbase (PIARC 1987), las conclusiones de las investigaciones locales desarrolladas por el IDU (Universidad de Los Andes, contrato 089 de 2009) y experiencias locales, para el caso de troncales y malla vial arterial, el material a utilizar deberá ser clase A (materiales extremadamente resistentes a la erosión), es decir, mezcla asfáltica densa en caliente.

Para vías no troncales ni arteriales, en caso de proponer granulares estabilizados en caliente con cemento asfáltico, como capa intermedia en los pavimentos rígidos, no será necesario incluir mezcla densa en caliente como capa anti-erosión.

4. Esfuerzos y deflexiones

Se deben efectuar los análisis de esfuerzos y deformaciones causados por gradientes térmicos en cuanto a fenómenos de alabeo. Se deberá presentar un capítulo especial con el análisis de alabeo de las losas en función de la separación de las juntas y la modulación de las losas.

5. Diseño para juntas y refuerzo

La modulación de las losas con relaciones de esbeltez mayor a 1.3 o aquellas con interferencia de pozos, alcantarillados o cajas de servicios públicos deberán aparecer en un capítulo independiente dentro de las memorias de cálculo donde se especifiquen las consideraciones de diseño y los detalles constructivos (planos y esquemas). También deberán ser verificadas las dimensiones de las losas en función de la rigidez del apoyo, controlando que la longitud no supere 5 veces el radio de rigidez relativa.

Las juntas deberán diseñarse tomando en consideración la modulación de las losas, las características del concreto a emplear y las condiciones climáticas específicas del área del proyecto.

Se realizará el diseño de las barras de amarre y de transferencia para los pavimentos rígidos de manera que garanticen un adecuado desempeño estructural.

El diseño de la modulación de las losas debe estar en total acuerdo con los análisis de esfuerzos y deformaciones del numeral anterior.

Se requerirá de refuerzo en las losas que tengan las siguientes características:

- Longitud de la losa (mayor dimensión en planta) superior a 24 veces el espesor de la losa.
- Losas con relación largo/ancho mayor que 1.3.
- Losas de forma irregular (no rectangular).
- Losas con aberturas en su interior que alojen estructuras como pozos o sumideros.
- Losas en las cuales no coinciden las juntas con las losas adyacentes.

Serán incluidas las recomendaciones para transición entre pavimentos de diferente rigidez, tanto en juntas longitudinales como transversales.

5.3. DISEÑO DE REHABILITACIÓN

Con base en la exploración, condición estructural y características de las capas estructurales y de la subrasante, establecidas en el diagnóstico, el tránsito promedio diario resultante del estudio correspondiente y las características de los materiales a utilizar en obra, se dimensionará la intervención para la rehabilitación del pavimento.

Se deben analizar las condiciones de calidad de los RCD, proponer las técnicas de estabilización física o química necesarias para adaptarlos a las especificaciones de construcción vigentes u otra particular y definir el mejor uso posible de los materiales existentes, bien sea como capas estructurales, rellenos para reconformación de la subrasante o mejoramiento de ésta.

De acuerdo con lo contenido en este documento, con base en la clasificación AASHTO, se definió la rigidez mínima para que los materiales identificados mediante exploración destructiva (apiques) puedan ser considerados como capas estructurales. Así las cosas, el resultado del diagnóstico conlleva implícita la presencia de materiales granulares competentes, tanto en función de sus características geotécnicas como de su rigidez.

En virtud de lo anterior, se estará en obligación de conservar los granulares existentes más profundos y mejorar los superficiales como parte del diseño, dando así cumplimiento a las obligaciones técnico ambientales establecidas en el presente documento. Tanto la degradación por tránsito y clima, como el hecho de que las estructuras hubiesen sido construidas con especificaciones no vigentes, no deben ser argumentos para un eventual cambio de intervención de mantenimiento periódico a rehabilitación o de rehabilitación a reconstrucción o para la no reutilización en la misma ubicación u otra, a menos que se cumpla alguna de las siguientes condiciones:

- El espesor de granulares remanentes, ubicados bajo una eventual capa granular o mejorada de refuerzo y sobre la subrasante natural, es menor que 0.3 m.
- Se comprueba, por medio de ensayos de módulo resiliente, ejecutados para la humedad óptima y la densidad máxima, que los materiales granulares existentes no cumplen con un módulo mínimo de 15,000 psi (100 MPa).
- En ningún caso serán recomendadas reconstrucciones totales en segmentos cuyo módulo de la subrasante de diseño, medido con ensayos de deflectometría, sea mayor que 30 MPa.

