*Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander*
*Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia*



# DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL PROYECTO: DIAGNOSTICO, CONSTRUCCION Y/O REHABILITACION Y/O MEJORAMIENTO DE LA MALLA VIAL URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSE DE CUCUTA FASE IV. LOTE 4

## TRAMO: CALLE 2 ENTRE AVENIDA 10 Y DIAGONAL SANTANDER
## SUBTRAMO: CALLE 2 ENTRE AVENIDA 8 Y AVENIDA 7

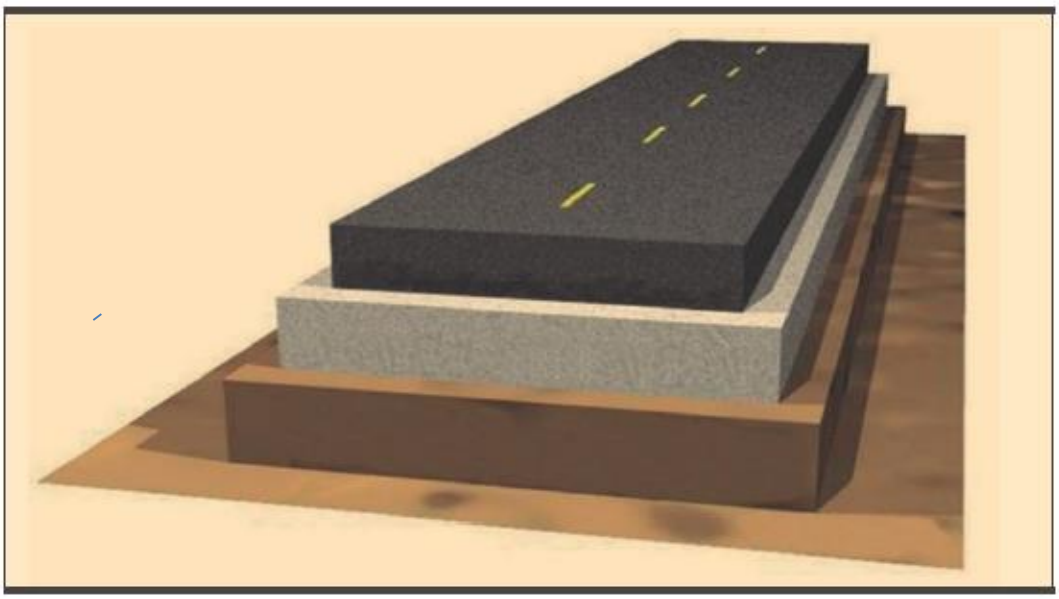


IMAGEN REFERENCIA

INGENIERIA

**HERNANDO GARCIA**
Ingeniero Civil, Especialista en Vías y Transporte
Consultor

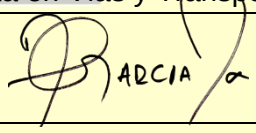
Noviembre 2023

## CONTROL DE IDENTIFICACIÓN Y REVISIÓN DE DOCUMENTOS

**Versión 1**

**FECHA:** 28 noviembre 2023

**Elaboración y revisión Consultoría**

| | | |
|---|---|---|
| **Responsable Elaboración** | **Nombre** | J. Hernando García J. |
| | Cargo | Especialista en Vías y Transporte |
| | Firma |  |
| **Responsable Revisión** | **Nombre** | |
| | Cargo | |
| | Firma | |

**Revisión Interventoría**

| | | |
|---|---|---|
| **Responsable Revisión** | **Nombre** | |
| | Cargo | |
| | Firma | |
| **Responsable Aprobación** | **Nombre** | |
| | Cargo | |
| | Firma | |

INGENIERIA

# CONTENIDO

**1. INTRODUCCION** 5

**2. OBJETIVOS** 6

**2.1. OBJETIVO GENERAL** 6

**2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS** 6

**3. LOCALIZACIÒN DEL PROYECTO** 7

**4. METODOLOGIA DE TRABAJO** 7

**5. TRANSITO DE DISEÑO** 8

**5.1 RESUMENES DE LOS AFOROS** 10

**DIA: MIERCOLES 15 DE NOVIEMBRE DE 2023** 10

**5.2 DETERMINACION DEL FACTOR CAMION** 12

**5.3 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS EN EL CARRIL DE DISEÑO Y DURANTE EL PERÍODO DE DISEÑO (N) (AÑO2022)** 14

**5.3.1 RESULTADOS DE EJES EQUIVALENTES** 14

**5.4 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE TRANSITO** 15

**6. TIPO DE SUELO** 15

**6.1 CBR DE DISEÑO** 18

INGENIERIA

**7. MODULO DE RESILIENTE DE LA SUB-RASANTE 19**

**8. DISEÑO DE ESPESORES POR EL METODO DE LA AASHTO 20**

**8.1 CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES 20**

8.1.1 MEZCLA DENSA EN CALIENTE 20

8.1.2 BASE GRANULAR. 22

8.1.3 SUB BASE GRANULAR 23

**8.2 NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO 24**

8.2.1 DETERMINACION DEL NÚMERO ESTRUCTURAL 25

8.2.2 ERROR NORMAL COMBINADO So 26

8.2.3 NIVEL DE SEVICIALIDAD 26

8.2.4 COEFICIENTE DE APORTE Y DRENAJES 27

**8.3 DETERMINACION DE ESPESORES 27**

**9. ESPECIFICACIONES TECNICAS 33**

**10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 34**

**12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 37**

INGENIERIA

*Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander*
*Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia*



# 1. INTRODUCCION

El deterioro evidente de la malla vial de Cúcuta, ha llevado a que la administración municipal invierta en el mejoramiento de la infraestructura vial, en este caso en particular en la calle 2 entre avenida 10 y Diagonal Santander.

Para tal fin se realizaron los estudios y diseños técnicos necesarios y/o complementarios para las vías objeto de la presente consultoría de diseño de pavimento.

En este volumen se encuentra la proyección del tránsito para la vida útil de la estructura de pavimento, el cálculo de la capacidad de soporte de diseño (CBR de diseño), considerando el criterio del instituto del asfalto para tal fin y tres alternativas de estructuras de pavimento, de acuerdo a las características geotécnicas de la sub-rasante encontrada y a la variable transito calculada.

Se anuncian las especificaciones para la ejecución de obra y recomendaciones generales para su construcción.

Los espesores de la estructura de pavimento se determinaron mediante el uso de la metodología de la AASHTO.

INGENIERIA

# 2. OBJETIVOS

## 2.1. OBJETIVO GENERAL

Con base en la información obtenida para el estudio, y en los trabajos complementarios realizados dentro de la exploración geotécnica, realizar el diseño de la estructura del pavimento flexible para *EL PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL PROYECTO: DIAGNOSTICO, CONSTRUCCION Y/O REHABILITACION Y/O MEJORAMIENTO DE LA MALLA VIAL URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSE DE CUCUTA FASE IV. LOTE 4. TRAMO: CALLE 2 ENTRE AVENIDA 10 Y DIAGONAL SANTANDER*
*SUBTRAMO: CALLE 2 ENTRE AVENIDA 8 Y AVENIDA 7,* para las solicitaciones de tránsito esperado en el sector durante el período de diseño
.

## 2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Calcular la capacidad de soporte de diseño (CBR de diseño)

Definir la variable N (variable tránsito)

Estimar el modulo resiliente de la sub-rasante, $M_R$

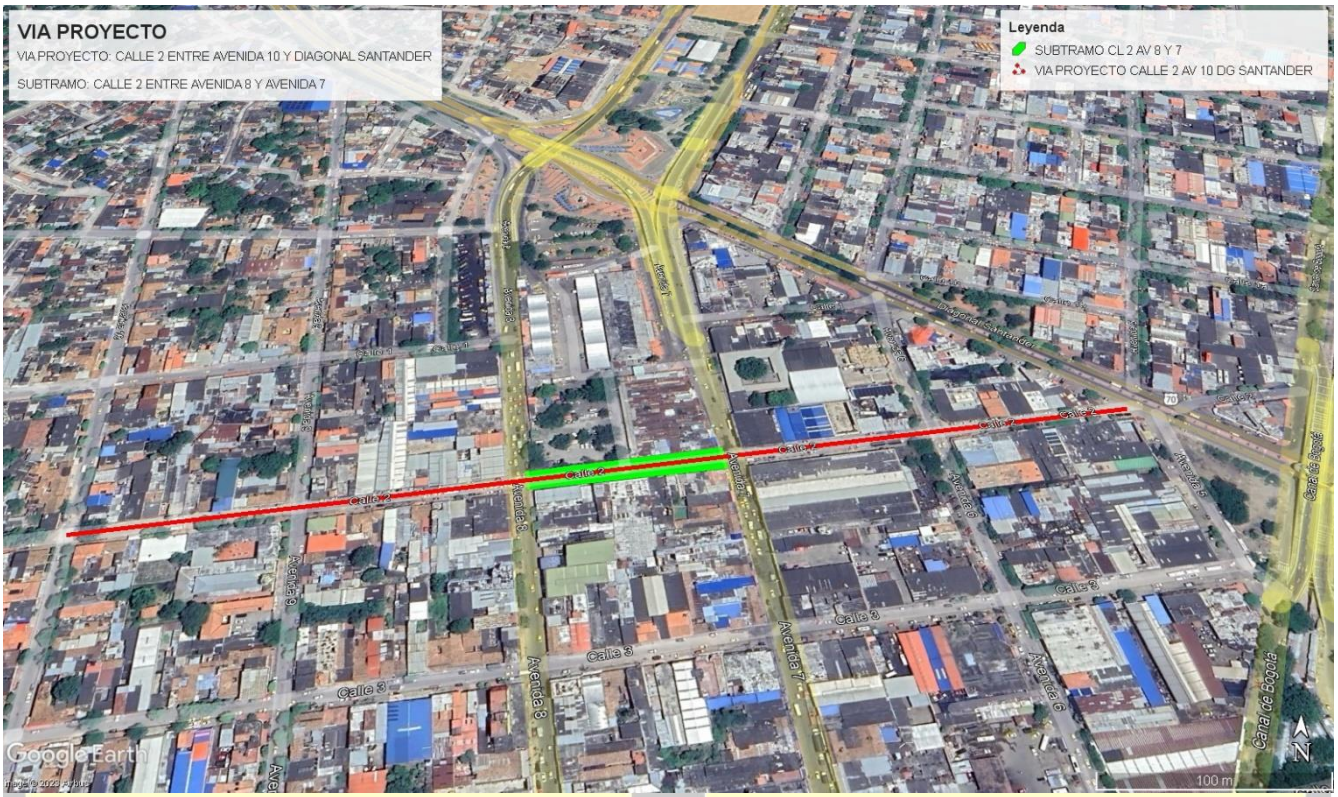
Realizar el diseño de la estructura de pavimento flexible, de manera que garanticen el nivel de servicio adecuado a lo largo del período de diseño.

Recomendar los materiales y sus especificaciones técnicas para garantizar el cumplimiento de los diseños propuestos.

