

**“ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS
Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL,
EN BOGOTÁ D.C.”**

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 1630 DE 2020

ANEXO F

**METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO
FASE DE ESTUDIO Y DISEÑOS DE DETALLE**



BOGOTÁ, 2021 – Octubre

	ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.	
---	--	---

**METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO
FASE DE ESTUDIO Y DISEÑOS DE DETALLE**

CONTROL DE VERSIONES

Versión	Fecha	Descripción de la Modificación	Folios
Versión 00	7-oct-2021		8

EMPRESA CONTRATISTA

VALIDADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Ing. Carlos Arturo Bello Bonilla Especialista en Pavimentos	Ing. Carlos Arturo Bello Bonilla Especialista en Pavimentos	Ing. Mario Ernesto Vacca G. Director de Consultoría

EMPRESA INTERVENTORA

REVISADO POR:	AVALADO POR:	APROBADO POR:
Ing. Verónica Torres Especialista en Pavimentos	Ing. Wilmer Alexander Roza Coordinador de Interventoría	Ing. Oscar Andrés Rico Gómez Director de Interventoría

	ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.	
---	--	---

Contenido

1 INTRODUCCION	4
1.1 Confiabilidad.....	4
1.2 Información climática.....	4
1.3 Cargas del tránsito	5
1.4 Subrasante.....	5
1.5 Rigidez de los materiales.....	6
1.6 Dimensionamiento	6
1.7 Leyes de Fatiga, Esfuerzos y Deformaciones	7
1.8 Espesores finales de diseño	7
2 DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO.....	7
3 DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA PARA ANDEN Y CICLORRUTA	8

	ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.	
---	--	---

1 INTRODUCCION

Con base en el Anexo Técnico – Capítulo 11, numeral 7.1, se presenta la metodología para el diseño de los pavimentos en calzadas, pacificaciones viales, pavimentos permeables, andenes, ciclorrutas, alamedas, pompeyanos y en general, áreas que lo requieran. Para lograr este objetivo la estructura de pavimento flexible se dimensionará a través del método de la AASHTO 1993, y el chequeo de la estructura por el método racional.

Para el caso de la alternativa de diseñar un pavimento rígido se realizará empleando el método de la PCA 1984.

Las estructuras diseñadas por estos métodos serán revisadas teniendo en cuenta las leyes de comportamiento de los diferentes materiales que integran las capas de la estructura diseñada, de manera que satisfagan los requisitos de diseño relacionados con el control de la fatiga, la deformación y la deflexión.

DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Se diseñará una estructura conformada por cuatro (4) capas – capa asfáltica ó rodadura-base granular-sub base granular- capa de subrasante, en la cual se determinará el número estructural requerido por el tránsito de diseño proyectado, utilizando la fórmula de la metodología AASHTO 93.

Los parámetros para tener en cuenta en la formulación de la metodología AASHTO 93 se resumen a continuación, y los valores se asignan a la luz del Anexo Técnico:

1.1 Confiabilidad

En la literatura especializada encontramos que la confiabilidad sugerida para diferentes carreteras urbanas oscila entre 80 y 99.9.

En el Anexo Técnico Capítulo 11, se recomienda que para las Troncales el valor de confiabilidad es del 95% y para la malla vial arterial el valor es de 90%.

1.2 Información climática

La guía de diseño AASHTO 93 tiene en cuenta los efectos ambientales, por tanto, se considerarán datos históricos reportados por el IDEAM, tanto de temperatura como precipitación. Determinando la temperatura media ponderada del aire permitirá escoger la temperatura de trabajo de la mezcla.

La precipitación media anual será utilizada para determinar los coeficientes de drenaje del método AASHTO 93.

Estos cambios de temperatura y humedad tienen efecto sobre la resistencia, la durabilidad y la capacidad de resistir repeticiones de cargas.

	ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.	
---	--	---

1.3 Cargas del tránsito

Un pavimento es diseñado para soportar el tránsito inicial y aquel que pase durante su vida de servicio. Este estimativo requiere el conocimiento del valor de la tasa anual de crecimiento del tránsito.

El tránsito promedio diario por tipo de vehículo y la proyección anual del mismo deben ser el resultado del estudio de tránsito específico.

Una vez determinado el número acumulado de vehículos que transitarán en el carril de diseño y durante el periodo de diseño, es posible convertir esta cantidad de vehículos a ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas mediante el factor camión.

En este proyecto, en el que interviene Transmilenio, se deben incluir los parámetros operacionales a partir de los cuáles se determinan y proyectan las frecuencias y tipo de buses del sistema.

1.4 Subrasante

El módulo de la subrasante característico a adoptar para el diseño deberá ser obtenido a partir de resultados de ensayo de relación de soporte de California.

Se validará la correlación empírica con la ejecución de un ensayo de módulo resiliente en un sitio donde se haya medido un valor de CBR igual o cercano al estadístico representativo del sector. La relación humedad-densidad para la elaboración del ensayo de módulo resiliente, será definida a partir del análisis de los resultados de CBR en condición inalterada después de inmersión.

Para el cálculo del módulo equivalente por efectos de rellenos, granulares existentes o mejoramientos sobre subrasantes blandas se utilizará el método de IVANOV (1962).

En función del número de ejes simples equivalentes se determinará el módulo resiliente mínimo de la subrasante mejorada, dando cumplimiento al criterio establecido en la página 1-30 del capítulo 11 Pavimentos.

Al requerirse refuerzo de subrasantes con geosintéticos, se tendrá en cuenta el estado del arte, se tendrá presente que el método original fue desarrollado para refuerzos planares con geotextiles o geomallas (Giroud y Han, 2004).