Tanto para pavimentos flexibles como rígidos, debe evaluarse la posibilidad de aplicar sobrecapas como estrategia de refuerzo. En caso que dicha técnica sea inviable por las consecuencias de elevar la rasante, nivelar pozos y sumideros en vías urbanas, aquella no será considerada como tipología de diseño válida.

En el caso de la rehabilitación de pavimentos rígidos, se debe presentar la clasificación en función del PCI por unidad de muestreo (20± 8 losas), de modo que se establezca la posibilidad de remplazo puntual de losas o en algunas unidades particulares.

Sectores homogéneos de diseño

Con base en el análisis de variabilidad de los parámetros físicos y mecánicos de la subrasante, tránsito, sección transversal, etc., se deberá presentar la definición de secciones de comportamiento homogéneo.

Secciones homogéneas compuestas por más de un segmento, deberán ser justificadas por el método de las deferencias sucesivas acumuladas (AASHTO, 1993) y un coeficiente de variación en la deflexión máxima y los parámetros estructurales de máximo 30 %, aspectos a ser verificados por el interventor.

Módulos de las capas existentes

Teniendo en cuenta que el número estructural (SN, en inglés) es un buen indicador de la suficiencia del conjunto de las capas para controlar la deformación permanente en la subrasante, pero también se requiere evaluar criterios como el agrietamiento por fatiga o la deformación permanente, se debe complementar la evaluación estructural con métodos de cálculo directo y/o inverso, que permitan establecer los módulos de las capas asfálticas y de las granulares por separado.

Con base en la interpretación del cuenco de deflexiones y los espesores de las capas, se deberá efectuar el proceso de cálculo inverso del módulo de las capas del pavimento y de la subrasante. La interventoría solicitará las memorias del programa utilizado para dicho propósito (EVERCALC, BAKFAA, MODULUS, ELMOD, RUBICON, etc.) y verificará que la raíz del error medio cuadrático (RMS) no supere 11 micras cuando sean modeladas dos capas, de 5 cuando sean modeladas dos capas (ver Design Manual for Roads and Bridges, DMRB HD29/08) o máximo de 2 % (ver Using Falling Weight Deflectometer Data with Mechanistic-Empirical Design and Analysis, FHWA-HRT-16-011).

Como alternativa al cálculo inverso, se podrán utilizar ecuaciones de regresión para calcular los módulos en función de las deflexiones medidas. Para tal fin, se sugiere EVERSERIES User's Guide (WSDOT, 1995) y Guidelines for Review and Evaluation of Backcalculation Results (FHWA-HRT-05-152, 2006).

Los módulos característicos de cada sección de diseño deberán ser validados calculando en función de ellos el módulo ponderado (Ep) y el número estructural (SN), resultados que deberán coincidir en orden de magnitud con los obtenidos al aplicar lo establecido en la "Evaluación estructural". Dicho procedimiento deberá ser verificado por el interventor junto con la comparación de la deflexión máxima característica medida con respecto a la teórica calculada en función de la carga de referencia (P= 40 kN, a= 0.15 m) y los módulos adoptados.

En caso de aplicar el método de los componentes para el cálculo del SN efectivo, los coeficientes de aporte de las capas asfálticas y granulares únicamente serán calculados en función de los módulos obtenidos por cálculo directo o inverso.

Los módulos característicos serán calculados como el promedio de la muestra recopilada a lo largo de cada sector homogéneo. Es obligación de la interventoría verificar el cumplimiento de lo anterior.