Emitir las recomendaciones constructivas para acometer y garantizar el normal desarrollo del proyecto.

# 3. LOCALIZACIÒN DEL PROYECTO

El subtramo objeto de la presente consultoria es la calle 2 entre avenidas 8 y 7, en la comuna 1, barrio el callejon, en la ciudad de Cúcuta.




Fuente. Google Earth

# 4. METODOLOGIA DE TRABAJO

A continuaciòn se presenta la metodologìa general empleada en la evaluaciòn y el diseño de las estructuras de pavimento, a continuacion se describen cada una de las etapas:

**Visita de especialistas**. Se realizò una visita para observar, analizar y estudiar el proyecto dentro del entorno.

**Diseño de estructura alternativa**. Mediante la metodología de la AASHTO para el diseño de pavimentos flexcibles, se establecieron los parámetros requeridos en consideraciòn con la importancia de las vías dentro de la movilidad de la ciudad y el régimen de tránsito proyectado con base en la operatividad del sector, esto, junto a la capacidad estructural de del suelo de fundacion encontrado, permitió establecer los espesores acertados de la estructura de pavimento.

## 5. TRANSITO DE DISEÑO

Actualmente la vía tiene un pavimento flexible totalmente fallado, lo que hace que los costos operativos de los vehículos se incrementen, y teniendo en cuenta que la vía ayuda a evacuar el centro de la ciudad constantemente, hace que el consumo energético sea alto y, por consiguiente, las emisiones altas.




Estado actual de la calle 2 entre avenida 8 y 7, sector terminal, barrio El Callejón

El volumen de transito se define como el número de vehículos que circulan por un punto o sección transversal de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado de tiempo y se expresa en número de vehículos/periodo de tiempo; estos volúmenes son absolutos cuando se tiene el número total de vehículos que pasan en un periodo de tiempo, por lo tanto se tendrán volúmenes totales como transito anual (TA), transito mensual (TM), transito semanal (TS), transito diario (TD) y transito horario (TH).

El transito promedio diario es el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado en días completo que sea igual o menor a un año y mayor a un día, dividido en el número de días de ese periodo, en consecuencia se puede tener transito promedio diario anual (TPDA), transito promedio diario mensual (TPDM) y transito promedio diario semanal (TPDS). La abstención de esta información es costosa dependiendo del periodo de tiempo, pues se trata de cuantificar ininterrumpidamente hora por hora los vehículos que circulan durante un periodo de tiempo seleccionado.

Todo pavimento debe ser diseñado para soportar el tránsito inicial y aquel que pase durante su vida de servicio. El tránsito inicial de vehículos comerciales utilizado para el diseño del pavimento será la suma del normalmente existente, el atraído y el generado.

En nuestro caso, el transito se estima con observación directa en la vía objeto y las caracteristicas socio-economicas del sector de aplicación del proyecto y teniendo en cuenta el desarrollo de la calidad de vida y la proyeccion de servicio.

Para este proyecto, por ser una rehabilitacion de una vía existente, y teniendo en cuenta el mal estado de las mismas, la movilidad y constumbres de traslado de las personas de los diferentes sectores, se tomaron aforos durante tres dias, mediante observacion directa (manuales) , y en un peridodo de 14 horas. En los aforos se tuvieron en cuenta vehículos tipo automovil, bus y camión.

Una vez realizados los estudios de tráfico en los sitios, el transito registrado se discrimina en vehículos livianos y comerciales, estos últimos son los que realmente se tienen en cuenta para el diseño.

El transito así obtenido habrá de proyectarse hacia el futuro una vez establecido el periodo de diseño y determinada la tasa anual de crecimiento del tránsito. Tradicionalmente en Colombia las proyecciones del tránsito se han efectuado utilizando el modelo exponencial expresado mediante la expresión **Tn = Ti*(1+r) ^n**, Donde:

**Tn**: Transito en cualquier año n.
**Ti:** Transito en el año cero (inicial).
**r:** tasa anual de crecimiento anual del tránsito.

A partir de la expresión anterior es posible por integración obtener el transito acumulado durante los **n** años del periodo de diseño, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{T acumulado} = Ti\,\frac{((1+r)^n)-1}{\ln(1+r)}$$

## 5.1 RESUMENES DE LOS AFOROS

## DIA: MIERCOLES 15 DE NOVIEMBRE DE 2023

### AUTOS

| 15/11/2023 | | AVENIDA 8 | |
|---|---|---|---|
| HORARIO | | MANIOBRA | |
| HORA INICIO | HORA FINAL | DIRECTO | CL 2 |
| 6:00 | 7:00 | 181 | 15 |
| 7:00 | 8:00 | 180 | 41 |
| 8:00 | 9:00 | 184 | 39 |
| 9:00 | 10:00 | 189 | 56 |
| 10:00 | 11:00 | 157 | 57 |
| 11:00 | 12:00 | 177 | 43 |
| 12:00 | 13:00 | 241 | 44 |
| 13:00 | 14:00 | 218 | 35 |
| 14:00 | 15:00 | 251 | 52 |
| 15:00 | 16:00 | 277 | 67 |
| 16:00 | 17:00 | 264 | 54 |
| 17:00 | 18:00 | 183 | 61 |
| 18:00 | 19:00 | 174 | 51 |
| 19:00 | 20:00 | 169 | 34 |
| Totales Día | | 2845 | 649 |
| Total General | | 3494 | |

### BUSES

| 15/11/2023 | | AVENIDA 8 | |
|---|---|---|---|
| HORARIO | | MANIOBRA | |
| HORA INICIO | HORA FINAL | DIRECTO | CL 2 |
| 6:00 | 7:00 | 25 | 4 |
| 7:00 | 8:00 | 22 | 5 |
| 8:00 | 9:00 | 23 | 5 |
| 9:00 | 10:00 | 25 | 5 |
| 10:00 | 11:00 | 25 | 6 |
| 11:00 | 12:00 | 21 | 6 |
| 12:00 | 13:00 | 24 | 4 |
| 13:00 | 14:00 | 19 | 4 |
| 14:00 | 15:00 | 20 | 4 |
| 15:00 | 16:00 | 21 | 3 |
| 16:00 | 17:00 | 19 | 3 |
| 17:00 | 18:00 | 14 | 2 |
| 18:00 | 19:00 | 15 | 1 |
| 19:00 | 20:00 | 11 | 0 |
| Totales Día | | 284 | 52 |
| Total General | | 336 | |

### CAMIONES

| 15/11/2023 | | AVENIDA 8 | |
|---|---|---|---|
| HORARIO | | MANIOBRA | |
| HORA INICIO | HORA FINAL | DIRECTO | CL 2 |
| 6:00 | 7:00 | 4 | 0 |
| 7:00 | 8:00 | 9 | 2 |
| 8:00 | 9:00 | 13 | 1 |
| 9:00 | 10:00 | 14 | 2 |
| 10:00 | 11:00 | 13 | 2 |
| 11:00 | 12:00 | 10 | 2 |
| 12:00 | 13:00 | 12 | 3 |
| 13:00 | 14:00 | 8 | 2 |
| 14:00 | 15:00 | 10 | 1 |
| 15:00 | 16:00 | 9 | 4 |
| 16:00 | 17:00 | 8 | 3 |
| 17:00 | 18:00 | 8 | 2 |
| 18:00 | 19:00 | 2 | 1 |
| 19:00 | 20:00 | 0 | 0 |
| Totales Día | | 120 | 25 |
| Total General | | 145 | |

### DISTRIBUCION DE CAMIONES DIRECTOS

| C2P | C2G | C3-C4 | C5 | >C5 |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 89 | 31 | 0 | 0 | 0 |

### DISTRIBUCION DE CAMIONES GIRO A CL2

| C2P | C2G | C3-C4 | C5 | >C5 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 6 | 0 | 0 | 4 |

*Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander*
*Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia*



## DIA: JUEVES 16 DE NOVIEMBRE DE 2023

### AUTOS

| | | AVENIDA 8 | |
|---|---|---|---|
| HORARIO | | MANIOBRA | |
| HORA INICIO | HORA FINAL | DIRECTO | CL 2 |
| 6:00 | 7:00 | 192 | 13 |
| 7:00 | 8:00 | 248 | 39 |
| 8:00 | 9:00 | 286 | 39 |
| 9:00 | 10:00 | 211 | 66 |
| 10:00 | 11:00 | 193 | 46 |
| 11:00 | 12:00 | 239 | 45 |
| 12:00 | 13:00 | 188 | 43 |
| 13:00 | 14:00 | 199 | 34 |
| 14:00 | 15:00 | 264 | 87 |
| 15:00 | 16:00 | 223 | 65 |
| 16:00 | 17:00 | 187 | 43 |
| 17:00 | 18:00 | 174 | 43 |
| 18:00 | 19:00 | 212 | 55 |
| 19:00 | 20:00 | 171 | 56 |
| Totales Día | | 2987 | 674 |
| Total General | | 3661 | |

### BUSES

| | | AVENIDA 8 | |
|---|---|---|---|
| HORARIO | | MANIOBRA | |
| HORA INICIO | HORA FINAL | DIRECTO | CL 2 |
| 6:00 | 7:00 | 24 | 4 |
| 7:00 | 8:00 | 22 | 5 |
| 8:00 | 9:00 | 24 | 5 |
| 9:00 | 10:00 | 20 | 4 |
| 10:00 | 11:00 | 21 | 6 |
| 11:00 | 12:00 | 24 | 5 |
| 12:00 | 13:00 | 22 | 5 |
| 13:00 | 14:00 | 18 | 3 |
| 14:00 | 15:00 | 23 | 4 |
| 15:00 | 16:00 | 18 | 4 |
| 16:00 | 17:00 | 17 | 3 |
| 17:00 | 18:00 | 18 | 3 |
| 18:00 | 19:00 | 14 | 3 |
| 19:00 | 20:00 | 9 | 2 |
| Totales Día | | 274 | 56 |
| Total General | | 330 | |

### CAMIONES

| | | AVENIDA 8 | |
|---|---|---|---|
| HORARIO | | MANIOBRA | |
| HORA INICIO | HORA FINAL | DIRECTO | CL 2 |
| 6:00 | 7:00 | 6 | 1 |
| 7:00 | 8:00 | 9 | 0 |
| 8:00 | 9:00 | 10 | 2 |
| 9:00 | 10:00 | 8 | 5 |
| 10:00 | 11:00 | 10 | 0 |
| 11:00 | 12:00 | 9 | 2 |
| 12:00 | 13:00 | 6 | 4 |
| 13:00 | 14:00 | 4 | 1 |
| 14:00 | 15:00 | 4 | 4 |
| 15:00 | 16:00 | 5 | 3 |
| 16:00 | 17:00 | 3 | 5 |
| 17:00 | 18:00 | 2 | 3 |
| 18:00 | 19:00 | 2 | 1 |
| 19:00 | 20:00 | 1 | 2 |
| Totales Día | | 79 | 33 |
| Total General | | 112 | |

