

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA ESPECIALIZACIÓN EN
INGENIERÍA DE PAVIMENTOS**



**DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL SEGMENTO
VIAL UBICADO EN LA CARRERA 72 C ENTRE CALLE 9A Y 10 DE LA
LOCALIDAD DE KENNEDY BARRIO BAVARIA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ**

ANDRES ALEXANDER VELANDIA UBATE

PROYECTO DE APLICACIÓN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS

Director de trabajo de grado:

ING. JOSE LUIS MERCADO PÉREZ, MSC, ESP

Título profesional obtenido

ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS
BOGOTÁ D.C.**

2019

ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS



DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL LA CARRERA 72 C ENTRE CALLE 9A Y 10 DE LA LOCALIDAD DE KENNEDY BARRIO BAVARIA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

BOGOTÁ D.C. 2019

Nota de aceptación

Presidente de Jurados

Firma de Jurado

Firma Jurado

TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción	8
2.	Generalidades.....	9
	2.1 Planteamiento del problema.....	9
	2.2 Pregunta de investigación	9
	2.3 Justificación	9
	2.4 Delimitaciones	10
	2.5 Objetivos.....	11
	2.5.1 Objetivo general.....	11
	2.5.2 Objetivos específicos	11
3.	Marco teórico	12
	3.1 Tránsito	12
	3.1.1 Periodo de diseño.....	14
	3.1.2 Cargas máximas legales.....	15
	3.1.3 Factores de homogenización de cargas y distribuciones.	15
	3.2 Caracterización de la subrasante	18
	3.2.2 CBR (%).....	20
	3.2.3 Modulo resiliente	21
	3.2.4 Mejoramiento de la subrasante	22
	3.3 Método de diseño de espesores AASTHO.....	24
4.	Metodología	30
	4.1 Tipo de estudio.....	30
	4.2 Población.....	30
	4.3 Recolección de información	30
	4.3.1 Características del suelo.....	30
	4.3.2 Evaluación de estrategia de mejoramiento	30
	4.4 Cálculo de ejes equivalentes	31
	4.4.1 Proyección del tránsito.....	31
	4.5 Cálculo de estructura de pavimento.....	31
5.	Análisis y resultados	32
	5.1 Caracterización de la subrasante	32
	5.2 Cálculo de ejes equivalentes	36
	5.2.1 Proyección de tránsito.....	36
	5.3 Cálculo de estructura de pavimento	38
	5.3.1 Confiabilidad y Zr.....	39

5.3.2	Desviación estándar	40
5.3.3	Índice de serviciabilidad	40
5.3.4	Aplicación del software	41
5.3.5	Selección de materiales y cálculo de espesores	42
6.	Conclusiones	49
7.	Bibliografía	50
8.	Anexos	51

LISTA DE TABLAS

Tabla 1:Valores de Zr en función de la confiabilidad.....	13
Tabla 2:Carga patrón y ley de la cuarta potencia.....	16
Tabla 3:Factor de daño INVIAS	16
Tabla 4:Distribución del tránsito en el carril de diseño	17
Tabla 5:Factor Carril.....	18
Tabla 6:Clasificación de suelos AASTHO	19
Tabla 7:Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras.....	27
Tabla 8:Error normal estándar, So.	28
Tabla 9:Calidad del drenaje	28
Tabla 10:Serviciabilidad Final.....	29
Tabla 11:Resultados ensayos de granulometría y límites	32
Tabla 12:Resultados penetrómetro dinámico (PDC),	32
Tabla 13:Resultado CBR% para cada estrato	34
Tabla 14:Aplicación modelo matemático mejoramiento de subrasante IVANOV	36
Tabla 15:Transito diario suministrado por la UAERMV	37
Tabla 16:Factor de daño INVIAS	37
Tabla 17:Valores de Zr en función de la confiabilidad.....	38
Tabla 18:Número de ejes equivalentes	38
Tabla 19:Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras.....	39
Tabla 20: Confiabilidad	40
Tabla 21:Error normal estándar, So.	40
Tabla 22:Serviciabilidad Final.....	41
Tabla 23:Coeficientes estructurales carpeta asfáltica.	42

Tabla 24:Diseño SN requerido y SN propuesto carpeta asfáltica.....	44
Tabla 25:Diseño SN requerido y SN propuesto base granular	46
Tabla 26:Diseño SN requerido y SN propuesto Sub - base granular.....	47

TABLA DE FIGURAS

Figura 1: Localización segmento vial	10
Figura 2. Tipo de vehículo	14
Figura 3. Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica	25
Figura 3. Coeficiente estructural de la base granular.....	26
Figura 4: . Coeficiente estructural de la subbase granular	26
Figura 6: Resultados programa AASHTO-93.....	41
Figura 7: Variación del coeficiente estructural para bases	43
Figura 8: SN requerido sobre cada uno de los materiales.....	43
<i>Figura 9: Variación del módulo para bases granulares</i>	<i>45</i>
Figura 10: Variación del módulo para subbases granulares	45
Figura 11: Variación del coeficiente estructural para subbases granulares	47
Figura 12: Estructura definitiva de pavimento diseñada por el método AASTHO-93.....	48

1. Introducción

En el marco del desarrollo económico colombiano es determinante resaltar el rol que juegan las grandes ciudades como lo es el caso de Medellín, Cali, Barranquilla y Bogotá, las cuales se encuentran reguladas en el campo del diseño, construcción y mantenimiento de activos viales por entidades como el INVIAS (instituto nacional de vías) a nivel nacional y el IDU (instituto de desarrollo urbano) para el caso de Bogotá.

Recientemente a la UAERMV (unidad administrativa especial de rehabilitación y mantenimiento vial) se le confirió las responsabilidades de mantenimiento y rehabilitación de la malla vial de Bogotá. Mediante el Artículo 106 del Acuerdo del Concejo de Bogotá D.C. No.257 del 30 de noviembre de 2006.

De acuerdo a lo anterior este documento presenta el diseño de una estructura de pavimento flexible realizado a partir de la información suministrada por la UEARMV en el segmento ubicado en la carrera 72 c entre calle 9a y 10 de la localidad de Kennedy barrio Bavaria en la ciudad de Bogotá la cual se compone de ensayos de laboratorio, estudios de suelos e información de tránsito.

Realizando el procesamiento de la información mediante lo especificado en la norma INVE 172-13 en el caso del penetrometro dinámico para aproximar la capacidad de soporte del suelo y lo dispuesto en el manual de bajos volúmenes de tránsito para pavimentos asfálticos en lo referente a proyección de tránsito utilizando la metodología de proyección lineal del invias .

Utilizando la metodología propuesta por la AASTHO
Con ayuda de esta información base se aplicara la metodología propuesta por AASTHO (American Association of State Highway and Transportation Officials) en 1993, para el cálculo del número estructural requerido para cada una de las capas que conforman el pavimento flexible

2. Generalidades

2.1 Planteamiento del problema

El barrio Bavaria zona residencial de la UPZ castilla la cual cuenta con una población de alrededor de (160.000) habitantes, cuenta con una malla vial en un alto estado deterioro, el segmento vial cuyo CIV (código de identificación vial) es el 50008346 ubicado en la carrera 72 c entre calle 9a y 10 de la localidad de Kennedy barrio Bavaria en la ciudad de Bogotá Presentado una gran afectación por piel de cocodrilo alcanzando el (25,45%) del área total con un grado de severidad alta, además presenta huecos, pulimiento de agregados, alta concentración de parcheo, razón por la cual el segmento se encuentra en condiciones críticas con un índice de serviciabilidad (Pf) por debajo de dos puntos cero (2.0) lo que significa que el pavimento alcanzo el final de su vida útil. Así las cosas, es necesario realizar una reconstrucción total del pavimento para lo cual es requerido la implementación de la metodología de diseños de la AASTHO-93.

2.2 Pregunta de investigación

¿Cómo diseñar la estructura de pavimento de la carrera 72 c entre calle 9a y 10 de la localidad de Kennedy barrio Bavaria en la ciudad de Bogotá?

2.3 Justificación

Pese a los esfuerzos realizados por la administración distrital es evidente que el deterioro de las carreteras urbanas de Bogotá va más allá de lo que se puede realizar con las condiciones económicas actuales del distrito por lo que es crítico para las entidades a cargo del mantenimiento de esta malla vial la evaluación de los costos y el alcance en términos de km/carril rehabilitados o que han tenido su debido mantenimiento, para lo cual es clave un correcto procedimiento de diseño de la estructura de pavimento teniendo en cuenta las

condiciones locales que se presentan para cada segmento vial como lo es la estratigrafía del suelo, condiciones de drenaje y geometría.

2.4 Delimitaciones

El segmento vial a diseñar tiene CIV (código de identificación vial) 50008346 ubicado en la carrera 72 c entre calle 9a y 10 de la localidad de Kennedy barrio Bavaria en la ciudad de Bogotá con una longitud de (70.56 m) y un ancho de calzada de (7.8 m).