El potencial de cambio volumétrico de la subrasante se determinará en forma indirecta mediante ensayos de consistencia (INV E-125-13 e INV E-126-13).

Lo anteriormente indicado se complementará con la clasificación de la fracción fina a partir del valor que arrojará el laboratorio de azul de metileno (INV E-182-13).

	ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.	
---	--	---

Los sectores con potencial expansivo alto o muy alto y estratos o zonas activas que no superen 1.5 m de profundidad con respecto al nivel de la rasante, se formulará técnicas de estabilización química o mecánica. Esta propuesta de diseño de la mezcla suelo-estabilizante, se realizará para el sector que así lo requiera. Si el potencial expansivo es alto o muy alto en una profundidad superior a 1.5 m se analizará en conjunto con el componente de geotecnia.

Cuando se encuentren sectores con presencia de suelos orgánicos y/o rellenos antrópicos con presencia de escombros y/o basuras, con el objetivo de establecer el tratamiento puntual para los mismos, se analizará lo establecido en la especificación 300-18 del documento ET-IC-01.

1.5 Rigidez de los materiales

Se consultará información que permita determinar el módulo dinámico/resiliente de las mezclas asfálticas para las frecuencias 1, 5 y 10 Hz y las temperaturas 5°C, 20°C y 35°C. Estos módulos dinámicos serán seleccionados para la frecuencia acorde con la velocidad de operación promedio establecida en el estudio de tránsito y la temperatura de trabajo calculada en función de la media ponderada del ambiente en Bogotá.

Para el caso del concreto hidráulico el módulo de rotura será seleccionado de acuerdo con los criterios establecidos en el documento ET-IC-01 Especificación 800-18-Pavimentos de concreto hidráulico.

El módulo resiliente de las bases y subbases granulares, se realizará mediante correlaciones en función del espesor de la capa y del módulo de la subyacente. Se tendrá en cuenta la formulación documentada en el método ME-PDG (AASHTO, 2008).

Las gráficas para obtener los coeficientes de aporte estructural a aplicar en la metodología de diseño AASHTO 93 serán los indicados en la tabla relacionada en la página 1-33 del Capítulo 11 Pavimentos del Anexo Técnico.

1.6 Dimensionamiento

En el segundo párrafo de la hoja 1-35 del Anexo Técnico capítulo 11 Pavimentos, encontramos que para obtener el coeficiente de drenaje de los granulares no ligados, se tendrá en cuenta lo indicado en la tabla 8.2 del Manual de diseño de pavimentos para vías con medios y altos volúmenes de tránsito, INVIAS 1998, o la versión vigente al momento de presentar estos diseños.

Otro parámetro que se considera es la serviciabilidad de un pavimento, que se define como el valor que puede tolerarse antes de que sea necesario un refuerzo o una rehabilitación. La AASHTO-93 reconoce un valor de 2.5 para las autopistas y vías principales y 2.0 para carreteras de menor importancia.

	ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.	
---	--	---

1.7 Leyes de Fatiga, Esfuerzos y Deformaciones

El agrietamiento por fatiga en las capas asfálticas se realizará a través de las fórmulas del INSTITUTO DEL ASFALTO, estas fórmulas se encuentran en la página 1-35 del Anexo Técnico capítulo 11 Pavimentos.

Con ayuda de un software, en este caso el DEPAV desarrollado por la Universidad del Cauca, se calculará las deformaciones de tracción en la base de la capa asfáltica y la vertical de compresión sobre la subrasante.

1.8 Espesores finales de diseño

Los espesores finales de diseño deben garantizar un índice estructural ($I_e = SN \text{ efectivo} / SN \text{ requerido}$) mayor que 1 y menor que 1.15 y un daño relativo acumulado para el criterio de fatiga en las capas asfálticas, bases estabilizadas con asfalto en frío, en caliente o con cemento mayor que 0.75 y menor que 1.

2 DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO

La metodología para el diseño es la formulada por la PCA, 1984.

Los parámetros de diseño son los siguientes:

- La capa granular a formular y construir es para proveer un soporte homogéneo a la losa que se diseña en espesor y MR, esta capa puede tener un espesor mínimo. Se presentará 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 la losa.
- El FSC se utilizará 1.2 para calzada Transmilenio y 1.0 para calzadas mixtas.
- Se tendrá en cuenta los efectos de transferencia de carga en las juntas o fisuras ligadas a los diferentes dispositivos de transferencia (trabazón de agregados, pasadores, hierros de amarre o armaduras longitudinales).
- El módulo de reacción combinado subrasante-granular se obtendrá de acuerdo con el procedimiento y recomendaciones indicadas en la metodología PCA-84.
- La verificación mecánica-empírica se realizará teniendo en cuenta lo indicado por el Ingeniero Fredy Reyes en el libro "Diseño Racional de Pavimentos. Año 2003".
- La modulación de las losas se verificará bajo el criterio que la longitud no supere 5 veces el radio de rigidez relativa.
- La modulación de las losas con relación de esbeltez mayor a 1.3 o aquellas con interferencia de pozos, alcantarillados o cajas de servicios públicos se presentarán las consideraciones de diseño que aplican.

	ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.	
---	--	---

3 DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA PARA ANDEN Y CICLORRUTA

Cómo lo menciona el Anexo Técnico Capítulo 11 Pavimentos, las estructuras para espacio público y ciclorruta se encuentran definidas en la Cartilla de Andenes de Bogotá (SDP, 2018).