### DISTRIBUCION DE CAMIONES DIRECTOS

| C2P | C2G | C3-C4 | C5 | >C5 |
|---|---|---|---|---|
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 66 | 13 | 0 | 0 | 0 |

### DISTRIBUCION DE CAMIONES GIRO A CL2

| C2P | C2G | C3-C4 | C5 | >C5 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 8 | 0 | 0 | 3 |

*Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander*
*Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia*



## DIA: SABADO 18 DE NOVIEMBRE DE 2023

| AUTOS | | | |
|---|---|---|---|
| | | AVENIDA 8 | |
| HORARIO | | MANIOBRA | |
| HORA INICIO | HORA FINAL | DIRECTO | CL 2 |
| 6:00 | 7:00 | 156 | 12 |
| 7:00 | 8:00 | 145 | 46 |
| 8:00 | 9:00 | 131 | 64 |
| 9:00 | 10:00 | 177 | 89 |
| 10:00 | 11:00 | 175 | 67 |
| 11:00 | 12:00 | 177 | 65 |
| 12:00 | 13:00 | 175 | 70 |
| 13:00 | 14:00 | 162 | 49 |
| 14:00 | 15:00 | 170 | 53 |
| 15:00 | 16:00 | 157 | 76 |
| 16:00 | 17:00 | 167 | 65 |
| 17:00 | 18:00 | 134 | 28 |
| 18:00 | 19:00 | 128 | 27 |
| 19:00 | 20:00 | 114 | 51 |
| Totales Día | | 2168 | 762 |
| Total General | | 2930 | |

| BUSES | | | |
|---|---|---|---|
| | | AVENIDA 8 | |
| HORARIO | | MANIOBRA | |
| HORA INICIO | HORA FINAL | DIRECTO | CL 2 |
| 6:00 | 7:00 | 19 | 3 |
| 7:00 | 8:00 | 24 | 4 |
| 8:00 | 9:00 | 18 | 5 |
| 9:00 | 10:00 | 21 | 5 |
| 10:00 | 11:00 | 19 | 4 |
| 11:00 | 12:00 | 22 | 5 |
| 12:00 | 13:00 | 25 | 4 |
| 13:00 | 14:00 | 19 | 6 |
| 14:00 | 15:00 | 18 | 4 |
| 15:00 | 16:00 | 15 | 4 |
| 16:00 | 17:00 | 15 | 5 |
| 17:00 | 18:00 | 14 | 3 |
| 18:00 | 19:00 | 12 | 2 |
| 19:00 | 20:00 | 12 | 2 |
| Totales Día | | 253 | 56 |
| Total General | | 309 | |

| CAMIONES | | | |
|---|---|---|---|
| | | AVENIDA 8 | |
| HORARIO | | MANIOBRA | |
| HORA INICIO | HORA FINAL | DIRECTO | CL 2 |
| 6:00 | 7:00 | 6 | 0 |
| 7:00 | 8:00 | 7 | 2 |
| 8:00 | 9:00 | 3 | 3 |
| 9:00 | 10:00 | 3 | 2 |
| 10:00 | 11:00 | 3 | 2 |
| 11:00 | 12:00 | 5 | 3 |
| 12:00 | 13:00 | 3 | 2 |
| 13:00 | 14:00 | 3 | 3 |
| 14:00 | 15:00 | 4 | 3 |
| 15:00 | 16:00 | 3 | 1 |
| 16:00 | 17:00 | 2 | 1 |
| 17:00 | 18:00 | 2 | 0 |
| 18:00 | 19:00 | 0 | 0 |
| 19:00 | 20:00 | 0 | 0 |
| Totales Día | | 44 | 22 |
| Total General | | 66 | |

DISTRIBUCION DE CAMIONES DIRECTOS

| C2P | C2G | C3-C4 | C5 | >C5 |
|---|---|---|---|---|
| 5 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 37 | 7 | 0 | 0 | 0 |

DISTRIBUCION DE CAMIONES GIRO A CL2

| C2P | C2G | C3-C4 | C5 | >C5 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 6 | 0 | 0 | 1 |

INGENIERIA

## 5.2 DETERMINACION DEL FACTOR CAMION

En la determinación del factor camión en nuestro medio son utilizadas tres metodologías para la obtención de del factor camión: por conteo y pesaje de los vehículos comerciales, por el método MOPT-INGEROUT y por el propuesto por la Universidad del Cauca. Los factores de equivalencia de carga por eje (FC) proporcionan una manera de expresar niveles equivalentes de daños entre ejes, sin embargo, este daño se puede expresar en términos de la cantidad del deterioro producida por un determinado vehículo. Factor camión es el número de ejes

simples equivalentes de referencia que producen el mismo daño que a pasada de un vehículo. El Factor camión es calculado como un promedio para todo el flujo del tránsito pesado. Para este proyecto se aplicara la última metodología que cuenta con la ayuda de la Tabla

***Factores de daño para vehículos cargados***

| FACTORES DE DAÑO PARA VEHÍCULOS CARGADOS | |
|---|---|
| TIPO DE VEHÍCULO | FACTOR DAÑO |
| C2P | 1,14 |
| C2G | 3,44 |
| C3 | 3,76 |
| C2 – S1 | 3,37 |
| C4 | 6,73 |
| C3 – S1 | 2,22 |
| C2 – S2 | 3,42 |
| C3 – S2 | 4,40 |
| C3 – S3 | 4,72 |
| BUS P – 600 | 0,40 |
| BUS P – 900 | 1,00 |
| BUSETA | 0,05 |

*Fuente: MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de pavimentos. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2006.*

Se determinó el factor camion, asi:

| | AUTOS | BUSES | CAMIONES |
|---|---|---|---|
| TPDS = | 3362 | 325 | 108 |
| TPDS = | | 3795 | |
| TPDS COMPOSICION = | 88.59% | 8.56% | 2.85% |
| TPDS COMP AJUSTADA= | 88.6% | 8.60% | 2.80% |

| FACTOR CAMION | TRANSITO | FACTOR DAÑO | T * FC |
|---|---|---|---|
| C2 PEQUEÑO | 81 | 1.14 | 92.34 |
| C2 GRANDE | 24 | 3.44 | 82.56 |
| C3-4 | 0 | 3.76 | 0 |
| C5 | 0 | 3.42 | 0 |
| C6 | 3 | 4.72 | 14.16 |
| SUMATORIA | 108 | | 189.06 |

| FACTOR CAMION = | 1.75 |
|---|---|

| FACTOR VEH COMERCI | % TRANSITO | FACTOR DAÑO | %T * FC |
|---|---|---|---|
| BUSES | 8.60% | 1 | 0.0860 |
| CAMIONES | 2.80% | 1.75 | 0.0490 |
| SUMATORIA | 11.40% | | 0.1350 |

| FACTOR CAMION VC = | 1.18 |
|---|---|

## 5.3 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS EN EL CARRIL DE DISEÑO Y DURANTE EL PERÍODO DE DISEÑO (N) (AÑO2022)

Con base en el TPD y los factores de daño, se obtuvo el Número de Ejes Equivalentes de 8,2 toneladas. El factor carril se adoptó igual a uno (0.5) teniendo en cuenta que la vía constará de dos carriles y el Factor direccional se adoptó en 90% ya que es una vía con dos carriles en el mismo sentido.

### 5.3.1 Resultados de ejes equivalentes

El resultados del cálculo del tránsito de diseño N, calculado para un periodo de diseño de 20 años a parir del año 2022, expresado como el número de repeticiones de ejes equivalentes de 8,2 toneladas en el carril de diseño en el periodo de diseño se obtuvo mediante la aplicación de la siguiente formula:

$$N = TPD * \frac{A}{100} * \frac{B}{100} * 365 * \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)} * FC$$

Donde, en el caso de la via

TPD = Transito promedio diario inicial, 3795 veh mixtos/dia
A = Porcentaje estimado de vehículos pesados (buses y camiones), 11.40%
B = Porcentaje de vehículos pesados que emplean el carril de diseño, 90%
r = Rata anual de crecimiento del tránsito: 2%, ajustado por componente de transito futuro y determinando un factor de ampliación del 2% para el transito atraído, en total 4%
n = Periodo de diseño, 10 años
FC = Factor camión, 1.18

| | |
|---|---|
| **TPD =** | 3795 |
| **% VEH PESADOS =** | 11.4% |
| **CARRIL DE DISEÑO =** | 90% |
| **RATA DE CREC % =** | 4% |
| **PERIODO DE DISEÑO =** | 10 |
| **FACTOR CAMION =** | 1.18 |
| **(N) ESAL =** | 2,060,999 |

N = 2.060.999 ejes equivalentes de 8,2 toneladas en el periodo de diseño.
N = 2.065.000 ejes equivalente de 8,2 toneladas

## 5.4 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE TRANSITO

El valor de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño durante el periodo de diseño para la calle 2 entre avenida 8 y avenida 7, sector El Terminal, barrio El Callejon es de via es 2.065.000 ejes equivalente de 8,2 toneladas en el carril de diseño, durante el periodo de diseño

Este valor pueden y deben ser incluidos con variable transito (N) en los metodos de diseño de pavimento.

# 6. TIPO DE SUELO

La empresa INGESCOL, presenta el documento del proyecto INFORME DE ESTUDIO DE SUELOS, donde presenta los resultados de 2 apiques manuales hasta una profundidad de 1.50 metros, en las cuales se llevaron a cabo los ensayos de campo: CBR in-situ metodo DCP, extraccion de muestras para humedad y clasificacion, profundidad del nivel freatico ( a 1.50 metros no se evidenció). Los muestras extraidas fueron llevada al laboratorio donde se les realizaron los siguientes ensayos de laboratorio: Contenido de humedad, granulometria, límites de consistencia, Penetracion CBR y ensayo modificado de compactacion.