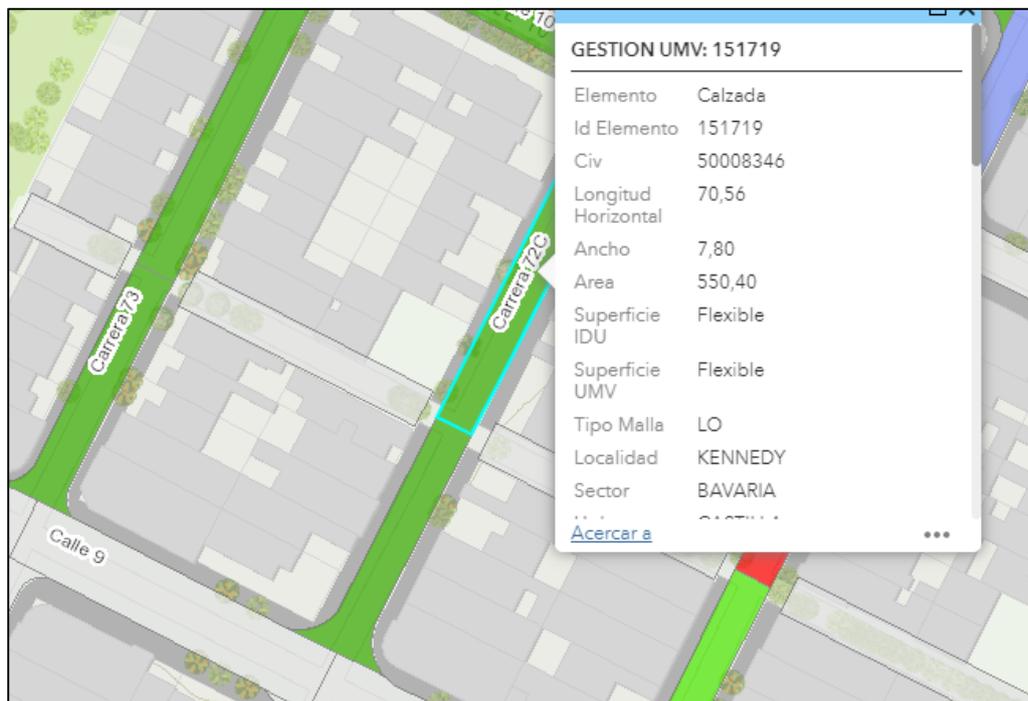


Figura 1: Localización segmento vial

Fuente.:SIGMA, (2019). Localización del segmento vial No. 50008346. [Figura]

Recuperado de <https://uaermv.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=a185c2626794408f989b270c926ee90c>

Este segmento presenta una circulación de doble sentido y su presta el servicio de acceso a la zona residencial.

2.5 Objetivos

2.5.1 Objetivo general

Diseñar la estructura de pavimento flexible en la carrera 72 C entre calle 9A y 10, ubicada en la localidad de Kennedy, barrio Bavaria en la ciudad de Bogotá D. C. usando como base la información suministrada por la UAERMV

2.5.2 Objetivos específicos

- Identificar la información inicial suministrada por la UAERMV para realizar el diseño de la estructura de pavimento flexible.
- Diseñar la estructura de pavimento flexible utilizando la metodología de diseño propuesta por la AASTHO-93, usando como información inicial los ensayos realizados por la UAERMV.

3. Marco teórico

3.1 Tránsito

El tránsito es la variable fundamental a la hora de realizar el diseño de una estructura de pavimento, pues la frecuencia y magnitud de la aplicación de cargas es determinante para los análisis de modelos de deterioro de cada una de las capas del pavimento, pero en países en vías de desarrollo como el nuestro su determinación es muy compleja. Rondón y Reyes (2015) afirman:

Esta variable es difícil de establecer y caracterizar ya que los vehículos que circulan por una vía presentan diferentes magnitudes, configuraciones de ejes, presiones de inflado, velocidad de circulación y número de llantas. (p.522)

Y es aún más difícil por la falta de información precisa la proyección del tránsito en el tiempo de esta manera obtener las posibles repeticiones de carga que podrán presentarse durante la vida útil del pavimento, sin embargo.

Por lo general se caracteriza a través del número de ejes equivalentes de 8.3 o 13 toneladas que circulan por el carril y periodo de diseño (N). Para el cálculo de esta variable se recomienda por parte del INVIAS en el manual de bajos de volúmenes de tránsito para el caso cuando no se cuenta con una serie histórica realizar la proyección de tránsito mediante la siguiente ecuación:

$$N_{80 \text{ kN carril de diseño (normal), acumulado}} = N_{80 \text{ kN carril de diseño (normal), año base}} \times \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad \text{ecuación 1}$$

Donde n es el periodo de diseños y r la tasa de crecimiento.

Y teniendo en cuenta el cálculo de la corrección por el nivel de confianza seleccionado

$$N'_{80 \text{ kN carril de diseño (normal)}} = N_{80 \text{ kN carril de diseño (normal), acumulado}} \times (10^{0.05Z_r}) \quad \text{ecuación 2}$$

Tabla 1: Valores de Zr en función de la confiabilidad

Confiabilidad (R)	Valor de ZR
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: Ministerio de Transporte Instituto Nacional de Vías Subdirección de Apoyo Técnico.(2207), manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito,p.16

Una vez determinada la cantidad de cargas es importante enunciar la caracterización de las cargas según distribución y configuración de ejes vigentes a la fecha según la normativa colombiana, consignadas en la resolución No. 4100 de 2004, donde se evidencia que la regulación no tiene alcance a los vehículos tipo automóvil ya que su contribución en el deterioro del pavimento es despreciable.

Designación	Configuración	Descripción
2		Camión de dos ejes Camión Sencillo
3		Camión de tres ejes Dobletracción
4		Camión de cuatro ejes
2S1		Tractocamión de dos ejes con semirremolque de un eje

Designación	Configuración	Descripción
2S3		Tractocamión de dos ejes con semirremolque de tres ejes
3S1		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de un eje
3S2		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de dos ejes
3S3		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de tres ejes
R2		Remolque de dos ejes
2 R2		Camión de dos ejes con remolque de dos ejes
2R3		Camión de dos ejes con remolque de tres ejes
3 R2		Camión de tres ejes Dobletracción con remolque de dos ejes
3 R3		Camión de tres ejes Dobletracción con remolque de tres ejes
4 R2		Camión de cuatro ejes con remolque de dos ejes

Designación	Configuración	Descripción
4R4		Camión de cuatro ejes con remolque de cuatro ejes
2 B1		Camión de dos ejes con remolque balancín de un eje
2B2		Camión de dos ejes con remolque balancín de dos ejes
2B3		Camión de dos ejes con remolque balancín de tres ejes
3 B1		Camión de tres ejes Dobletracción con remolque balancín de un eje
3B2		Camión de tres ejes Dobletracción con remolque balancín de dos ejes
3B3		Camión de tres ejes Dobletracción con remolque balancín de tres ejes
4B1		Camión de cuatro ejes con remolque balancín de un eje
4B2		Camión de cuatro ejes con remolque balancín de dos ejes
4B3		Camión de cuatro ejes con remolque balancín de cuatro ejes

Figura 2. Tipo de vehículo

Fuente: Ministerio de transporte, (2004), Designación para los vehículos de transporte de carga en el territorio nacional de acuerdo con la configuración de sus ejes, Hoja No.2

3.1.1 Periodo de diseño

Para la determinación de la proyección del tránsito es necesario plantear el tiempo en el cual se requiere que pavimento se mantenga sin la necesidad de intervención mayor como rehabilitaciones, refuerzos o reconstrucción.

Considerando las estrategias de administración vial y lo establecido en el anexo técnico de la dirección técnica estratégica del IDU (2012). Dicho documento dispone que, para reconstrucción, el periodo de diseño para estructuras de pavimento flexible no podrá ser inferior a (10) años, y para estructuras de pavimento rígido no será menor a (20) años. (IDU, 2013, p.50)

3.1.2 Cargas máximas legales.

A fin de asegurar que las cargas supuestas para el diseño se cumplan y de esta manera se llegue a cumplir con los periodos diseño, el gobierno nacional a través del ministerio de transporte emitió la resolución 4100 de 2004 en la cual se caracteriza la naturaleza y proporción de las cargas aplicables al pavimento según la configuración de ejes, esto teniendo en cuenta que una sobrecarga de los vehículos llevara a que se presenten deterioros prematuros del pavimento, dichas cargas se pueden observar en el anexo No.1 Resolución 4100 de 2004, a partir de las mismas se plantean los factores de deterioro o factor camión para cada una de las configuración de carga y distribución en los ejes, así pues es la resolución 4100 de 2004 es de estricto cumplimiento a fin de generar una óptima utilización de los recursos públicos.

Teniendo cuenta lo anterior y conociendo que en el país no se desarrollan operativos de pesaje de manera frecuente es necesario realizar una homogeneización de las cargas y de esta manera llevar cada una de las configuraciones de carga a un eje patrón, el cual será de un eje sencillo de rueda doble de 8.2 ton.

porque el valor de esta carga era similar a la de 8 toneladas propuesta en la convención de Génova en 1949 y por qué dicha carga por eje fue normalizada como carga para diseño de pavimentos flexibles , por muchos países y entidades. (Montejo, 2014, p.19).

3.1.3 Factores de homogenización de cargas y distribuciones.

3.1.3.1 Factor camión.

Con el fin de lograr llevar los datos productos de conteos de vehículos realizados en la vía a intervenir trabajando bajo el supuesto que de estos respetan las cargas máximas legales de acuerdo con el artículo 8 Peso bruto de la resolución 4100 de 2004 a su presentación en daño para un eje estándar de 8.2 toneladas es necesario la utilización de un factor camión, que es definido por Rondón y Reyes (2015):

El factor camión es el parámetro que tiene como función inicialmente para el número de vehículos a número de ejes con su respectiva masa para luego convertir el daño que genera cada eje en comparación con el eje de referencia un eje simple de rueda doble de 8.2 ton.(p.524)

Para determina esta relación se tienen una serie de cargas patrón para cada tipología de ejes y se utiliza la ley de la cuarta potencia así:

Tabla 2:Carga patrón y ley de la cuarta potencia

Tipo de eje	Carga patrón	Ecuación
Eje simple de rueda sencilla	6.6	$F_e = \left(\frac{q}{6.6}\right)^4$
Eje simple trasero de dos ruedas en cada esquina	8.2	$F_e = \left(\frac{q}{8.2}\right)^4$
Eje tándem de dos ruedas en cada esquina	15	$F_e = \left(\frac{q}{15}\right)^4$
Eje tridem de tres ruedas en cada esquina	23	$F_e = \left(\frac{q}{23}\right)^4$

Cuando se cuenta con espectros de carga producto un pesaje riguroso, sin embargo, en el marco distrital pocas veces se realiza dichos pesajes por lo que se presenta una alternativa que consta en el uso de los factores de carga ya calculados por el INVIAS de acuerdo con una serie de operativos de pesaje adelantados entre 2000 y el 2006.