Una vez obtenidos los módulos de las capas asfálticas en función de las deflexiones medidas, es necesario realizar la corrección por temperatura para las capas asfálticas; para tal fin, se sugiere:

$$FA= 10^{-0.0195(Tr-Tm)}$$

Donde:

FA: factor de ajuste del módulo del concreto asfáltico por temperatura

Tr: temperatura de trabajo de la mezcla, 20 °C en Bogotá

Tm: temperatura del pavimento durante el ensayo, °C

Él módulo resiliente de la subrasante, obtenido a partir de las deflexiones, debe ser ajustado para efectos de diseño. Los coeficientes de variación de la siguiente indican que las investigaciones realizadas para diferentes tipos de fundación y granulares no son contundentes; por lo tanto, los módulos de subrasante serán ajustados con el factor establecido en AASHTO 1993 (C= 1/3), mientras que el módulo de los granulares únicamente será ajustado en caso que exceda los valores típicos del *"Evaluación Estructural"* luego de aplicar el factor correspondiente.

Ubicación	Relación Módulo por Retrocálculo/ Módulo de Laboratorio	Coeficiente de variación de la relaión de módulos (%)
Materiales de base/subbase no ligados		
Base o subbase granular bajo una superficie de concreto de cemento Portland	1.32	74
Base o subbase granular bajo una superficie o base de concreto asfáltico	0.62	44
Base o subbase granular entre un material estabilizado y superficie o base de concreto asfáltico	1.43	80
Materiales de terraplén o subrasante		
Terraplén o suelo de subrasante bajo una capa de subbase estabilizada o suelo estabilizado.	0.75	80
Terraplén o suelo de subrasante bajo un pavimento flexible o rígido sin una capa de base o subbase granular.	0.52	37
Terraplén o suelo de subrasante bajo un pavimento flexible o rígido con una capa de base o subbase granular.	0.35	49

Fuente: ME-PDG (AASHTO, 2008)

En caso que el espesor total de la estructura sea limitado para el cálculo de los parámetros estructurales (es común que se haga a 0.7 u 0.8 m), se debe considerar el efecto del granular existente a partir de dicha profundidad como mejoramiento. En ese caso, debe utilizarse un factor de ajuste (C) del módulo resiliente de la subrasante mayor que el utilizado para los suelos finos (C= 0.5, ver Tabla Anterior).

Análisis de las cargas del tránsito

Aplica en su totalidad lo establecido en el Numeral "Análisis de las Cargas de Tránsito" del presente documento.

Cálculo de la vida residual

Se debe complementar la evaluación estructural calculando la vida residual del pavimento en términos de años (con respecto a la proyección del tránsito), y a partir del desempeño, esto es, con el uso de funciones de transferencia que relacionen las deformaciones críticas con las repeticiones admisibles.

El cálculo de vida residual por método empírico–mecanicista deberá llevarse a efecto aplicando los lineamientos definidos en los Numerales 59 y 60, en este último caso, en términos de ejes simples equivalentes de 8.2 t.

Con la vida residual y los módulos de las capas como criterios de evaluación y análisis, se identificará la debilidad estructural del pavimento y justificarán las estrategias o alternativas de rehabilitación objeto de diseño.

5.4. EVALUACIÓN DE TIPOLOGIAS DE PAVIMENTO

Para fines del presente documento, se entienden por tipologías aquellas que involucran materiales diferentes en términos de rigidez y/o diseño de mezcla.

Se deben plantear al menos dos (2) tipologías de pavimento en calzadas vehiculares; de las cuales una será flexible y una rígida o dos de la misma tipología cuando se justifique técnicamente que no es viable implementar la otra. También se analizará una tipología considerando reutilización parcial del pavimento existente o la subrasante natural. De igual manera, al menos una de las tipologías evaluadas corresponderá a la seleccionada en la fase de factibilidad.

En caso que aplique, se deberá evaluar al menos una tipología considerando la rehabilitación o utilización de parte de la estructura de pavimentos existente.

Lo anterior no aplica cuando la intervención sea parcial de calzada o corresponda a una ampliación, en la cual se pretenda dar continuidad o hacer intervención a un pavimento existente, en este caso se presentarán dos tipologías similares al pavimento existente.

Los lineamientos de diseño de cada una de las tipologías de estructuras de pavimento deben ceñirse a lo establecido en el numeral *“Lineamientos Generales para Diseño de Detalle”.*

El periodo de diseño correspondiente a cada fase se encuentra en el numeral *“Lineamientos Generales para Diseño de Detalle”*.