Se presentan los resumenes de los resultados:

**Resumen Resultados de Laboratorio**

| APIQUE | Muestra | Prof. (m) | w% | LL | LP | IP | %Grava | %Arena | %Finos | USC | AASTHO | I.G. | Descripción |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0,20-1,00 | 2.41 | N.L. | N.L. | N.P | 7.37 | 50.71 | 41.92 | SM | A-4 | 1 | Arean limosa, no plastica. |
| 2 | 1 | 0,20-1,00 | 6.92 | N.L. | N.L. | N.P | 0.00 | 64.54 | 35.46 | SM | A-4 | 0 | Arean limosa, no plastica. |

Fuente: Documento INFORME ESTUDIO DE SUELOS, por INGESCOL

*Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander*
*Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia*



## VALORES DE CBR

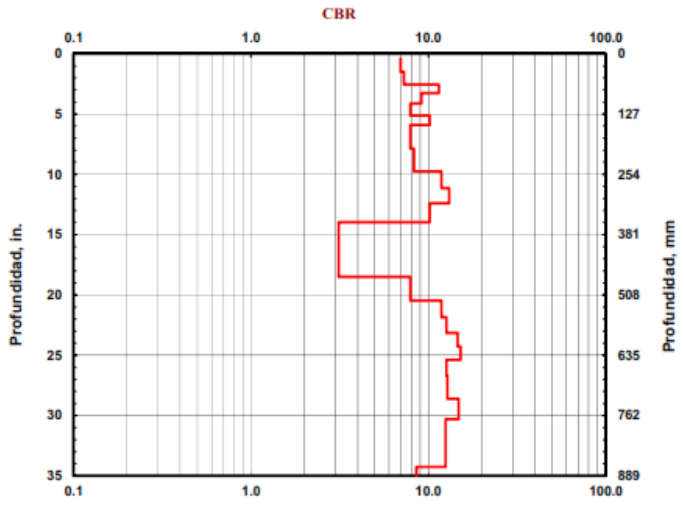
### informacion de Cono Dinamico

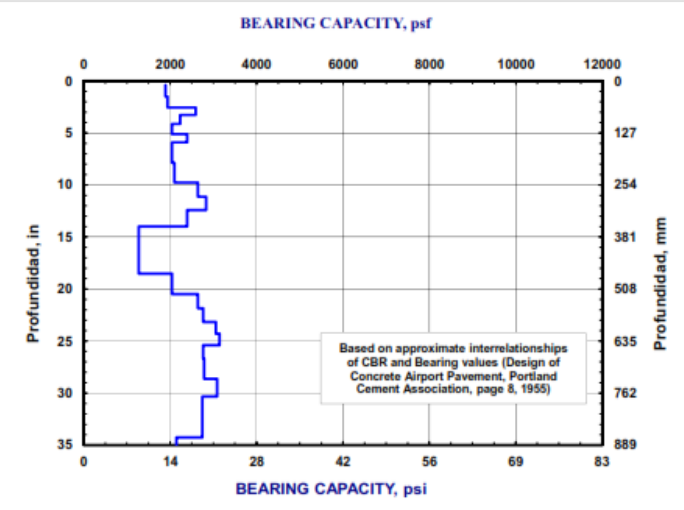
**Proyecto:** Avenida 10 Calle 2 **Fecha:** 11/16/2023
**Localizacion:** APIQUE 1 **Tipo de Suelo:** Type in the soil type

Martillo: ○ 10.1 lbs. ◉ 17.6 lbs. ○ Usados ambos martillos

Tipo de Suelo: ○ CH ○ CL ◉ Otro tipo de suelo

| No. De Golpes | Penetracion Acumulada (mm) | Tipo de Martillo |
|---|---|---|
| 0 | 10 | 1 |
| 1 | 38 | 1 |
| 1 | 65 | 1 |
| 1 | 83 | 1 |
| 1 | 105 | 1 |
| 1 | 130 | 1 |
| 1 | 150 | 1 |
| 2 | 200 | 1 |
| 2 | 248 | 1 |
| 2 | 283 | 1 |
| 2 | 315 | 1 |
| 2 | 355 | 1 |
| 2 | 470 | 1 |
| 2 | 520 | 1 |
| 2 | 555 | 1 |
| 2 | 588 | 1 |
| 2 | 617 | 1 |
| 2 | 645 | 1 |
| 2 | 678 | 1 |
| 3 | 727 | 1 |
| 3 | 770 | 1 |
| 3 | 820 | 1 |
| 3 | 870 | 1 |
| 3 | 940 | 1 |




CBR = 7%

## informacion de Cono Dinamico

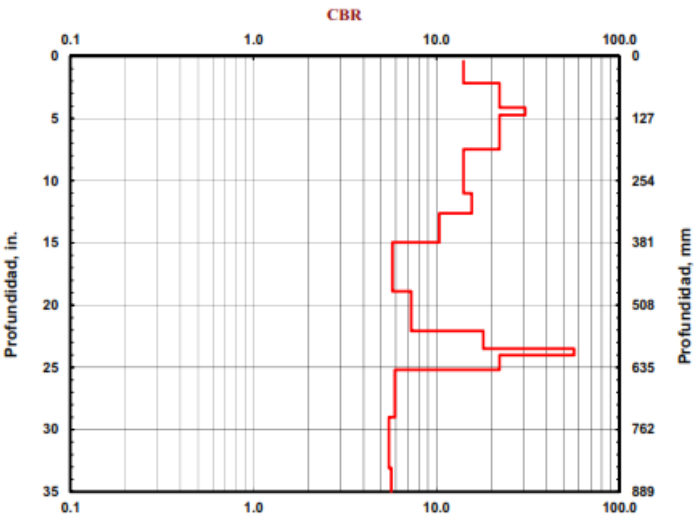
**Proyecto:** Avenida 10 Calle 6 **Fecha:** 11/16/2023

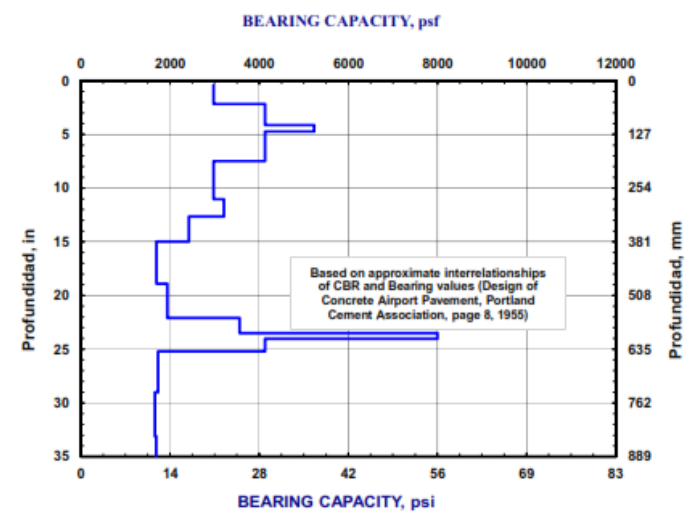
**Localizacion:** APIQUE 2 **Tipo de Suelo:** Type in the soil type

Martillo: ○ 10.1 lbs. ◉ 17.6 lbs. ○ Usados ambos martillos

Tipo de Suelo: ○ CH ○ CL ◉ Otro tipo de suelo

| No. De Golpes | Penetracion Acumulada (mm) | Tipo de Martillo |
|---|---|---|
| 0 | 10 | 1 |
| 1 | 25 | 1 |
| 1 | 40 | 1 |
| 1 | 55 | 1 |
| 1 | 65 | 1 |
| 1 | 75 | 1 |
| 1 | 85 | 1 |
| 2 | 105 | 1 |
| 2 | 120 | 1 |
| 2 | 140 | 1 |
| 2 | 160 | 1 |
| 3 | 190 | 1 |
| 3 | 235 | 1 |
| 3 | 280 | 1 |
| 3 | 321 | 1 |
| 3 | 380 | 1 |
| 3 | 480 | 1 |
| 3 | 561 | 1 |
| 3 | 597 | 1 |
| 3 | 610 | 1 |
| 3 | 640 | 1 |
| 3 | 737 | 1 |
| 3 | 841 | 1 |
| 3 | 942 | 1 |




CBR = 6%

## 6.1 CBR DE DISEÑO

Expuesto lo anterior, se aplica el criterio del instituto del asfalto, que dice:

Para determinar el valor total, que el 60, el 75 o el 87.5% de los datos individuales sea mayor o igual que él, de acuerdo al transito que se espera circule sobre el pavimento, asi:

| Numero de ejes de 8.2 toneladas en el carril de diseño (N) | Perecentil a seleccionar para hallar la resistencia |
|---|---|
| $<10^4$ | 60 |
| $10^4 – 10^6$ | 75 |
| $>10^6$ | 87.5 |

Desarrollando el criterio, involucrando todos los datos obtenidos para CBR (PDC,CBR no sumergido yCBR sumergido) tenemos:

| CBR | NUMERO DE VALORES IGUALES O MAYORES | % VALORES IGUALES O MAYORES |
|---|---|---|
| 6 | 2 | 100.00 |
| 7 | 1 | 50.00 |

INGENIERIA




El valor para el CBR de diseño, por el criterio del Instituto del Asfalto, es del 6.23%.

## 7. MODULO DE RESILIENTE DE LA SUB-RASANTE

El módulo Resiliente de la sub-rasante ha sido estimado en función de su CBR, mediante la siguiente correlación, que recomienda la Guía de la AASHTO, para CBR mayores o iguales a 3.0% pero menores a 7.2%

$M_{R1}$ = 1500* CBR

$M_{R1}$ = 1500 * (6.23)

$M_{R1}$ = 9345 psi

$M_{R1}$ = 64.43 Mpa

# 8. DISEÑO DE ESPESORES POR EL METODO DE LA AASHTO

En el presente capítulo, con fundamento en el concepto del número estructural, se determinan los espesores de cada uno de los materiales requeridos para proteger la sub-rasante de las deformaciones permanentes generadas por el tráfico, aspectos discutidos en los capítulos precedentes.

## 8.1 CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES

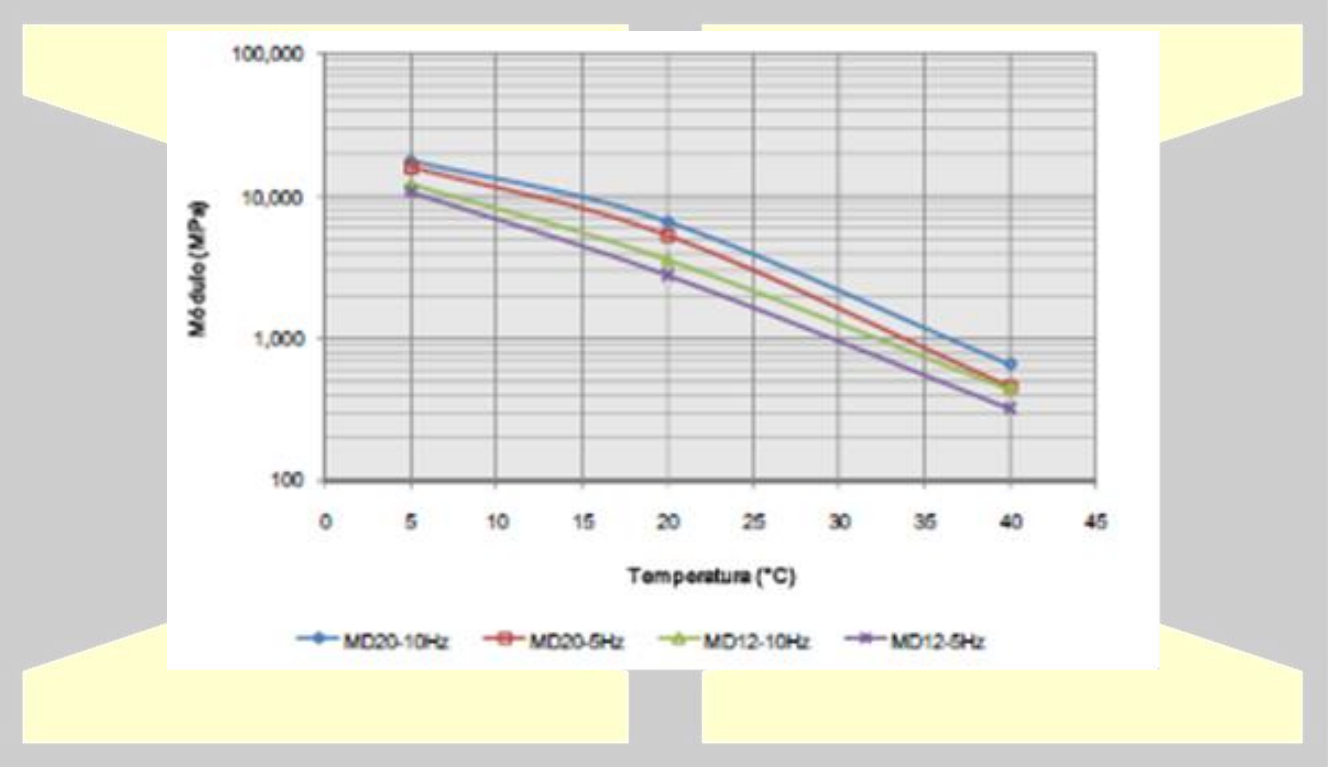
Previo al dimensionamiento de espesores, se hace necesario caracterizar los materiales contemplados en cada alternativa propuesta con base en los requerimientos técnicos mínimos contemplados en las Especificaciones Técnicas de Materiales y Construcción del INVIAS 13, aspectos descritos a continuación.