Tabla 3:Factor de daño INVIAS

Tipo de vehículo	Factor de daño (FD)	
	Vacío	Cargado
Autos	0	0
Bus grande	0	1
C2P	0.01	1.01
C2G	0.08	2.72
C3-C4	0.24	3.72
C5	0.25	4.88
> C5	0.26	5.23

Fuente: Manual de bajos volúmenes INVIAS (2007) p.11

3.1.2.2 Factor direccional

Teniendo en cuenta las metodologías de aforo que contemplan un conteo de manera indistinta en lo referente al sentido es necesario tener en cuenta el factor direccional, el cual tiene en cuenta la cantidad de vehículos que circulan en un sentido dicho factor para vías de bajos volúmenes de tránsito se basa principalmente en el ancho ya que dependiendo de este parámetro los usuarios de la vía tenderán o no circular por el centro de la calzada. INVIAS (2007) afirma:

Es preciso considerar las peculiaridades de las vías para las cuales se va a utilizar. Por ello, si la calzada va a tener menos de cinco (5) metros de ancho, se deberá considerar en el cálculo todo el tránsito esperado en los dos sentidos, pues salvo en el momento en que se crucen, los vehículos circularán centrados y tenderán a producir una sola zona de canalización. Si la calzada va a tener seis (6) metros o más, se considerará como tránsito de diseño la mitad del total, y si el ancho es igual o mayor de cinco (5) metros y menos de seis (6) metros, se tomará el 75% del total. (p.11)

Así pues, la configuración para cada ancho de carril corresponde a:

Tabla 4: Distribución del tránsito en el carril de diseño

Ancho de la calzada	Tránsito de diseño	Fd
Menos de 5m	total en los dos sentidos	1.0
Igual o mayor de 5m y menor a 6m	3/4 del total en los dos sentidos	0.75
Igual o mayor a 6 m	1/2 del total en los dos sentidos	0.50

Fuente: manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito

3.1.2.3 Factor carril.

Tiene en cuenta el porcentaje de vehículos que circulan por el carril de diseño de la vía se escoge por lo general el carril derecho ya que por allí es por donde se movilizan en teoría los vehículos pesados y circulan a menor velocidad, generando cargas más agresivas sobre el pavimento.(Rondón y Reyes,p.523) como se muestra en la Tabla 1, en otros casos el ingeniero debe escoger con un criterio razonable el valor, los valores que se muestran para vías con carriles iguales o superiores a 3m de ancho.

Tabla 5:Factor Carril

Numero de Carriles	Factor Carril
Un sentido	100%
2 (uno en cada dirección)	50%
4 (dos en cada dirección)	40% - 50%
6 (tres en cada dirección)	30% - 40%
8 (cuatro en cada dirección)	25% - 37,5%

Fuente: Rondón y reyes. (20015), Pavimentos materiales, construcción y diseño, Bogota.p.523

3.2 Caracterización de la subrasante

Una vez realizada la caracterización del tránsito es necesario conocer la cimentación de la estructura del pavimento sus condiciones locales y estructurales pues de este parámetro depende el comportamiento de las capas superiores, con este fin se hace necesario la clasificación de los suelos. “en la actualidad los sistemas de clasificación más utilizados para la clasificación de los suelos, en estudio para diseño de pavimentos de carreteras y aeropistas son el de la AASTHO y el sistema unificado (S.U.C.S)” (Montejo, 2014, p.44). Del cual se depende la siguiente clasificación.

Tabla 6: Clasificación de suelos AASTHO

Clasificación	Características
A-1	Compuesta de fragmentos de piedra, grava, arena bien gradada sin material fino.
A-1a	Material con predominancia de gravas
A-1b	Material con predominancia de arenas gruesa
A-2	Tiene por lo menos 35% de material fino
A-3	Contiene arenas finas con poca cantidad de material fino no plástico
A-4	Material limoso con poco o nada de materiales plásticos cuenta con por lo menos un (75%) de material que pasa el tamiz No.200
A-5	Materiales plásticos cuenta con por lo menos un (75%) de material que pasa el tamiz No.200, con presencia de materiales arcillosos
A-6	Material que presentan grandes cambios volumétricos por la presencia de materiales arcillosos con alto potencial de expansión

Fuente: AASTHO, 1993

La potencial presencia de materiales expansivos en la subrasante puede llegar a tener como consecuencia cambios volumétricos que puedan llevar a la falla a los capas superiores, situación que se ve reflejada directamente en la capa de rodadura a través de grietas, fisuras, Ahuellamiento, hinchamientos que llevan a reducir la serviciabilidad, “los criterios utilizados para realizar esta clasificación son la granulometría del suelo, los límites de Atterberg (plasticidad) y el contenido de materia orgánica” (Montejo, 2014, p.582).

3.2.1 Características de los suelos

Algunas de las características más importantes a tener en cuenta a fin de realizar la evaluación de la calidad del suelo de fundación y el potencial de expansión son:

“Expansividad: muchos terrenos varían su volumen ligeramente cuando aumenta o disminuye su humedad. Este hinchamiento y retracción puede convertirse en un grave problema, con movimientos verticales que pueden llegar a 1m entre épocas húmedas y secas” (Montejo, 2014, p.582). Por otro lado, el parámetro de capacidad de soporte juega un papel fundamental a la hora de la evaluación estructural a fin de realizar el diseño de las capas superiores o evaluar la necesidad de implementar estrategias de mejoramiento, con el objetivo de aumentar dicho parámetro. Montejo (2014) afirma:

Su determinación se puede realizar por medio de ensayos de resistencia a compresión, ensayos triaxiales, ensayos de corte directo o ensayos con el penetrómetro. Sin embargo, los ensayos más habituales para la caracterización mecánica de suelos y subrasante son el ensayo de CBR y el ensayo de prueba de placa.

En la capacidad de soporte del suelo no solo influye la naturaleza de este, sino también su densidad y humedad. Por esta razón, es importante una adecuada compactación. (p.582)

3.2.2 CBR (%)

El CBR es uno de los valores índices de masa de suelo que tiene un uso más generalizado a nivel nacional esto debido que es manejado por la mayoría de laboratorios disponibles, su importancia radica en que este valor representa la capacidad de soporte que tendrá el pavimento y mediante una serie de correlaciones desarrolladas dentro de la comunidad científica es posible extrapolar el módulo resiliente parámetro que aún es complejo obtener por la necesidad de equipos y materiales muy especializados que no son de fácil acceso en Colombia, este ensayo se encuentra regulado por el INVIAS mediante la norma INV. E – 148 13 y basando en AASTHO 193-72.

En la práctica ingenieril se recomienda su determinación directamente en situ con aplicación de un CBR sobre muestras inalteradas, Rondón y reyes (2015) afirman. “Sin embargo, muy pocos laboratorios ejecutan en situ, lo anterior lo que se hace comúnmente, de manera imprecisa, es correlacionar el CBR con el índice de penetración (PDC) obtenido mediante un ensayo de penetración en cono dinámico” (p.349). Ensayo que es muy sencillo y ha recibido una gran cantidad de estudios a fin de obtener una correlación más precisa entre los dos parámetros, en Colombia la recomendación del INVIAS 2013 para la correlación entre el PDC y el CBR es:

$$CBR = \frac{292}{PDC^{1.12}} \text{ Para un PDC entre 3 y 324 mm/golpe} \quad \text{ecuación 3}$$

Esta ecuación puede ser utilizada para todos los tipos de suelo excepto para suelo tipo CL y CH (arcillas de baja y alta compresibilidad de acuerdo a la clasificación S.U.C.S), para estos tipos de suelo es más apropiada la utilización de las siguientes expresiones (Rondón y Reyes, 2015).

$$CBR = \frac{1}{(0.017019 * PDC)^2} \text{ Para CL y suelos con } CBR < 10 \quad \text{ecuación 4}$$

$$CBR = \frac{1}{(0.002871 * PDC)} \text{ Para CH} \quad \text{ecuación 5}$$

3.2.3 Modulo resiliente

Por otro lado, el parámetro CBR es necesario correlacionarlo con el módulo resiliente el cual es el parámetro que representa la reacción de los materiales ante cargas cíclicas como lo es las cargas producidas por el tránsito, sin embargo, Rondón y reyes (2015) afirman:

Cuando se utilizan las anteriores ecuaciones surgen múltiples incertidumbres. Una de ellas es que el ensayo de CBR es una medida empírica indirecta de la resistencia al corte y de la rigidez del material en condiciones no drenadas que se mide bajo una carga monotónica, y en un pavimento la carga es cíclica, por lo tanto, en el caso colombiano escoger

arbitrariamente una ecuación empírica puede conducir a diseños de estructuras sub o sobredimensionadas. (p.357).

Así las cosas, es importante mencionar las recomendaciones para este caso, que realizan diferentes entidades americanas, sin embargo, es determinante la calibración de esta ecuación mediante la toma de ensayos directos como lo es el ensayo triaxial.

Correlación establecida por Heukelon y Klomp: Aplicable a suelos finos con CBR saturado menor a 10%

$$Mr(psi) = 1500 * CBR \quad \text{ecuación 6}$$

Correlación establecida por el instituto del asfalto

$$Mr(psi) = A + B * CBR \quad \text{Donde } A = \text{de } 772 \text{ a } 1155 \text{ y } B = \text{de } 369 \text{ a } 555 \quad \text{ecuación 7}$$

Para suelos finos con CBR saturado menor a 20%, recomienda

$$Mr(psi) = 1000 + 555 * CBR \quad \text{ecuación 8}$$

La expresión general en la guía AASTHO 2002.

$$Mr(psi) = 2555 * CBR^{0.65} \quad \text{ecuación 9}$$

3.2.4 Mejoramiento de la subrasante

En la práctica profesional a menudo se encuentran suelos problemáticos los cuales generalmente son suelos con alto contenido de arcillas los cuales requieren una estabilización química pues son altamente susceptibles a los cambios volumétricos producidos por la variación en los niveles freáticos, las alternativas de estabilización volumétrica se reducen a dos usos de cal o uso de cemento esto es debido a su disponibilidad en el mercado. Por otro lado a la presencia de materia orgánica como lo son turbas o zonas de disposición es importante analizar la capacidad de soporte del suelos pues por lo general cuentan con una condición muy

pobre lo que en principio no permitiría su utilización como suelo de cimentación a la estructura de pavimento, y es por esto, y adoptando las practicas antiguas donde se ubicaban capas de rocas cada vez más finas que se opta por una estabilización mecánica de la subrasante, “cuando se diseña suelos, para logra con ellas unas determinadas propiedades deseables, la granulometría suele ser el requisito más relevante en la fracción gruesa, en tanto que la plasticidad lo es naturalmente en la fracción fina”(Montejo,2014,p.104).