Comparación de tipologías de pavimento en términos del costo de ciclo de vida del proyecto durante el periodo de análisis, considerando como mínimo: Cálculo del presupuesto de obra o costo de construcción de cada tipología de pavimento; pronóstico de desempeño mediante modelos de deterioro durante el periodo de análisis establecido en los pliegos; estimativo de costos de conservación y mantenimiento de cada tipología.

La tipología finalmente seleccionada será aquella que demuestre técnica y económicamente ser la más conveniente para las condiciones particulares de cada sector de diseño.

Las estructuras para espacio público, por encontrarse definidas en la Cartilla de Andenes de Bogotá (SDP, 2018), no serán objeto de análisis de tipologías.

5.5. ESPACIO PÚBLICO

Las estructuras para espacio público se definirán de acuerdo con el numeral 6 "Procesos Constructivos" de la Cartilla de Andenes de Bogotá (SDP, 2018) y no serán objeto de análisis de tipologías. En cuanto a las ciclorrutas, la capa de rodadura deberá respetar también la Cartilla, específicamente el menor de los tamaños máximos de las mezclas asfálticas densas incluidas en el Documento ET-IC-01 y el máximo espesor a compactar en una capa, que la especificación establece para dicha mezcla.

La campaña de exploración para definición de la resistencia mecánica de la subrasante deberá enfocarse bajo el criterio de unidad o eje vial de diseño, no al de segmento vial (CIV) y mucho menos ejecutarse por costado de un mismo eje. En caso que el proyecto involucre, además de diseño de espacio público, el de las calzadas vehiculares, únicamente se ejecutará exploración y ensayos en estas últimas.

En el caso de los pompeyanos y las rampas de acceso a predios comerciales, deberá analizarse el número diario de vehículos pesados. En caso de ser superado el número de camiones considerado por la Cartilla de Andenes, deberá realizarse el diseño con base los criterios dados para diseño de pavimentos rígidos en el presente documento.

Con soporte técnico en el inventario y diagnóstico preliminares, previa aprobación de la interventoría según los términos contractuales, podría plantearse una campaña de exploración mediante sondeos o barrenos (menor diámetro, sin ensayos) para conocer los materiales existentes en andenes con posibilidad de aprovechamiento. En caso de ejecutarse exploración o ensayos sin sustento técnico, o en caso que se repitan los existentes en estudios previos, o que no se incluyan en los diseños, el contratista asumirá su costo.

Para las actividades de espacio público asociado, en donde se proyecten acciones de mantenimiento, no es necesario realizar exploración geotécnica. Cuando no exista estructura o se encuentre en muy mal estado, bastará con caracterizar mecánicamente la subrasante

Plano de localización de Sectores de Diseño

Se deberá presentar un "Plano de localización de los sectores de diseño" que muestre la implantación del proyecto, ubicando y nombrando las áreas correspondientes a cada sector diseño.

5.6. RECOMENDACIONES DE MANEJO DE DRENAJE SUPERFICIAL Y SUBSUPERFICIAL

Se deberán plantear las soluciones para el manejo de drenaje superficial y subsuperficial que apliquen según los requerimientos del proyecto. La solución debe incluir la definición de los materiales a emplear, su ubicación en planta y seccion y un esquema o detalle de su configuración.

5.7. ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE REUTILIZACIÓN DE MATERIALES RECICLADOS Y RECOMENDACIONES DE IMPLEMENTACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)

Se debe presentar el análisis para el empleo de materiales GCR y RCD según las disposiciones ambientales dadas en el presente documento. Se debe indicar en cuáles capas es posible el empleo de dichos materiales y se debe incluir el cálculo que permita evidenciar que el diseño cumple con los requisitos mínimos dados en la normativa ambiental. De igual manera, las cantidades de obra deben incluir los materiales GCR y RCD.

5.8. ESPECIFICACIONES GENERALES Y PARTICULARES

Se deberán indicar claramente las especificaciones generales y/o particulares de cada actividad o material requerido para la construcción del pavimento. Las especificaciones deben acogerse a lo indicado en el documento IDU- ET-IC-01 a menos que se requiera una especificación particular, la cual, deberá encontrarse debidamente justificada.