### 8.1.1 Mezcla Densa en Caliente

Se ha empleado un aporte estructural de 0.30 para la mezcla asfáltica en caliente tipo MDC19 y MDC25, teniendo en cuenta las recomendaciones del manual de diseño del INVIAS, para condiciones de climas cálidos. Este consultor considera un módulo de la mezcla asfáltica de 1379 MPa, teniendo en cuenta el aporte estructural, las características de la zona y la experiencia en otros proyectos.

INGENIERIA

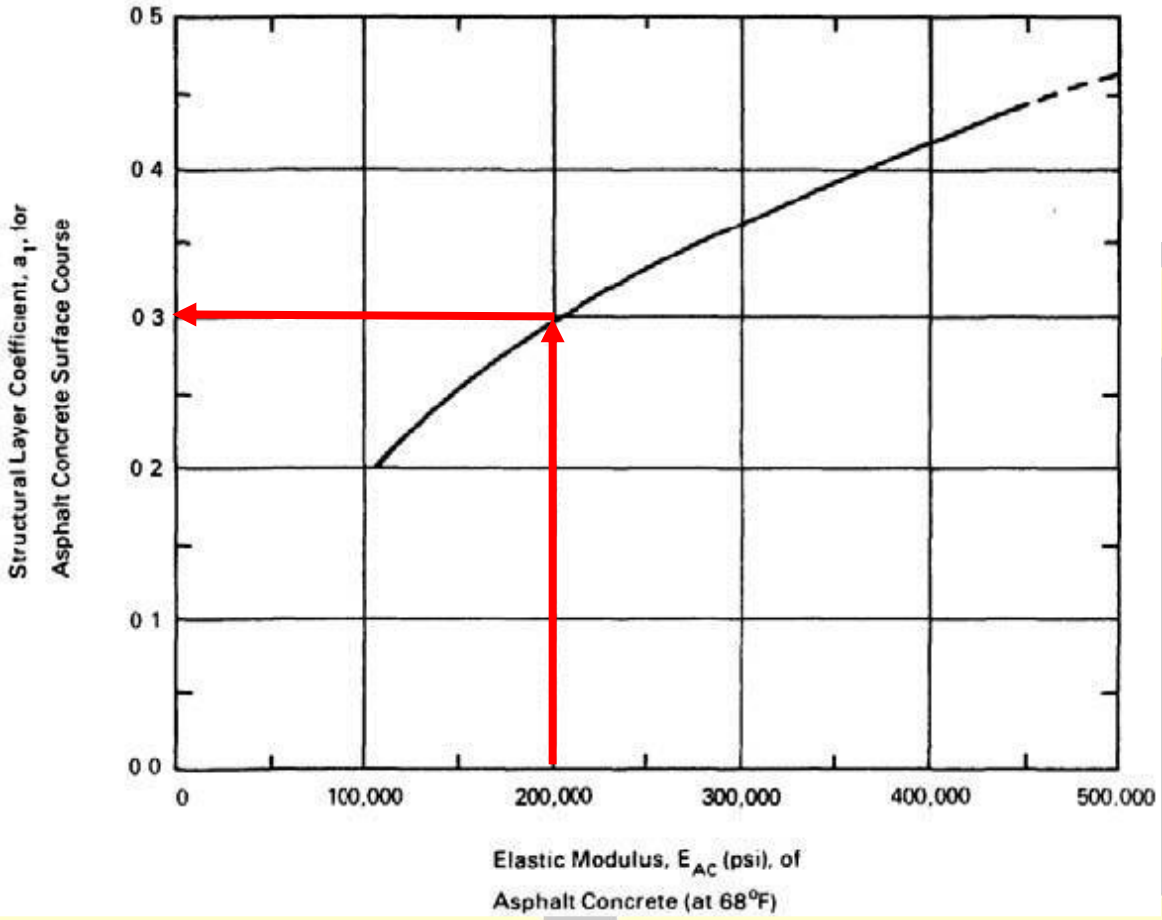
**Grafico No. 1 Módulos dinámicos de mezclas asfálticas por laboratorio de acuerdo a la temperatura.**




De acuerdo con el Grafico No 1 (que corresponde a la figura II – 2.5 de la guía AASHTO -93), en función del módulo de 1379 Mpa, el coeficiente de aporte de las capas asfálticas se asocia un valor de 0.30.

INGENIERIA

**Grafico No 2. Carta para estimar el coeficiente de aporte de concretos asfalticos.**

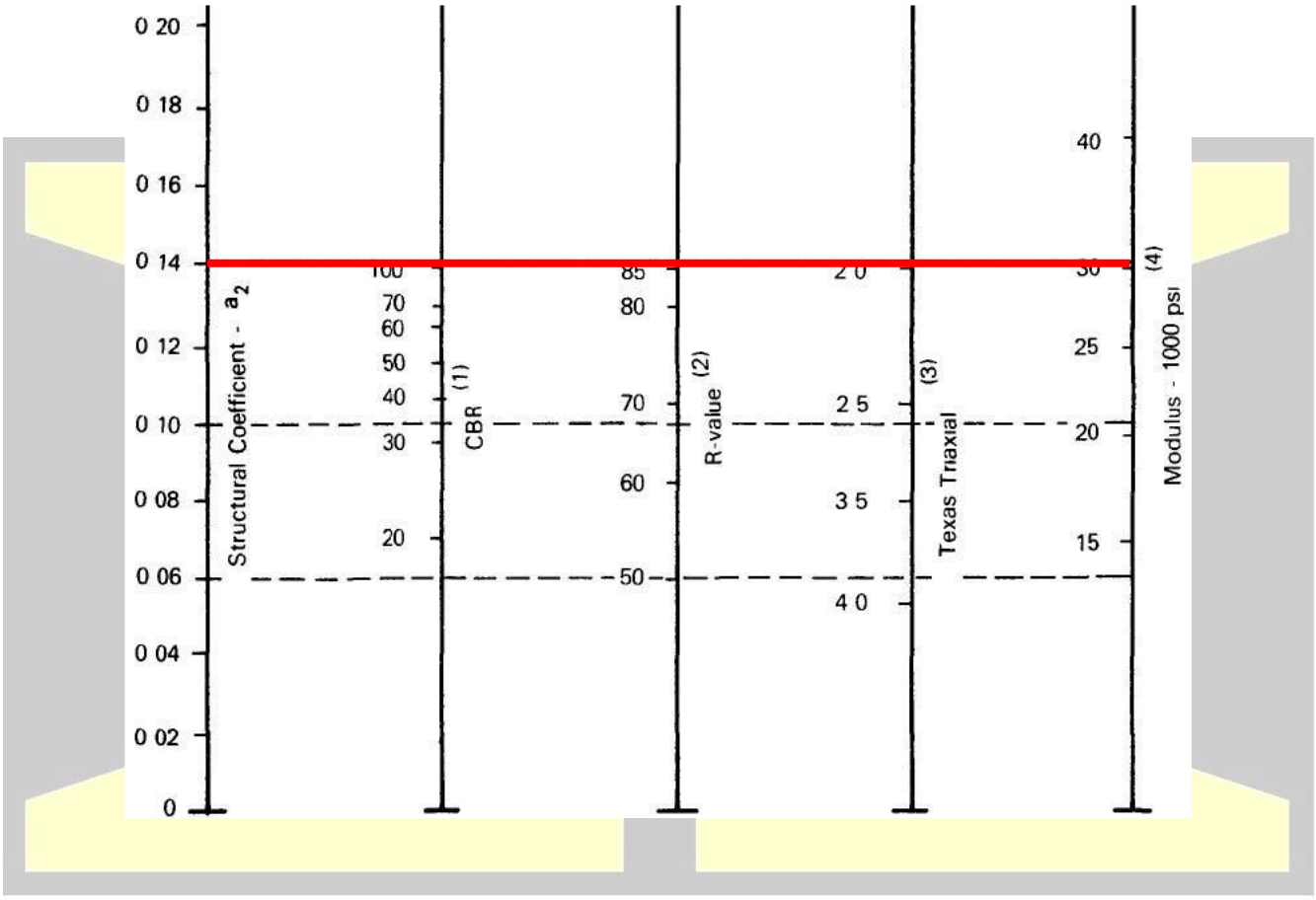



Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures. Washington D.C., 1993. Cap 2

### 8.1.2 Base Granular.

El valor de relación de soporte [CBR] al 100% de la densidad seca máxima, adoptado para diseño es 100%. De acuerdo con la figura II-2.6 de la guía AASHTO de 1993, dicha relación de soporte teóricamente se asocia a un módulo Resiliente de 210 MPa y a un coeficiente de aporte de 0.14 (ver gráfico No.3).