Una de las alternativas más utilizadas a la hora de realizar estabilización mecánica de suelos con deficiencia en la capacidad de soporte es el uso del rajón o la reposición con material granular lo que se rige por las normas del INVIAS y el IDU.

El “rajón”, se encuentra constituido por material pétreo, de buena resistencia. Su tamaño máximo estará controlado por el valor menor que resulte entre los dos tercios (2/3) del espesor de la capa de mejoramiento o treinta centímetros (30 cm.), al cual se le debe colocar posteriormente un material de sello. (IDU, 2011, Sección 321-11)

Así pues, la metodología para el cálculo de la contribución del rajón al mejoramiento del módulo de la capa blanda comúnmente se realiza mediante la ecuación propuesta por Ivanov

$$E_{eq} = \frac{E_{SR}}{1 - \frac{2}{\pi} \left[1 - \frac{1}{n^{3.5}} \right] \tan^{-1} \left[n - \frac{h_{rajón}}{2a} \right]}$$

$$n = \sqrt[2.5]{\frac{E_{rajón}}{E_{SR}}}$$

ecuación 10

a: Radio del área cargada (15.07 cm)

H_{capa}: Espesor de la capa de rajón (cm)

E_{eq}: Módulo equivalente del sistema con rajón (kg/cm²)

E_{capa}: Módulo del Rajón (kg/cm²)

ESR: Módulo de la Subrasante (kg/cm²)

“El valor típico para el CBR de la capa de rajón utilizado para el diseño corresponde a 10%”.

(Ortega, 2014, p.12)

3.3 Método de diseño de espesores AASTHO

La metodología de diseño AASTHO -93 se deriva del ensayo vial AASHO realizado en Ottawa en 1950 el cual consistió en realizar tramos de prueba los cuales fueron sometidos de a tránsitos contralados y de esta manera analizar el deterioro del pavimento, “un pavimento debe ser diseñado de tal manera que las cargas impuestas por el transito no generen deformaciones permanentes excesivas” (Rondón y Reyes, 2015, p.365).

Este método se basa esencialmente en identificar un numero abstracto llamado número estructural que representa la resistencia estructural el cual está en función de las repeticiones de carga, el módulo resiliente del soporte, índices de serviciabilidad, confiabilidad y desviación estándar.

$$\log W_{18} = Z_r * S_0 + 9.36 \log (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}} \right)} + 2.32 \log Mr - 8.07$$

ecuación 11

W18 = número de aplicaciones de cargas de 80 KN

SN = número estructural

ZR = abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada

So = desvío estándar de las variables

ΔPSI = diferencia entre los índices de servicio inicial y terminal

MR = módulo resiliente de la subrasante

Las variables necesarias para emplear el método son:

- Subrasante: esta variable es caracterizada a través del módulo resiliente.
- Tránsito (W18) : se caracteriza a través del número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas que circulan en el carril y en el periodo de diseño
- Propiedades mecánicas de los materiales: (Rondón y Reyes) dicen que “el parámetro por el cual se caracterizan los materiales es el módulo resiliente en psi. sin embargo, para el diseño y dimensionamiento del espesor de las capas del pavimento estos parámetros son traducidos a coeficientes estructurales a, estos coeficientes miden la capacidad relativa de una unidad de espesor de una determinada capa para funcionar como componente estructural del pavimento” Estos parámetros se determinan a través de la figura 3 donde se muestran los coeficientes estructurales a_1 , a_2 , a_3 .

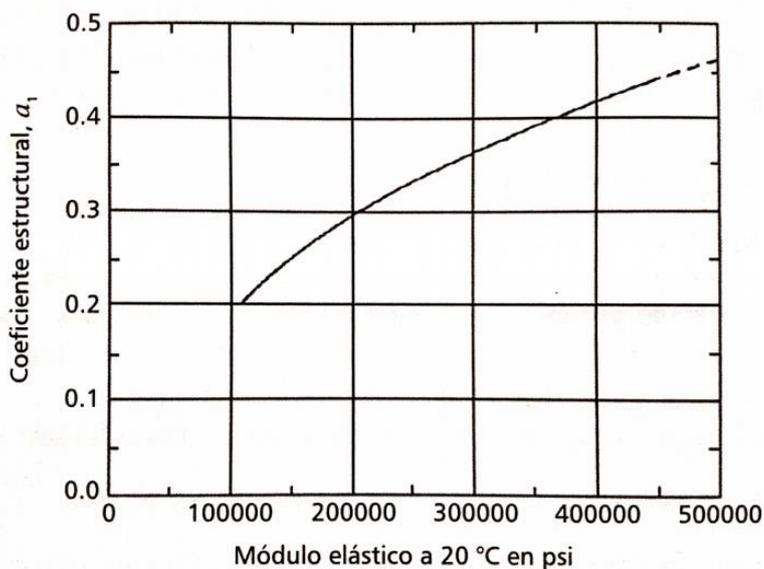


Figura 3. Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica

Fuente: Rondón y Reyes, (2015), Pavimentos materiales, construcción y diseño, Bogotá, p542-543.

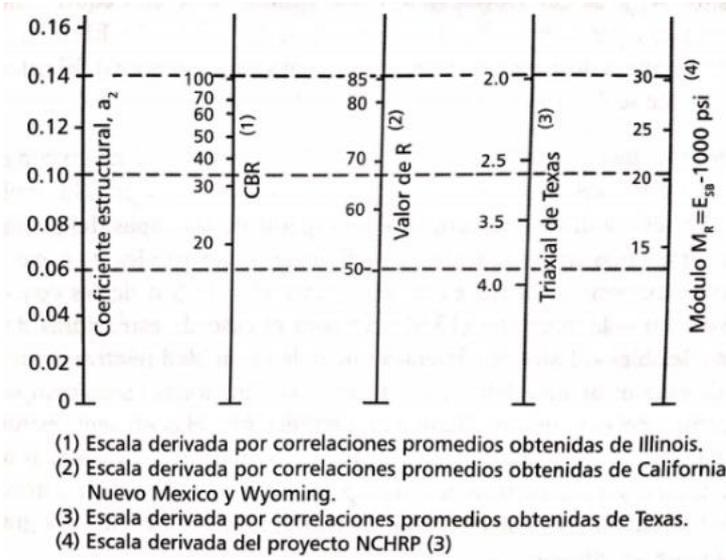


Figura 4. Coeficiente estructural de la base granular

Fuente: Rondón y Reyes, (2015), Pavimentos materiales, construcción y diseño, Bogotá, p542-543.

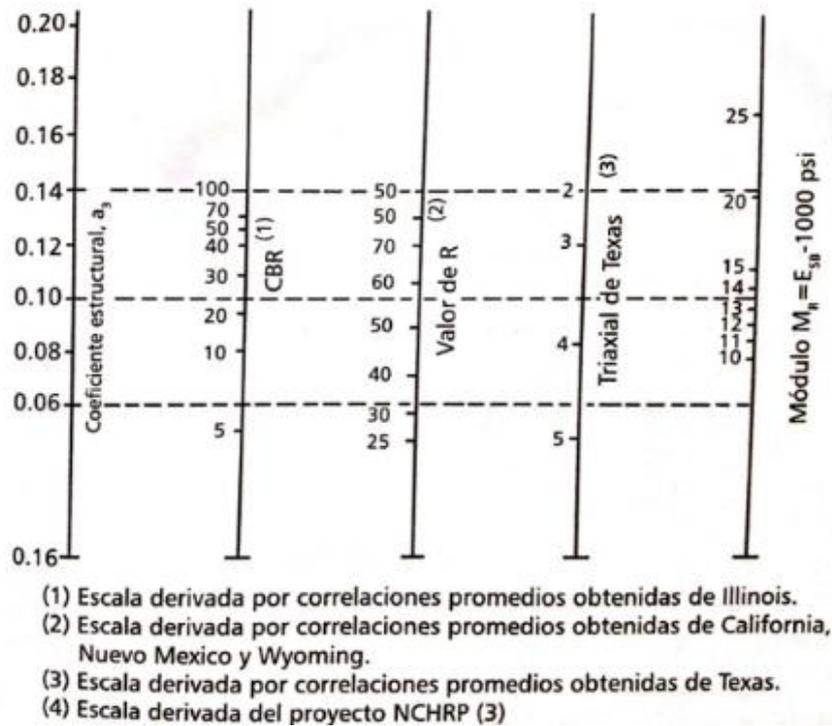


Figura 5: . Coeficiente estructural de la subbase granular

Fuente: Rondón y Reyes, (2015), Pavimentos materiales, construcción y diseño, Bogotá, p542-543.

- Confiabilidad: es parámetro estadístico simbolizar la probabilidad de que el diseño propuesto se comporte de manera satisfactoria frente a las cargas de servicio durante el periodo de diseño, “la confiabilidad pretende incorporar algún grado de certidumbre al procedimiento de diseño, para asegurar que las diferentes alternativas de este se mantengan para el periodo de diseño.” (Montejo, 2014, p.342). la guía de diseño AASTHO recomienda diferentes niveles de confiabilidad en razón del tipo de vía a diseñar presentado mayores valores para vías que se espera tengan un mayor tránsito así:

Tabla 7: Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras

Clasificación	Nivel de confianza	
	Urbana	Rural
Autopistas interestatales y otras	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80-99	75 - 95
Colectoras de tránsitos	80-95	75-95
Carreteras locales	50- 80	50 - 80

Fuente: AASTHO Guide for Desing of pavement Structures, 1993

Otro parámetro estadístico necesario para la aplicación del modelo desarrollado por AASTHO es la desviación estándar (S_o), Rondón y Reyes (2015) afirman:

El cual tiene en cuenta el error o desviación estándar del diseño, la variación de las propiedades de los materiales, la variación de las propiedades de la subrasante, la variación en la estimación del tránsito, la variación de las condiciones climáticas y variación en la calidad de la construcción. (p.546)

Tabla 8:Error normal estándar, So.