5.9. ESTUDIO DE FUENTES DE MATERIALES, CANTERAS Y PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS

Se deberá realizar el correspondiente análisis de fuentes de suministro de materiales y mezclas asfálticas y/o hidráulicas, con las cuales se pretende cumplir con el diseño recomendado verificando que los parámetros mecánicos de cada uno de los materiales propuestos cumpla con las especificaciones ET-IC01 “Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público en Bogotá D.C.” del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU.

Para fines de diseño, el análisis de fuentes de materiales, canteras y plantas de producción de mezclas debe concluir sobre la resistencia mecánica o la rigidez a utilizar en el dimensionamiento de las estructuras de pavimento

5.10. PROCESO CONSTRUCTIVO

Se deberá describir la secuencia y recomendaciones que se requieran para la construcción de las estructuras de pavimento definidas. Los rendimientos de los materiales, mano de obra y equipos propuestas deben coincidir con los establecidos en los APUs del proyecto y serán objeto de revisión por parte de la Interventoría.

5.11. PLAN DE ENSAYOS PARA DISEÑO DE MEZCLAS, CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES Y/O SOBRE EL PRODUCTO TERMINADO

Se deberá presentar el cálculo de las cantidades de ensayos para el diseño de mezclas, control de calidad de materiales y/o sobre el producto terminado de acuerdo con lo establecido en las Especificaciones ETIC-01, V4, sección "Condiciones de entrega para el recibo de los trabajos" de cada uno de los materiales que hacen parte del diseño.

5.12. FASE DE MANTENIMIENTO

Se deberán proyectar las actividades año a año requeridas para una fase de mantenimiento de 5 años después de puesta en servicio de la obra (o el que se defina en los documentos particulares del contrato). Se debe presentar el cálculo de las cantidades de obra, teniendo en cuenta que los materiales y actividades deben cumplir con lo establecido en las Especificaciones ET-IC-01, o la versión vigente.

5.13. CANTIDADES DE OBRA

Con el propósito de determinar el costo asociado a la implementación de las obras propuestas, se deberán presentar los respectivos cuadros de estimación de cantidades de obra, los cuales deben estar soportados en las memorias de cálculo y planos correspondientes.

Se deben calcular las cantidades de obra para cada una de las vías que componen el alcance del proyecto. Las memorias de soporte de cantidades del componente deben incluir: materiales, espesores, longitud, ancho, áreas y abscisas de cada sector de diseño, a fin de posibilitar cualquier verificación. Cuando el cálculo de los volúmenes sea ejecutado por el componente de diseño geométrico, se deberán anexar las carteras y se deberá verificar que los espesores empleados coincidan con los definidos en el diseño de pavimentos.

Las cantidades estimadas para el presupuesto deben incuir: código, descripción, unidad, cantidad, según el visor “Precios Unitarios de Referencia (Visor Base de precios vigente)”, que se encuentra disponible en el portal del IDU, al cual se puede acceder mediante el siguiente enlace: https://www.idu.gov.co/page/siipviales/economico/portafolio. Si el ítem requerido no se encuentra en la base de precios del IDU, en conjunto con el componente de presupuestos se deberá incorporar el ítem al presupuesto, siguiendo los requerimientos dados por el componente de presupuestos.

Las cantidades de materiales RCD y GCR deben discriminarse en las cantidades y en el presupuesto, incluyendo sus respectivos: código, descripción, unidad, cantidad (También según visor IDU). Además, deberá presentarse el cálculo que valide el cumplimiento del porcentaje mínimo requerido por la normativa ambiental.

Las cantidades deben incluir la totalidad de los ítems requeridos para la ejecución de los diseños propuestos, tales como: activades preliminares (excavación, fresado, demolición, transporte y disposición, nivelación y compactación -cuando aplique la actividad-), mezclas (asfálticas e hidráulicas), riegos (imprimación, liga), corte, sello, curado, aceros (dovelas, canastillas, amarre y refuerzo), mejoramientos (rajón, cal, cemento), sello, materiales granulares y estabilizados, filtros, subdrenes, geosintéticos, etc.

Se deben incluir cantidades para rodaduras de puentes vehiculares (cuyos espesores deben estar acordes con los diseños del componente de estructuras), ciclorutas, materiales bajo la superficie de espacio público (materiales granulares o estabilizados de apoyo, mejoramientos, geosintéticos, etc) obras de desvíos.