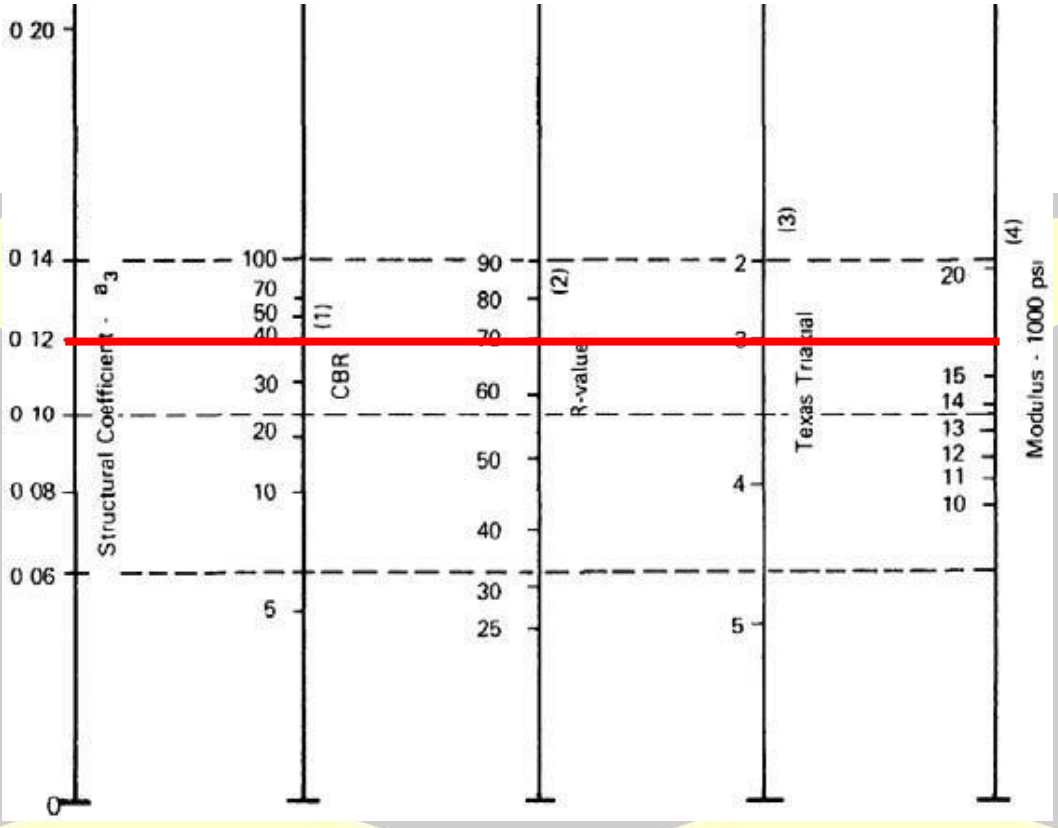
**Grafico No. 3 Carta para estimar el coeficiente de aporte de bases granulares**




### 8.1.3 Sub base Granular

Para el caso de las sub bases granulares se contempla una relación de soporte de 60% al 95% de la densidad seca máxima. De acuerdo con la figura II-2.7 de la guía AASHTO, dicha relación de soporte se asocia a un módulo Resiliente de 120 MPa y a un coeficiente de aporte de 0.12 (gráfico No. 4).

**Grafico No. 4 Carta para estimar el coeficiente de aporte de sub bases granulares.**




Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures. Washington D.C., 1993. Cap 2

## 8.2 NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO

De acuerdo con la metodología AASHTO 1993, la capacidad estructural requerida por un pavimento se define en términos de número estructural requerido. La ecuación fundamental para determinar dicho parámetro, es la siguiente:

$$Log\ (Ndis) = Zr * So + 9.36 * \log(SN+1) - 0.2 + \left\{\frac{Log\left[\frac{\Delta IPS}{Po-1.5}\right]}{0.40 + \left[\frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}\right]}\right\} + 2.32 * Log(Mr) - 8.071$$

Dónde:

Ndis: número de ejes equivalentes

ZR: desviación normal estándar

So: error estándar combinado

ΔPSI: diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial (Po) y el final (Pt)

MR: módulo Resiliente de la sub-rasante, psi

SN: número estructural requerido

El cálculo de la capacidad estructural requerida ha sido realizado con una desviación estándar de 0.49 y niveles de servicio inicial y final de 4.2 y 2.0, respectivamente. El nivel de confiabilidad coincide con el empleado para la estimación del tráfico de diseño: 90%.

### 8.2.1 DETERMINACION DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

Teniendo en cuenta que:

- EL TRANSITO DE DISEÑO es N = 2.065.000 ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño durante el periodo de diseño.
- EL NIVEL DE CONFIANZA: es del 90 %, se determina el valor de la desviación normal estándar Zr, con que se desea diseñar el pavimento por medio de la siguiente tabla:

**Desviación estándar, Zr**

| Confiabilidad | Desviación normal |
|---|---|
| 50 | 0.000 |
| 60 | -0.253 |
| 70 | -0.524 |
| 75 | -0.674 |
| 80 | -0.841 |
| 85 | -1.037 |
| 90 | -1.282 |
| 91 | -1.340 |
| 92 | -1.405 |
| 93 | -1.476 |
| 94 | -1.555 |
| 95 | -1.645 |
| 96 | -1.751 |
| 97 | -1.881 |
| 98 | -2.054 |
| 99 | -2.327 |
| 99.9 | -3.090 |
| 99.99 | -3.750 |

Fuente: AASTHO Guide for design of pavement structures. Washington D.C., 1993. P. I-62

### 8.2.2 ERROR NORMAL COMBINADO So

Tiene en cuenta el error o desviación del diseño, la variación de las propiedades de los materiales, la variación de las propiedades de la sub-rasante, la variación de la estimación del tránsito, la variación de las condiciones climáticas y la variación de la calidad de la construcción.

El presente diseño se desarrollará tomando en So = 0.49

### 8.2.3 NIVEL DE SEVICIALIDAD

Conociendo que ΔIPS = Po – Pt y teniendo en cuenta las siguientes tablas:

**Servicialidad inicial, Po**

| Tipo de pavimento | Servicialidad inicial, Po |
|---|---|
| concreto | 4.5 |
| asfalto | 4.2 |

**Serviciabilidad final, Pf**

| Tipo de vía | Servicialidad final Pt |
|---|---|
| Autopista | 2.5 – 3.0 |
| Carreteras | 2.0 – 2.5 |
| Pavimento urbano principal | 1.5 – 2.0 |
| Pavimento urbano | 1.5 – 2.0 |

Fuente: AASTHO Guide for design of pavement structures. Washington D.C., 1993. P. II-10

Se tiene, entonces, que

$$\Delta PSI = Po - Pt$$

Po = 4.2

Pt = 2.0

$$\Delta PSI = 2.2$$

### 8.2.4 COEFICIENTE DE APORTE Y DRENAJES

Los coeficientes estructurales y de drenaje, empleados para el dimensionamiento de las intervenciones, son:

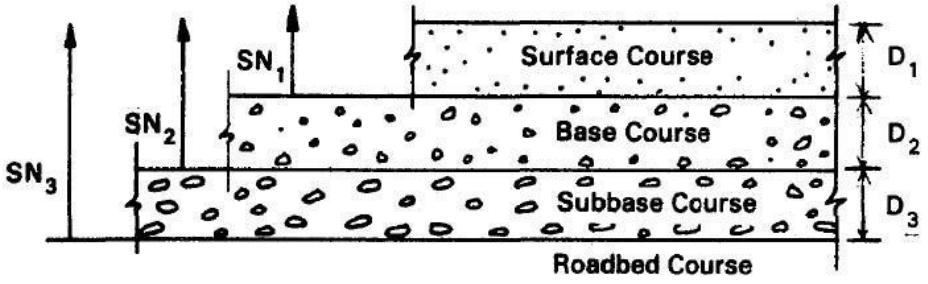
**Coeficientes estructurales y de drenaje**

| Material | Módulo [MPa] | Coeficiente de aporte | Coeficiente de drenaje |
|---|---|---|---|
| Mezcla densa en caliente | 1379 | 0.30 | 1.00 |
| Base granular | 210 | 0.14 | 1.00 |
| Sub base granular | 120 | 0.12 | 1.00 |

### 8.3 DETERMINACION DE ESPESORES

El procedimiento para determinar la estructura que supla las solicitaciones del tránsito, consiste en igualar el número estructural requerido con el obtenido al resolver la siguiente expresión:

**Determinación de los espesores de cada capa**




Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures. Washington D.C., 1993

$$SN = \sum a_i * m_i * D_i$$

Donde, para cada material, i:

$a_i$: coeficiente de aporte

$m_i$: coeficiente de drenaje

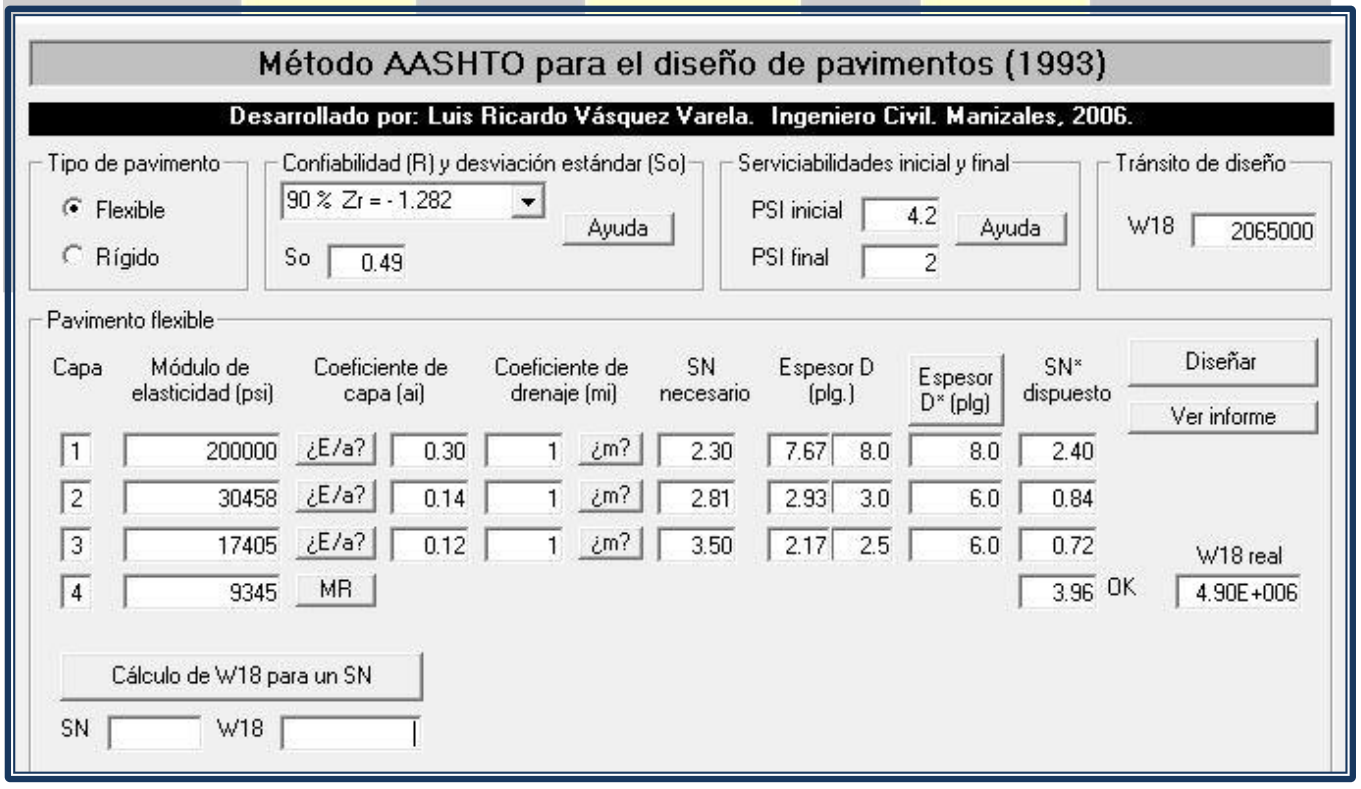
$D_i$: espesor, in

El procedimiento necesario para la determinación de los espesores de cada capa se ilustra en la figura, donde a, D, m y SN se definen como los mínimos valores requeridos.