Proyecto de pavimento	So Flexible	Rígido
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobre capas	0.50	0.40

Fuente: Rondón y Reyes (2015), (p.546)

- Condiciones de drenaje: en la práctica las condiciones de drenaje se representan mediante el factor (mi) el cual determina el grado de susceptibilidad a la presencia de nivel freático dentro de los materiales granulares, puesto que en presencia de agua y condiciones cercanas a la saturación el material pierde capacidad portante llevando a una condición donde sus propiedades índice se ven afectadas y disminuidas lo que lleva como consecuencia un detonante de algún mecanismo de falla como el Ahuellamiento, “este parámetro se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura de pavimento y los 365 días del año” (Rondón y Reyes, 2015, p.544).

Tabla 9:Calidad del drenaje

Calidad de drenaje	Tiempo en que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy Malo	El agua no evacúa

Fuente: AASTHO, 1993

- Índice de serviciabilidad: Este valor índice representa la condición inicial y la pérdida de serviciabilidad que tendrá el pavimento en el tiempo parámetro que fue medido en el ensayo vial AASHO de manera empírica pues este reúnen las opiniones de los

usuarios al recorrer los tramos con diferentes tipos de mecanismos de deterioro, “a pesar de ser un parámetro bastante subjetivo, el estado de serviciabilidad se evalúa de manera cuantitativa asignando un valor entre 0 y 5. Se parte por lo general de un valor inicial para pavimentos Pa entre 4.0 y 4.2” (Rondón y Reyes, 2015, p.544).

Tabla 10:Serviciabilidad Final

Tipo de vía	Serviciabilidad final , Pf
Autopista	2.5 - 3.0
Carreteras	2.0 - 2.5
Zonas industriales	
Pavimento urbano principal	1.5 - 2.0
Pavimento urbano secundario	1.5 - 2.0

Fuente: Rondón y reyes. (20015), Pavimentos materiales, construcción y diseño, Bogota.p.544

- Uso de software de diseño: con los parámetros anteriormente mencionados se procede a integrarlos en un software de diseño que ya tiene precargadas las ecuaciones por ende permite obtener las posibles soluciones de una manera rápida y efectiva, para que teniendo en cuenta las consideraciones especiales del proyecto como disponibilidad de materiales o limitaciones económicas se opte por el diseño que más se ajusta a los requerimientos del proyecto en particular.

4. Metodología

4.1 Tipo de estudio

Se realiza una implementación de las teorías alrededor del diseño de pavimentos a fin de obtener una estructura que cumpla con los requerimientos de la metodología de diseño AASTHO -93,

4.2 Población

Dado que el estudio presentado corresponde a un proyecto de aplicación, la población objetivo del estudio es el segmento vial identificado CIV (código de identificación vial) es el 50008346 ubicado en la carrera 72 c entre calle 9a y 10 de la localidad de Kennedy barrio Bavaria en la ciudad de Bogotá.

4.3 Recolección de información

4.3.1 Características del suelo

Se tiene como base la información recaudada por parte de la unidad de mantenimiento vial la cual es resultado de la realización de apiques, ensayos con el penetrómetro (PDC) y ensayos de caracterización del material extraído de los apiques en la carrera 72 c entre calle 9a y 10 de la localidad de Kennedy barrio Bavaria en la ciudad de Bogotá.

4.3.2 Evaluación de estrategia de mejoramiento

Determinado las características del suelo de fundación y verificar si este cuenta con un CBR por debajo del 3% parámetro que indica una deficiente capacidad de soporte, se procede a diseñar mediante la ecuación de Ivanov el espesor de la capa material de mejoramiento para que el suelo obtenga una capacidad portante aceptable para evitar daños por punzonamiento

4.4 Cálculo de ejes equivalentes

4.4.1 Proyección del tránsito

Mediante la información suministrada por la UAERMV y teniendo en cuenta los históricas presentados y la tasa de crecimiento del para que automotor formulada por el plan maestro de movilidad del 2006, el cual discrimina por localidades se realiza la proyección del tránsito en el periodo de diseño según lo indicado por el IDU que para el caso de pavimentos flexibles corresponde al 10 años y utilizando el modelo determinado por el INVIAS en el manual de bajos volúmenes de tránsito para el caso cuando no se cuenta con una serie histórica.

4.5 Cálculo de estructura de pavimento

Una vez conocidas todas las variables para el diseño como lo es el tránsito, el soporte, la confiabilidad, los índices de serviciabilidad inicial y final, se procede a alimentar el software con los datos y de esta manera obtener una estructura de pavimento que soporte las cargas proyectadas en el periodo de diseño.

5. Análisis y resultados

5.1 Caracterización de la subrasante

5.1.1 Cálculo del CBR de diseño

Teniendo como base la información suministrada por parte de la UAERMV en cuanto a los ensayos de límites de Atterberg y granulometría anexo 1 se concluye los siguientes:

Tabla 11: Resultados ensayos de granulometría y límites

Profundidad	Muestra	Ensayo	Resultado
0.28	1	Límites de Atterberg	NP = No plástico NL = No líquido
0.28	1	Granulometría	A-2-4
0.28	1	Equivalente arena	14%
			LL= 65%
0.5	2	Límites de Atterberg	LP=19% IP= 46%
0.5	2	Granulometría	A-7-6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Resultados penetrómetro dinámico (PDC),

No.Golpes	Penetración acumulada	Índice PDC	CBR %
1	60	60	1.0
1	110	50	1.4
1	170	60	1.0
1	200	30	3.8
1	240	40	2.2
1	270	30	3.8
1	300	30	3.8
1	340	40	2.2
1	390	50	1.4
1	430	40	2.2
1	460	30	3.8
1	500	40	2.2
1	530	30	3.8
1	560	30	3.8

En la tabla se muestra la variación del CBR con la profundidad, Fuente: Elaboración propia

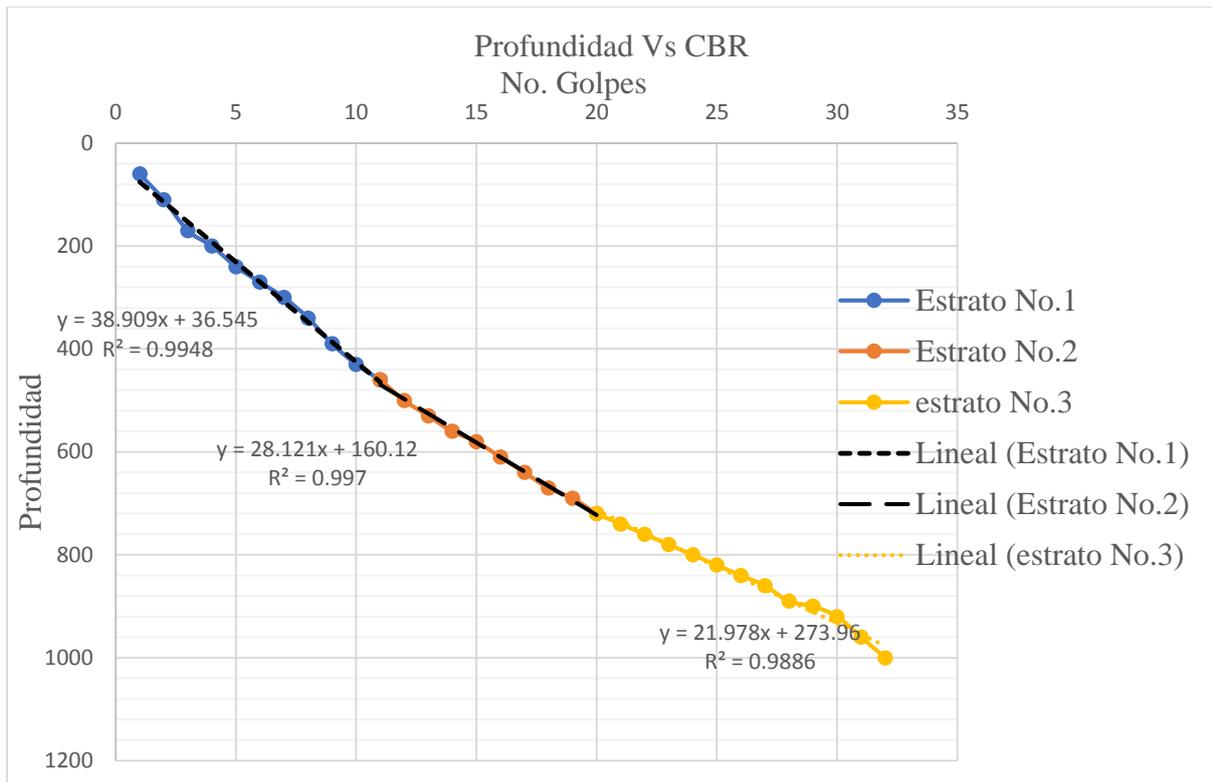


Figura 5. Variación del No. de golpes con la profundidad, fuente: elaboración propia

Se presentan tres zonas claramente delimitadas donde hay un cambio de pendiente y con el apoyo de apique de identificación Anexo 2, es posible determinar de una manera más clara los límites de cada estrato llegando a la conclusión de que en la profundidad ensayada se presentan tres diferentes resultados de CBR teniendo en cuenta la norma INV E – 179 -13 y aplicando la correlación correspondiente teniendo como base la pendiente de la línea de tendencia cada uno de los sectores como índice PDC ya que esta corresponde a la relación de mm penetrados y golpes.

$$CBR = \frac{1}{(0,017019 * PDC)^2} \text{ Para CL y suelos con } CBR < 10$$

ecuación 12

Tabla 13: Resultado CBR% para cada estrato

Estrato	Profundidad promedio	Ecuación	R2	Pendiente	Índice PDC (mm/golpe)	CBR %
No.1 Arena Limosa	0.46	38.909x + 36.545	0.9948	38.909	38.909	2.3
N0.2 Arcilla de alta compresibilidad	0.72	28.121x + 160.12	0.997	28.121	28.121	4.4
No.3 Arcilla de alta compresibilidad	N.A	21.978 x + 273.96	0.9886	21.978	21.978	7.1

Fuente: Elaboración propia.