Las cantidades calculadas e incluidas dentro del documento entregable del componente de pavimentos deben coincidir con las presentadas en los productos del componente de presupuestos y armonizadas con los demás componentes que las afecten, mencionen o incorporen, tales como: diseño geométrico, urbanismo, estructuras, etc.

5.14. ANÁLISIS DE RIESGOS

Se deberán identificar y analizar los riesgos que pueden llegar a presentarse durante la ejecución de las obras e identificar aquellos aspectos del componente de pavimentos que puedan llegar a afectar el cronograma de obra que se defina para el proyecto, indicando la posible solución a dichos inconvenientes.

5.15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se debe de forma coordinada con el área hidráulica determinar los parámetros geotécnicos para diseño del drenaje subsuperficial (subdrenes), que permita mantener un adecuado comportamiento estructural de las capas del pavimento y su subrasante durante la vida útil del proyecto.

Así mismo, se deberán efectuar las recomendaciones en cuanto a aspectos relevantes a considerar en la fase de construcción.

Con base en los resultados de la investigación geotécnica realizada para el diseño de pavimentos, se deberán identificar, diagnosticar y formular soluciones para condiciones especiales del subsuelo como suelos colapsables, con potencial de cambio volumétrico, o efectos de la vegetación que puedan afectar las estructuras de pavimento o espacio público asociado.

Se debe presentar en forma clara las conclusiones a que llegó el estudio, indicando las precisiones de éste, de igual manera las sugerencias o aportes que genera el estudio para ser tenidas en cuenta, antes, durante la construcción, y durante la fase de operación.

Deberán incluirse tablas, planos o esquemas de las secciones típicas, de las diferentes secciones transversales del pavimento, indicándose las características más importantes, así como situaciones particulares. Los dibujos pueden hacerse a escala o indicando claramente las dimensiones, de todos los elementos de cada sección transversal.

6. **ASPECTOS DE FORMA DE LOS PRODUCTOS O INFORMES, ANEXOS Y PLANOS**

Con el fin de que los documentos cuenten con uniformidad, coherencia y completitud, la estructura del informe, es decir los capítulos del producto (informe de diseño) corresponderán con los numerales de la tabla de Entregables de la fase correspondiente. Así mismo, los anexos deberán ser presentados en carpetas y subcarpetas y deberán incluir como mínimo el contenido que se describe en las viñetas dadas a continuación:

ANEXOS

Anexo 1 Registros de campo y ensayos de laboratorio
- Anexo 1-1 Planos de ubicación de los trabajos de campo (Editable y PDF firmado)
- Anexo 1-2 Exploración geotécnica
  - Registros de campo (PDF firmado)
  - Resultados de los ensayos de laboratorio (PDF firmado)
  - Registro fotográfico (Fotos en formato que contenga: fecha, ubicación y descripción. En PDF)
  - Certificados de calibración
- Anexo 1-3 Diagnóstico
  - Resultados levantamiento de daños (Crudos, editables y PDF)
  - Resultados medición de deflexiones (Crudos, editables y PDF)
  - Patronamiento de equipos
  - Registro fotográfico (Fotos en formato que contenga: fecha, ubicación y descripción. En PDF)

Anexo 2 Tránsito
- Informe de TPD (PDF firmado)
- Memorias de cálculo (Editable y PDF)
- Aprobación de la interventoría del informe de TPD (PDF firmado)

Anexo 3 Memorias de cálculo
- Memorias de cálculo (Editable y PDF)

Anexo 4 Cantidades de obra
- Planos (Editable y PDF)
- Memorias de cálculo (Editable y PDF)

Anexo 5 Fuentes de materiales
- Resultados de los ensayos de laboratorio (PDF firmado)

Anexo 6 Planos
- Planos generales (Editable y PDF firmado)
- Planos de detalle (Editable y PDF firmado)

Anexo 7 Especificaciones particulares (Editable y PDF)

Los planos deben incluir como mínimo: norte, coordenadas, referenciación de calles, carreras o nombres de las vías, tabla de convenciones, así como la información general y de detalle que se requiera para la construcción o materialización de lo que se presenta en el plano. Así mismo, deben encontrarse firmados por los especialistas responsables de su elaboración y revisión.