**Número estructural requerido**

| Confiabilidad | | | Serviciabilidad | | | Módulo Resiliente | | Tránsito |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| So | R | Zr | $PSI_i$ | $PSI_f$ | ΔPSI | MPa | PSI | $N_{8.2\ TON}$ |
| 0.49 | 90% | -1.282 | 4.2 | 2.0 | 2.2 | 90.16 | 9345 | 2.065.000 |

**NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO**



```
GUÍA AASHTO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS (1993)
Por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, Colombia. 2005.

PAVIMENTO FLEXIBLE
Confiabilidad                                : 90 %  Zr = - 1.282
Desviación estándar (So)                     : 0.49
PSI inicial                                  : 4.20
PSI final                                    : 2.00
Tránsito de diseño (W18)                     : 2.065E+006
Módulo resiliente de la subrasante (Mr)-psi- : 9.345E+003
====================================
Capa   Módulo (psi)     a()       m()
====================================
 1      2.000e+005     0.30      1.00
 2      3.046e+004     0.14      1.00
 3      1.741e+004     0.12      1.00
====================================

SN necesario: 3.50. SN dispuesto: 3.96
=================================================
  SN      D (plg)     D redon(plg)   D*(plg)     SN*
=================================================
  2.30    7.67E+00    8.00E+00       8.00E+00    2.40
  2.81    2.93E+00    3.00E+00       6.00E+00    0.84
  3.50    2.17E+00    2.50E+00       6.00E+00    0.72
=================================================
Tránsito real para la estructura dispuesta    : 4.901E+006
```

De acuerdo a los parámetros calculados con la ecuación de la AASHTO, el número estructural requerido es de 3.5, y los espesores requeridos se indican en el análisis a continuación:

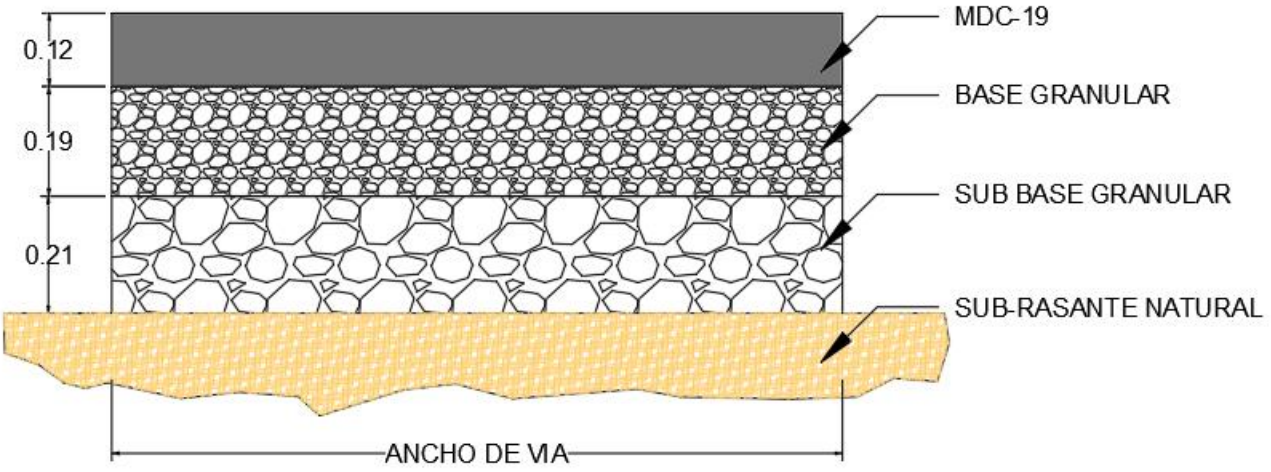
## ALTERNATIVA PAVIMENTO FLEXIBLE

| CALLE 2 ENTRE AVENIDA 8 Y 7 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |
| CBR = | | | 6.23% | MR = 9345 | | 9345 PSI | |
| N = | | | 2,065,000 | SN = | 3.5 | SUELO = | VARIOS |
| SN NECESARIO | | MODULO PSI | APORTE | COEF DREN | ESPESOR EVALUADO CM | ESPESOR EVALUADO PULG | SN DISPUESTO |
| SN TOTAL | 3.5 | | | | | | |
| SN CA 19 +25 | 2.30 | 200,000 | 0.300 | 1 | 12 | 4.72 | 1.416 |
| SN BASE | 2.81 | 30,458 | 0.140 | 1 | 19 | 7.48 | 1.047 |
| SN SUB BASE | 3.5 | 17,405 | 0.130 | 1 | 21 | 8.27 | 1.075 |
| | | | ESPESOR TOTAL | | 52 | | 3.538 |

*Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander*
*Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia*



## ALTERNATIVA ESTRUCTURA PAVIMENTO FLEXIBLE



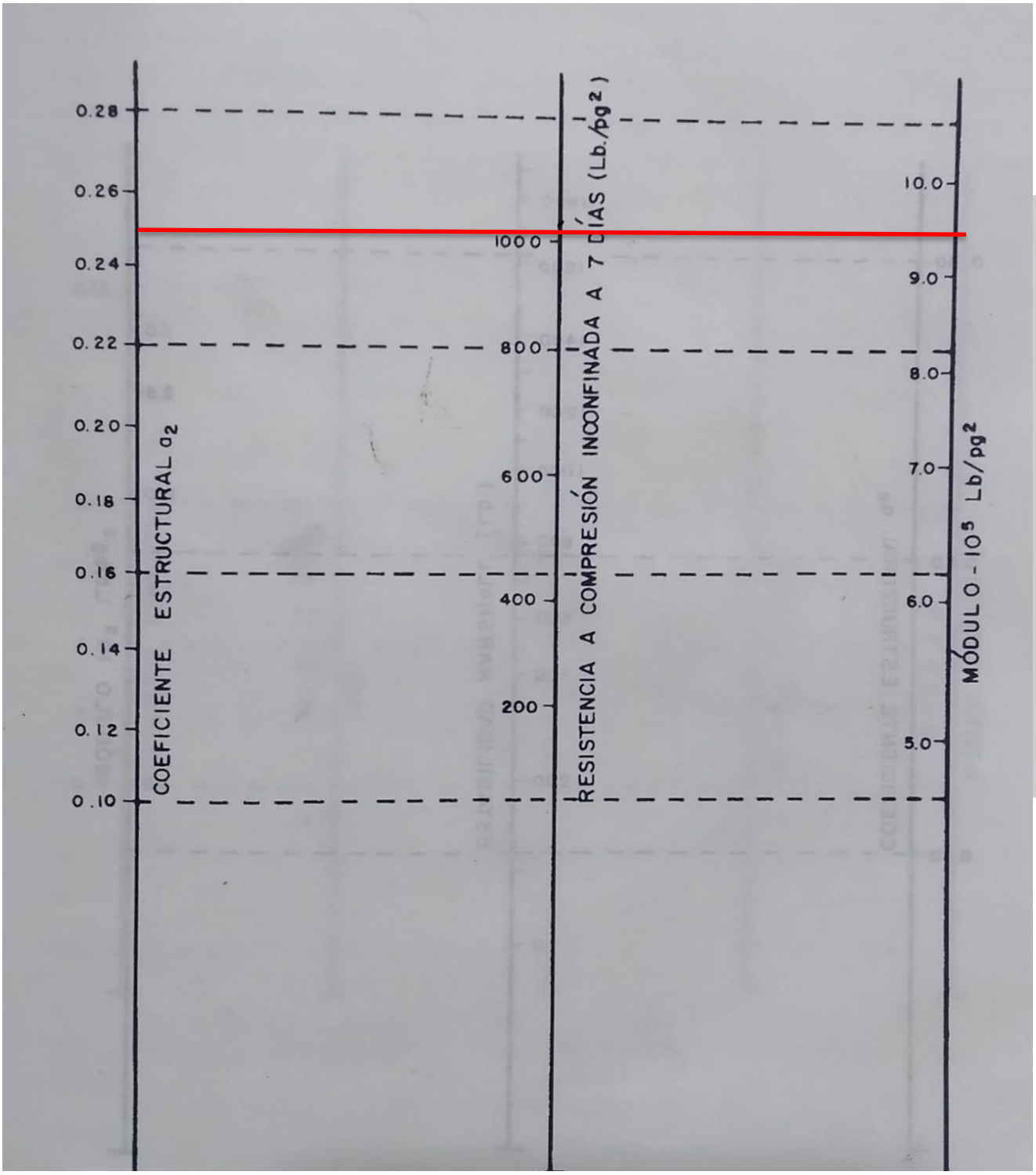

Teniendo en cuenta que no existe un catastro de redes, así como tampoco evidencia de actualizacion de redes en el subtramo analizado, se hace necesario reducir la altura de la estructura del pavimento, con el fin de garantizar la estabilidad de las redes de acueducto, alcantarillado, gas, entre otras.

Para tal fin se propone una estructura bi-capa reemplazando los granulares por una base estabilizada y aumentar el espesor de la capa asfaltica.

Para la base estabilizadam y tomando con base la norma 351-13 del INVIAS, se trabajará con una base estabilizada con cemento para un resistencia a la compresion a los 7 dias de 7 MPa, los cuales, equivalen a 1015 PSI

*Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander*
*Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia*






Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures. Washington D.C., 1993. Cap 2

Manteniendo el SN de 3.5, y haciendo la distribución de espesores, tenemos:

| CALLE 2 ENTRE AVENIDA 8 Y 7 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CBR = | | | 6.23% | MR = 9345 | | 9345 PSI | |
| N = | | | 2,065,000 | SN = | 3.5 | SUELO = | VARIOS |
| SN NECESARIO | | MODULO PSI | APORTE | COEF DREN | ESPESOR EVALUADO CM | ESPESOR EVALUADO PULG | SN DISPUESTO |
| SN TOTAL | 3.5 | | | | | | |
| SN CA 19 +25 | 2.30 | 200,000 | 0.300 | 1 | 12 | 4.72 | 1.416 |
| SN BASE EST BEC | 2.81 | 63,000 | 0.250 | 1 | 22 | 8.66 | 2.165 |
| SN SUB BASE | 3.5 | 17,405 | 0.130 | 1 | 0 | 0 | 0.000 |
| | | | ESPESOR TOTAL | | 34 | | 3.581 |

Aumentando el espesor de la cap asfaltica hasta 15 centimetros, construyendo una capa asfaltica de base en MDC25 de 8 centimetros de espesor y una capa asfaltica de rodadura de 7 centimetros, ligando las dos con una malla de refuerzo, tenemos:

## ESTRUCTURA BASE

Diseño de la estructura de pavimento en condición no reforzada

El botón **agregar material**, agrega una capa sobre las existentes.
El botón **+** agrega una capa debajo de la seleccionada.