Por consiguiente, el CBR de la subrasante para cimentar la estructura de pavimento corresponde a 4.4% por lo tanto aplicando la ecuación de correlación recomendada por el AASHTO 2002 en su guía diseño MPDG

$$Mr (psi) = 2555 * CBR^{0.65} \quad \text{ecuación 13}$$

$$Mr (psi) = 2555 * (4.4)^{0.65}$$

$$Mr = 6693.2 \text{ psi}$$

$$Mr = 470.5 \text{ Kg/cm}^2$$

5.1.2 Diseño de mejoramiento por IVANOV

Teniendo en cuenta que la profundidad de cimentación o de cajeo para la estructura de pavimento se encuentra alrededor de la cota -0.50 m el CBR para esa profundidad corresponde a 4.4% sin embargo, se debe tener en cuenta el suelo cuya clasificación corresponde a A-7-6 según la clasificación propuesta por la AASHTO, y teniendo en cuenta que se trata un de un suelo con un alto potencial de expansión ya que se trata de un suelo clasificado mediante S.U.C.S (Arcilla de alta compresibilidad) lo que puede llegar a afectar el comportamiento del suelo pues se cuenta con un CBR superior al 3% se realizara un mejoramiento de la subrasante con la adición de rajón de esta manera consiguiendo un suelo con una mayor capacidad de soporte y reducir la volatilidad de las exposición que podría presentarse.

$$E_{eq} = \frac{E_{SR}}{1 - \frac{2}{\pi} \left[1 - \frac{1}{n^{3.5}} \right] \tan^{-1} \left[n - \frac{h_{rajón}}{2a} \right]}$$

$$n = \sqrt[2.5]{\frac{E_{rajón}}{E_{SR}}}$$

ecuación 14

a: Radio del área cargada (15.07 cm)

Hcapa: Espesor de la capa de rajón (cm)

Eeq: Módulo equivalente del sistema con rajón (kg/cm²)

Ecapa: Módulo del Rajón (kg/cm²)

ESR: Módulo de la Subrasante (kg/cm²)

Para este caso del mejoramiento utilizando material granular de gran tamaño se toma como valor patrón un CBR % de 10% puesto que este es el valor más utilizado en el medio, sin embargo, dicho valor debe ser identificado en campo para asegurar que se cuente con esta condición, así que aplicando la correlación recomendada por AASHTO el valor de módulo corresponde a:

$$Mr (psi) = 2555 * CBR^{0.65}$$

ecuación 15

$$Mr (psi) = 2555 * (10)^{0.65}$$

$$Mr = 11412.76 \text{ psi}$$

$$Mr = 802.3174 \text{ Kg/cm}^2$$

Aplicando el modelo matemático

Tabla 14: Aplicación modelo matemático mejoramiento de subrasante IVANOV

CBR de diseño	4.4	%
Mr de diseño	6693.2	psi
Mr de diseño	470.5	kg/cm ²
Mr de diseño	47.1	Mpa

mejorar subrasante cálculo de capa mejorada mediante Ivanov capa de mejoramiento rajón CBR 10 %		
Meq	668.59	kg/cm ²
Meq	9510.51	Psi
Msbr	470.53	kg/cm ²
Mrajon	802.32	kg/cm ²
n	1.24	
h mej	30.00	cm
2a	30.44	cm ²

Fuente: Elaboración propia

Así las cosas, el módulo equivalente para la subrasante y módulo de diseño para un mejoramiento con rajón de (30) cm corresponde a:

$$Mr_{subrasante} = 9510.51 \text{ (psi)}$$

5.2 Cálculo de ejes equivalentes

5.2.1 Proyección de tránsito

Teniendo como base el conteo adelantado por parte de la UAERMV en cual reporta una discriminación de tránsito por cada uno de los tipos como se puede identificar en la tabla 14 y teniendo en cuenta la proyección de crecimiento realizada por la administración distrital mediante el plan maestro de movilidad y reformulación del plan vial y de transporte del POT y DAPD (2006) se proyectó el tránsito para un periodo de diseño de (10) teniendo en cuenta que se trata de una estructura cuya capa de rodadura corresponde a mezcla asfáltica de acuerdo a lo dispuesto por el IDU (2013).

Tabla 15: Transito diario suministrado por la UAERMV

Año	TPD	Camperos / Van	Camiones				
			Buses	C2P	C2G	C3-C4	C5-C6
2018	46	11	12	11	10	2	0

Fuente: Análisis de transito CIV 50008343

A partir de esta información y con el porcentaje de crecimiento de 1.09% anexo 1. Y teniendo en cuenta los factores de daño del INVIAS 2007 ya que no se cuenta con información de pesajes como se consigna en la tabla 2.1.

Tabla 16: Factor de daño INVIAS

Tipo de vehículo	Factor de daño (FD)	
	Vacío	Cargado
Autos	0	0
Bus grande	0	1
C2P	0.01	1.01
C2G	0.08	2.72
C3-C4	0.24	3.72
C5	0.25	4.88
> C5	0.26	5.23

Se procede con el cálculo de los ejes equivalentes utilizando el modelo de proyección presentado por el INVIAS en el manual de bajo volúmenes de transito así:

$$N_{80 \text{ kN carril de diseño (normal), acumulado}} = N_{80 \text{ kN carril de diseño (normal), año base}} \times \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad \text{ecuación 16}$$

Donde n es el periodo de diseños y r la tasa de crecimiento.

Y teniendo en cuenta el cálculo de la corrección por el nivel de confianza seleccionado

$$N'_{80 \text{ kN carril de diseño (normal)}} = N_{80 \text{ kN carril de diseño (normal), acumulado}} \times (10^{0.05Z_r}) \quad \text{ecuación 17}$$

Tabla 17: Valores de Zr en función de la confiabilidad

Confiabilidad	Zr
70%	0.524
75%	0.674
80%	0.842
85%	1.038
90%	1.282
95%	1.645
96%	1.751
97%	1.881
98%	2.055
99%	2.328

Con lo que se obtiene los resultados de la tabla 15:

Tabla 18: Número de ejes equivalentes

NEE - (año)				
Buses	C2P	C2G	C3-C4	C5-C6
4,380.00	4,055.15	9,928.00	2,715.60	0.00
NEE (proyectados a 10 año)				
Buses	C2P	C2G	C3-C4	C5-C6
26,396.38	24,438.65	59,831.80	16,365.76	0.00
NEE totales	127,032.59			
NEE Totales para una confiabilidad (80%)	139,963.62			

Fuente: Elaboración propia

Así pues, el número de repeticiones de ejes de 8.2 ton para el periodo de diseño de (10) años corresponde a (139,964).

5.3 Cálculo de estructura de pavimento

Para el cálculo de la estructura de pavimento por la metodología AASHTO-93 es necesario identificar cada uno de los factores que afectan la ecuación

$$\log W_{18} = Z_r * S_0 + 9.36 \log (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}} \right)} + 2.32 \log Mr - 8.07$$

ecuación 18

5.3.1 Confiabilidad y Zr

Los factores de confiabilidad provienen de la necesidad de mitigar los errores que puedan provenir de la toma de muestras y otras actividades ofreciendo una mayor certidumbre al diseño buscando asegurar que los supuestos se encuentren dentro de las condiciones reales en el desarrollo de la vida útil del proyecto a lo largo del periodo de diseño.

Tabla 19: Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras

Clasificación	Nivel de confianza	
	Urbana	Rural
Autopistas interestatales y otras	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80-99	75 - 95
Colectoras de tránsitos	80-95	75-95
Carreteras locales	50- 80	50 - 80

Fuente: AASTHO Guide for Desing of pavement Structures, 1993

Teniendo en cuenta que el segmento vial objeto de este diseño corresponde a una vía local urbana la recomendación del AASHTO corresponde a un rango entre (50-80), sin embargo, se cuenta con una baja precisión en los ensayos de PDC y el conteo realizado por la UAERMV no presenta un detalle por un periodo más allá del tránsito recolectado en una semana así las cosas se usara para el diseño una confiabilidad de 80% y de esta manera cubrir cualquier posible error en el proceso de recolección de datos.

El valor de Zr es el valor que representa la confiabilidad en la ecuación de comportamiento de la AASHTO el cual, para una distribución estadística normal, para un valor de confiabilidad de 80% se obtiene un valor de Zr de (-0,841) el cual es adquirido mediante la siguiente tabla.

Tabla 20: Confiabilidad

Confiabilidad (R)	Valor de ZR
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

5.3.2 Desviación estándar

Parámetro estadístico que tiene en cuenta el error o desviación estándar del diseño, la variación de las propiedades de los materiales, la variación de las propiedades de la subrasante, la variación en la estimación del tránsito, la variación de las condiciones climáticas y variación en la calidad de la construcción para un pavimento flexible la recomendación considera una desviación estándar de (0.45)

Tabla 21: Error normal estándar, So.

Proyecto de pavimento	de So Flexible	Rígido
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobre capas	0.50	0.40

Fuente: Rondón y Reyes (2015), (p.546)

5.3.3 Índice de serviciabilidad

Este valor índice representa la condición inicial y la pérdida de serviciabilidad que tendrá el pavimento en el tiempo parámetro que fue medido en el ensayo vial AASHO de manera empírica pues este reúnen las opiniones de los usuarios al recorrer los tramos con diferentes

tipos de mecanismos de deterioro, “a pesar de ser un parámetro bastante subjetivo, el estado de serviciabilidad se evalúa de manera cuantitativa asignando un valor entre 0 y 5. Se parte por lo general de un valor inicial para pavimentos P_a entre 4.0 y 4.2” (Rondón y Reyes, 2015, p.544).

Tabla 22:Serviciabilidad Final

Tipo de vía	Serviciabilidad final , Pf
Autopista	2.5 - 3.0
Carreteras	2.0 - 2.5
Zonas industriales	
Pavimento urbano principal	1.5 - 2.0
Pavimento urbano secundario	1.5 - 2.0

Fuente: Rondón y reyes. (20015), Pavimentos materiales, construcción y diseño, Bogota.p.544

Para el presente diseños se tendrán en cuenta los valores típicos para una vía local urbana en pavimento flexible que corresponden a índice de serviciabilidad inicial de (4.2) e índice de serviciabilidad final de (2.0).

5.3.4 Aplicación del software

De acuerdo a lo anterior ya fueron obtenidos todos los parámetros necesarios para que ayuda de un software se calcule el número estructural requerido de la estructura de pavimento flexible que soporte las cargas impuestas por el tránsito.