Ver información | Agregar material

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

| Espesor | | Material | Módulo Dinámico | | a | m | SN | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| cm | pulg | | (Kg/cm2) | (PSI) | (-) | (-) | $SN_i$ | $SN_{acum}$ | | |
| 15 | 5.91 | CAPA ASFÁLTICA NUEVA | 14.000 | 200000 | 0.305 | 1 | 1.80 | 3.77 | + | - |
| 20 | 7.87 | BASE ESTABILIZADA | 63.000 | 900000 | 0.25 | 1 | 1.97 | 1.97 | + | - |
| | | Subrasante | 610 | 9150 | | | | | | |

DISEÑO CUMPLE 100%

N 2.065.000 Número de aplicaciones de ejes equivalentes previstos que actuarán en el periodo de diseño.

$N_f$ 3.321.117 Número de aplicaciones de ejes equivalentes que soportará la estructura.

Estructura mejorada

Diseño de la estructura de pavimento en condición reforzada

El botón **agregar material**, agrega una capa sobre las existentes.
El botón **+** agrega una capa debajo de la seleccionada.

Ver información | Agregar material

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

| Espesor | | Material | Módulo Dinámico | | a | m | SN | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| cm | pulg | | (Kg/cm2) | (PSI) | (-) | (-) | $SN_i$ | $SN_{acum}$ | | |
| 7 | 2.76 | CAPA ASFÁLTICA NUEVA | 14.000 | 200000 | 0.305 | 1 | 0.84 | 3.28 | + | - |
| | | Fortgrid Asphalt 160 | | | | | | | | |
| 8 | 3.15 | CAPA ASFÁLTICA EXISTENTE | 14.000 | 200000 | 0.305 | 1 | 0.96 | 2.44 | + | - |
| 15 | 5.91 | BASE ESTABILIZADA | 63.000 | 900000 | 0.25 | 1 | 1.48 | 1.48 | + | - |
| | | Subrasante | 610 | 9150 | | | | | | |

DISEÑO CUMPLE 100%

N 2.065.000 Número de aplicaciones de ejes equivalentes previstos que actuarán en el periodo de diseño.
$N_f$ 2.327.815 Número de aplicaciones de ejes equivalentes que soportará la estructura.

# 9. ESPECIFICACIONES TECNICAS

Todos los materiales a utilizar en la ejecución de las obras de pavimentación, deben cumplir con las especificaciones generales de construcción del INVIAS, versión 2013. A continuación, se reseñan las normativas a cumplir.

**Especificaciones técnicas de los materiales**

| Capa | Especificación |
|---|---|
| Mezcla Densa en caliente | MDC19-25 (Artículo 450-13) |
| Base granular Estabilizada | BCE (Artículo 351-13) |
| Geo-Malla | Resistente al corte en la interface de capas asfálticas |

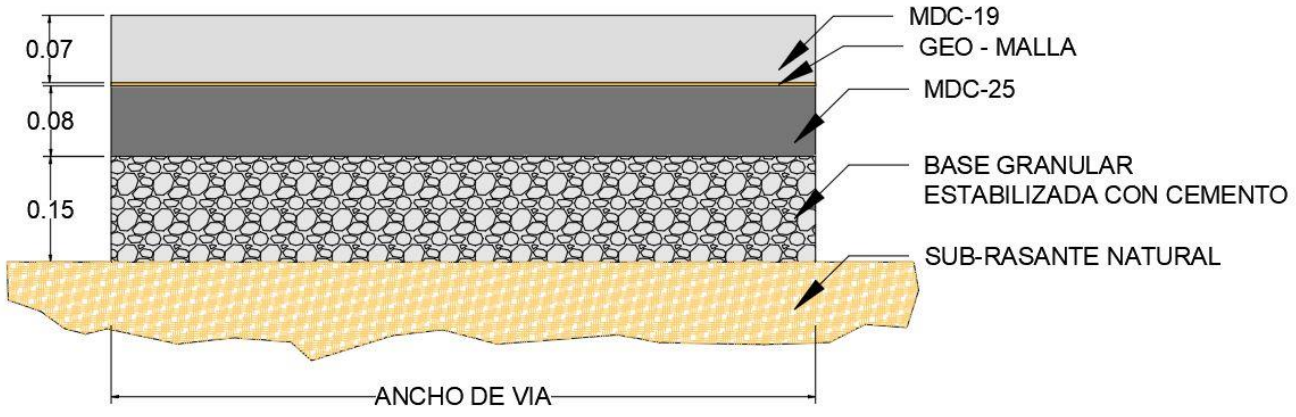
Durante la etapa de construcción se debe garantizar la ejecución de las pruebas y ensayos de

laboratorio, que permitan establecer la conformidad de los materiales empleados con la norma anteriormente citada.

## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La alternativa de estructura formulada cumple con los requerimientos de carga y garantizan la disipación de esfuerzos sobre la sub-rasante.

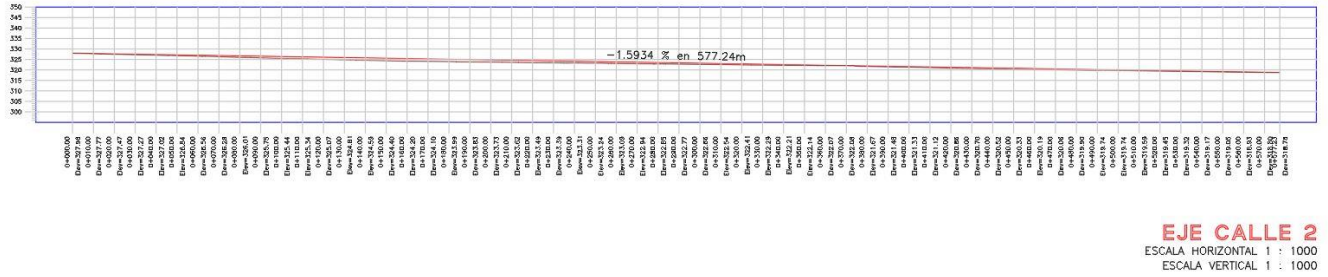
| ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE | | | |
|---|---|---|---|
| ALTERNATIVA | ESTRUCTURA | | ESPECIFICACION |
| | CAPA | ESPESOR, CM | |
| | MDC-19 | 7 | INVIAS 450-13 |
| | Geo Malla | N. A. | Resistente al corte en la interface de capas asfálticas reforzadas. |
| | MDC-25 | 8 | INVIAS 450-13 |
| | BEC | 15 | INVIAS 351-13 |




**ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE**

Entre las capas de asfalto se debe hacer riego de liga tipo CRR1.

Durante la etapa constructiva se recomienda mantener la pendiente longitudinal, la cual es del -1.59% tomando como punto de inicio la intersección de la calle 2 con la avenida 10; manteniendo esta pendiente longitudinal, se recomienda hacer la sección transversal con un bombeo máximo del 2%, con esto se distribuiría, en época de lluvias, la escorrentía superficial hacia los bordes de la vía.




Pendiente longitudinal

El constructor debe cerciorarse de la calidad de los materiales adquiridos, bajo ningún motivo debe variar el tipo o calidad de los materiales respecto a los establecidos por las especificaciones técnicas y los diseños. El proceso constructivo deberá seguir los lineamientos y procedimientos establecidos en las Especificaciones Generales de Carreteras del Instituto Nacional de Vías - INVIAS, de la siguiente manera:

Mezcla asfáltica según INVIAS 450 de 2013.
Riego de imprimación según INVIAS 420 de 2013
Riego de liga según INVIAS 421 de 2013
Base granular estabilizada con cemento según artículo INVIAS 3510 de 2013.
Geo – Malla Resistente al corte en la interface de capas asfálticas

Se recomienda al constructor realizar los ensayos de laboratorio contemplados en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras vigentes a la fecha de la

construcción de los tramos viales e intersecciones con el fin de garantizar la calidad de los materiales durante la ejecución de las obras y llevar un estricto control de calidad.

Se recomienda garantizar la NO afectación por humedad la sub-rasante, ya que el agua podría alterar el comportamiento físico mecánico de la misma presentando problemas por pérdida de soporte.

Se recomienda, al momento de la construcción, compactar y nivelar la capa de sub rasante, de cada tramo estudiado, por lo menos al 95% del Próctor Modificado del material existente.

Si durante la ejecución de los trabajos se encuentran sectores donde se requiera un mejoramiento para la capa de sub-rasante, esto se refiere a encontrarse sectores con baja capacidad portante (CBR<3.0%), situación que puede presentarse por efecto de acumulación de agua y por ende reblandecimiento de la capa de soporte, se recomienda realizar el mejoramiento de ésta por medio de la colocación de una capa de material Seleccionado tipo INV (sección 320) y/o rajón en un espesor total de 0.50 m de espesor.
Se recomienda retirar todo el material tipo relleno no estructural antes de construir cada una de las capas de la estructura del pavimento.

En toda la vía se debe implementar sistemas de drenaje y sub-drenaje que protejan la estructura del pavimento de la acción del agua, para de esta manera garantizar la estabilidad de la estructura.

Se le debe dar un adecuado confinamiento a cada una de las estructuras construidas para evitar un deterior prematuro. En las intersecciones se debe proteger la estructura con un dentellón en concreto asfaltico, el cual debe tener la altura de la estructura 30 centímetros.

Se hace necesario el diseño de iluminación artificial y señalización vial para cada tramo intervenido, que permita localizar las estructuras y elementos requeridos para la vía.

Además:

- Evitar, tanto como sea posible, exponer el suelo de sub rasante al efecto de las lluvias, lo cual aumenta el contenido de humedad y se puede inducir un proceso de “hinchamiento” del mismo, por saturación.
- En lo posible las excavaciones abiertas deberán taparse o rellenarse inmediatamente para impedir su deterioro por desecación en épocas secas o por humedecimiento y remoldeo en períodos lluviosos.
- Tras haber alcanzado la profundidad de excavación, permitir la perdida de humedad del suelo, antes de conformar las capas estructurales.
- Adecuación de un sistema de drenaje lateral que aísle la sub-rasante de los cambios de humedad que pueden provenir de las zonas verdes aledañas.
- Deberá evitarse la circulación excesiva de maquinaria pesada sobre la sub-rasante excavada.

También:

- Se debe realizar los seguimientos permanentes de las condiciones estructurales y funcionales de la vía, lo anterior con el fin de poder evaluar el momento en el cual deben hacerse labores de mantenimiento rutinario para así poder garantizar el adecuado comportamiento de la estructura.

INGENIERIA

## 12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

COLOMBIA. INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS INVIAS. Manual de Diseño de Pavimentos para Vías con Bajos Volúmenes. Bogotá D.C.: El Instituto, 2008.

COLOMBIA. ALFONSO MONTEJO FONSECA. Ingeniería de pavimentos. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia, 2006.

ESTADOS UNIDOS. AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. AASHTO Guide for design of pavement structures. Washington: La association, 1993 y 2002

**JOSE HERNANDO GARCIA JAIMES**
**MP 54202 – 74095 NTS**

INGENIERIA