Figura 6: Resultados programa AASHTO-93

Fuente. programa Ecuación AASHTO 93

Teniendo en cuenta que de acuerdo con la guía AASHTO los coeficientes de aporte para cada una de las capas que componen la estructura de pavimento carpeta asfáltica, base granular y subbase se evalúan a través de sus módulos, así pues, para el cálculo de estos módulos se toma como base los resultados requeridos por las especificaciones de materiales para carreteras.

5.3.5 Selección de materiales y cálculo de espesores

Una vez conocido el número estructural global que soportara las cargas impuesta por el tránsito al pavimento es muy importante determinar los espesores de cada una de las capas y los materiales que las componen definiendo su gradación y características mínimas que son de obligatorio cumplimiento a fin de asegurar que su comportamiento sea lo más aproximado a lo planteado en los parámetros del diseño

5.3.5.1 Mezcla asfáltica

Para el análisis de espesores requeridos para la mezcla asfáltica es importante acotar que el coeficiente estructural de la misma depende del módulo elástico de la mezcla de acuerdo con el ábaco propuesto por AASTHO, sin embargo, en el caso que nos ocupa son vías con un tránsito bajo por lo que no es común el uso de mezclas de alto módulo, así pues se tendrá en cuenta la recomendación realizada por el INVIAS en el manual de diseño de pavimentos flexibles de bajos volúmenes así:

Tabla 23: Coeficientes estructurales carpeta asfáltica.

Tipo de capa		Clasificación a_i climática por temperatura	
Descripción de la capa	Nomenclatura		
Mezcla densa asfáltica densa en caliente tipo 2	MDC - 2	Frio	0.44
		Templado	0.41
		Cálido	0.37

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito 2007 p.80

Para este diseño se recomienda una mezcla densa en caliente por lo que el coeficiente estructural corresponde a $a_i = 0.44$, para el cálculo del SN (número estructural) requerido sobre la base es necesario conocer módulo del soporte en esta caso la base granular, teniendo en cuenta el art. 330 de las normas y especificaciones 2012 INVIAS tabla 330-1 Usos típico de las diferentes clases de base granular para un tránsito NT1 es decir menor a (500.000) ejes equivalentes se recomienda el uso de una base granular tipo C, y de acuerdo con la tabla 330-2 requisitos de los agregados para bases granulares el requerimiento mínimo de CBR (%) es del (80%), utilizando los ábacos propuestos por AASTHO-93 se obtiene módulo resiliente del soporte que corresponde a (29.000) psi.

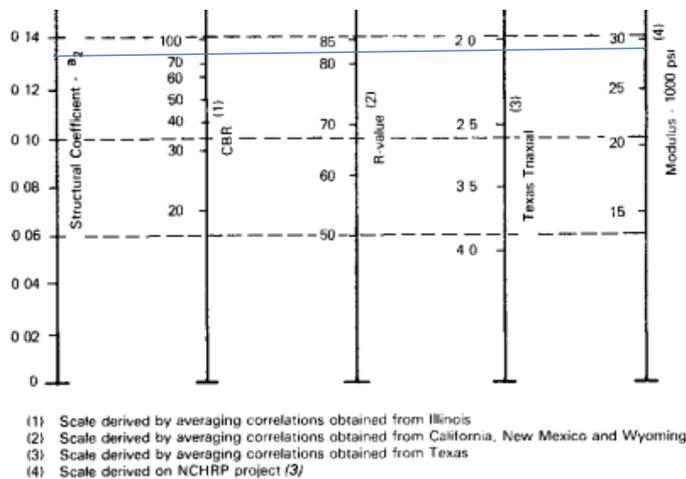


Figure 2.6. Variation in Granular Base Layer Coefficient (a_1) with Various Base Strength Parameters (3)

Figura 7: Variación del coeficiente estructural para bases

Fuente: guía de diseño AASTHO-93.

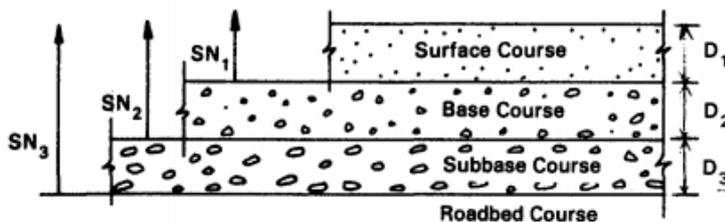


Figura 8: SN requerido sobre cada uno de los materiales

Fuente: Guía AASTHO -93

Utilizando nuevamente el programa AASTHO – 93 se calcula el SN requerido para la carpeta sobre la subbase

Tabla 24: Diseño SN requerido y SN propuesto carpeta asfáltica

SN requerido	ai	h (in)	h (cm)	SN suministrado
1.34	0.44	3.15	8.00	1.39

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, se debe dejar claro cuál será la mezcla densa a instalar por lo que se debe consultar la tabla 450- 7 Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa

Tabla 450 - 7. Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa

TIPO DE CAPA	ESPESOR COMPACTO (mm)	TIPO DE MEZCLA
Rodadura	30 – 40	MDC-10
	40 – 60	MDC-19, MSC-19
	> 60	MDC-25, MDC-19, MSC-19
Intermedia	> 50	MDC-25, MSC-25
Base	> 75	MSC-25, MGC-38, MGC-25
Alto módulo	60 - 130	MAM-25
Bacheos	50 – 75	MSC-25, MGC-25
	> 75	MSC-25, MGC-38, MGC-25

Para el caso de estudio para una capa de rodadura con un espesor compacto de 100 mm será utilizada una mezcla densa en caliente MDC-25.

5.3.5.2 Base granular

Teniendo en cuenta el art. 330 de las normas y especificaciones 2012 INVIAS tabla 330-1 Usos típico de las diferentes clases de base granular para un tránsito NT1 es decir menor a (500.000) ejes equivalentes se recomienda el uso de una base granular tipo C, y de acuerdo con la tabla 330-2 requisitos de los agregados para bases granulares el requerimiento mínimo de CBR (%) es del (80%) y utilizando el ábaco de AASTHO se obtiene un coeficiente estructural para la base granular de 0.13,

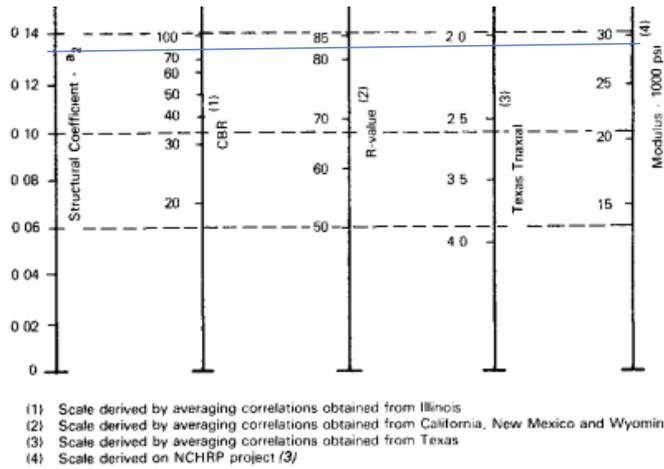


Figure 2.6. Variation in Granular Base Layer Coefficient (a_2) with Various Base Strength Parameters (3)

Figura 9: Variación del módulo para bases granulares
Fuente: guía de diseño AASTHO-93

Para el soporte se utilizará una subbase granular, tipo C con un CBR% mínimo del (30%) según la tabla 320-2 requisitos de los agregados para la subbase granular, utilizando el ábaco de AASTHO se obtiene un módulo de (15.000) psi

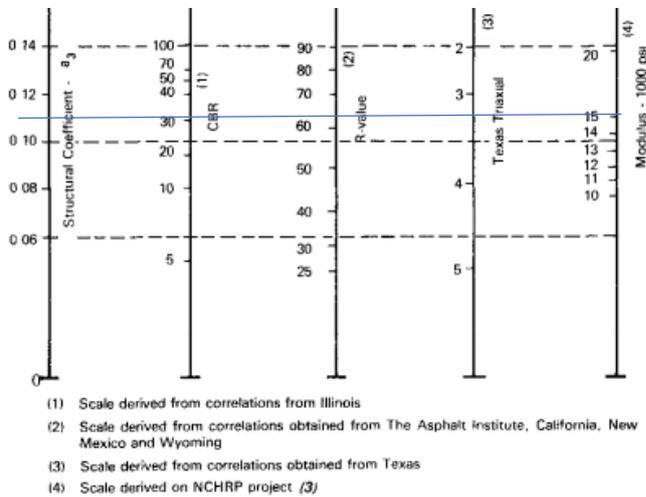


Figure 2.7. Variation in Granular Subbase Layer Coefficient (a_3) with Various Subbase Strength Parameters (3)

Figura 10: Variación del módulo para subbases granulares
Fuente: guía de diseño AASTHO-93

Coeficiente de drenaje

Para el coeficiente de drenaje se toma la recomendación realizada por el INVIAS para vías de bajos volúmenes de tránsito teniendo en cuenta que el clima de Bogotá se puede clasificar como húmedo el coeficiente de drenaje m_i correspondería a $m_i = 0.95$

Tabla 5.2. Coeficientes de drenaje de las capas granulares no tratadas m_i

Clasificación climática por humedad	m_i
Árido	1.15
Semi-árido	1.05
Sub-húmedo	1.00
Húmedo	0.95
Muy húmedo	0.85

Fuente: INVIAS, manual de bajos volúmenes de tránsito, 2007, p 80.

Tabla 25: Diseño SN requerido y SN propuesto base granular

SN requerido	a_i	m_i	h (in)	h (cm)	SN suministrado
0.42	0.13	0.95	3.94	10.00	0.49

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la tabla 330-3 franjas granulométricas del material de base granular se plantea utilizar un BG-40.

5.3.5.3 Subbase granular

Teniendo en cuenta el art. 320 de las normas y especificaciones 2012 INVIAS una subbase granular, tipo C con un CBR% mínimo del (30%) según la tabla 320-2 requisitos de los agregados para la subbase granular por lo que entrado en el ábaco de AASTHO se puede obtener el coeficiente estructural que corresponde a 0.11

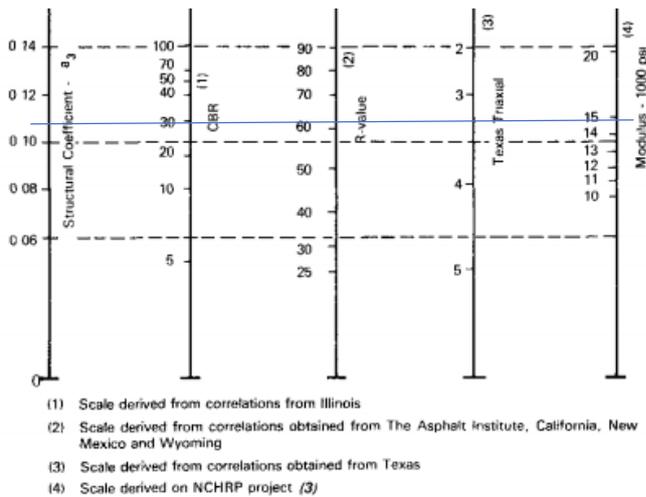


Figure 2.7. Variation in Granular Subbase Layer Coefficient (a_3) with Various Subbase Strength Parameters (3)

Figura 11: Variación del coeficiente estructural para subbases granulares

Fuente: guía de diseño AASTHO-93

Una vez obtenido el coeficiente estructural y teniendo en cuenta que el soporte de la subbase granular corresponde a la subrasante mejorada con rajón que una vez utilizado la ecuación de IVANOV tiene un módulo de (8028.55) psi.

Tabla 26: Diseño SN requerido y SN propuesto Sub - base granular

SN requerido	a_i	m_i	h (in)	h (cm)	SN suministrado
0.34	0.11	0.95	3.94	10.00	0.41

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la tabla 330-3 franjas granulométricas del material de base granular se plantea utilizar un SBG-50.

5.3.5.3 Estructura de pavimento final.

Por último, ya evaluada la totalidad de la estructura se obtiene la siguiente estructura teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Espesor mínimo de carpeta de (5 cm) y con espesor mínimo de paso (1 cm) debido a que los equipos disponibles en el medio no ofrecen una mayor presión en la etapa de extendido.
- Espesor mínimo de base compactada de (5 cm) lo cual es una práctica constructiva así pues se toman múltiplos de (5) como valores de base construible

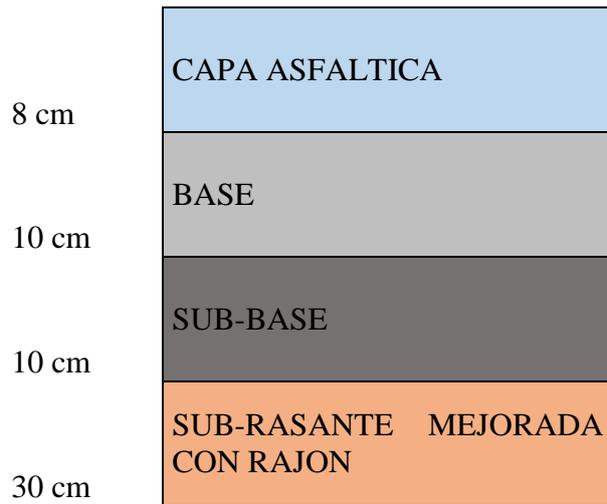


Figura 12: Estructura definitiva de pavimento diseñada por el método AASTHO-93

Fuente: Elaboración propia

6. Conclusiones

La estructura diseñada consta de 8 cm de carpeta asfáltica para la se recomienda una mezcla densa en caliente MDC-25 , sobre una base granular de 10 cm de espesor , apoyada sobre una subbase granular de espesor de 10 cm , mejorando la subrasante con 30 cm de rajón

Se identifica que los insumos para el diseño aportados por la unidad de mantenimiento vial entre los cuales se encuentra resultados ensayo de penetrómetro dinámico PDC hasta una profundidad 1,38 m, aforo de transito los cuales fueron procesado a fin de determinar las variables de capacidad de soporte en la subrasante y cargas a aplicar en sobre la estructura

De acuerdo con la información geotécnica soporte del diseño se encuentra que el material de cimiento de la estructura de pavimento cuenta con un índice de soporte CBR del 4.4% muy bajo por lo que se realiza un mejoramiento de la subrasante mediante el uso de una capa de rajón de (30 cm) , mejorándolo por la ecuación de Ivanov

La proyección del tránsito de diseño se realizó a partir de la información de aforos realizados por parte de la unidad administrativa especial de rehabilitación y mantenimiento vial y utilizando la proyección de transito recomendada por el INVIAS

7. Bibliografía

Montejo, A. (2014). Ingeniería de pavimentos fundamentos y estudios básicos de diseño.

Bogotá Colombia: Editorial Universidad Católica de Colombia

Rondón, H, Reyes. (2015). Pavimentos materiales, construcción y diseño. Bogotá Colombia:

Editorial ECOE

Ministerio de transporte instituto nacional de vías subdirección de apoyo técnico.(2007).Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito ,Colombia.

U.A.E.R.M.V. de Bogotá. (2018). estudio de tránsito. Cundinamarca. Bogotá:

U.A.E.M.V.de Bogotá.

American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993.

8. Anexos

RH

5-30

EVALUACIÓN Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MÉTODO AASHTO-93

VERSIÓN: 1

CÓDIGO: PDV-FM-004

FECHA DE APLICACIÓN: OCTUBRE 2017

RESPONSABLE DE VISITA: ING. GUSTAVO GONZALEZ
FECHA DE VISITA: 6 de junio de 2018
FECHA DE DISEÑO: 6 de junio de 2018

DIRECCIÓN: EJJE VIAL
LOCALIDAD: 8

PK_ID: 151719
DESDE: CL-9A
HASTA: KENNEDY
NOMBRE: CL-10

CHEQUEO DE LA ESTRUCTURA

REHABILITACIÓN

PARÁMETROS DE ANÁLISIS
CONFIDABILIDAD R = 60%
ERROR ESTÁNDAR PREDICCIÓN TRÁNSITO So = 0.45
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL ZR = -0.253
PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD FINAL ΔPSI = 2
CBR DE DISEÑO (%) CBR = 4.4

Table with columns: Espesor (cm), Tipo de Capa, Modulo - MR, PSI, a, m, SN. Rows include MD-12, BC-C, SB6C-C, NME.

ANÁLISIS ESTRUCTURAL
NIVEL MÁXIMO DE EXCAVACIÓN (NME) It (cm) = 63.00
NÚMERO ESTRUCTURAL SNE = 2.48
NÚMERO DE EJES DE REFERENCIA NEE = 260.318
NÚMERO DE EJES DEL PAVIMENTO DISEÑADO NEE real = 280.986
Verificación: OK

MATERIALES
MD-12: Mezcla densa en caliente
WGR-1: Material granular remanente 1
WGR-2: Material granular remanente 2
CAR: Capa asfáltica remanente

CONCEPTO:
De acuerdo con el estado de la vía donde ya se encuentran daños de alta severidad, un material remanente no adecuado y una baja capacidad portante, se recomienda la rehabilitación del segmento así: imprimir, colocar y compactar la mezcla asfáltica con un espesor de 8.0cm en MD-12; capa de Base granular tipo C con un espesor de 15.0cm; capa de Subbase granular tipo-C con un espesor de 10.0cm; capa de rajón de 30.0cm (incluye sello).

NOTA: El espesor de capa de base granular corresponde al mínimo establecido según la Tabla 8.2 "Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular" de Método AASHTO 1993.

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PARA EL SEGMENTO VIAL

EVALUACIÓN DE DAÑOS
LONGITUD DE LA VÍA (m) L = 70.56
ANCHO DE LA VÍA (m) A = 7.60
ÁREA TOTAL (m2) AT = 550.37
ÁREA FALLADA (m2) AF = 418.28
PORCENTAJE DE ÁREA FALLADA (%) PAF = 76%

RESUMEN DE LA EVALUACIÓN VISUAL
Pavimento: Flexible. Daños: piel de cocodrilo de severidad alta, huecos de severidad alta, parcheo severidad alta y pulimento de agregados de severidad alta.
Malla Vial: LOCAL. Sección vial: V6.

RESUMEN DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA
APIQUE No. AP-20-04-67-de-04-abr-18
LOCALIZACIÓN: Plica No. 9-72

CONSIDERACIONES DE TRÁNSITO
En el recorrido realizado se pudo observar, que según el desarrollo de la zona y las características geométricas de la vía puede considerarse un tráfico vehicular medio, en zona residencial de 260.318 repeticiones de ejes equivalentes sencillos de 8.2 ton para un periodo de diseño de 10 años, que corresponde al nivel de tráfico T1-1, según la Tabla 4.4. Categoría de tránsito de diseño de la GUÍA DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLUMENES DE TRÁNSITO Y VÍAS LOCALES PARA BOGOTÁ D.C.

CONSIDERACIONES DEL MATERIAL REMANENTE
El segmento presenta una capa asfáltica en mal estado con espesor de 0.09m; una segunda capa de 0.09m; una tercera capa de 0.46m compuesta por un material granular (arena limosa con algo de grava de color amarillo, con sobrecantamientos de 30 cm) con Humedad Natural del 9.1% y N.P. y una última capa constituida por suelos finos (arcilla, de alta compresibilidad de color gris oscuro con pocas piedras de mediano tamaño) clasificados como CH con valor de Humedad Natural del 24.7%, L.L. de 65%, L.P. de 19% e I.P. de 46.0%. Exploración geotécnica realizada por el laboratorio de la UNIV. No reporta nivel freático.

RECOMENDACIONES
Para el proceso de colocación de la carpeta asfáltica y/o cualquier capa granular, es necesario evaluar previamente las condiciones de apoyo para la nueva capa.
Se debe garantizar una compactación del material remanente entre el 95% - 100% de la densidad máxima del proctor modificado.
Se debe garantizar el módulo de las capas asfálticas, así como los módulos resilientes de las capas granulares o de fresa estabilizado establecidas en el diseño.
Se debe garantizar el espesor mínimo de las capas establecidas en el diseño de estructura de pavimento, ya que cualquier variación en los espesores de las capas, afectará directamente el Número Estructural - SN y por ende el desempeño del pavimento.
Si al momento de realizar los trabajos de rehabilitación se detectan suelos blandos, hielos, "acolchonamientos" o deformaciones en la estructura, se recomienda efectuar la reparación correspondiente, pues el material en el área a repararse, deberá ser removido hasta la profundidad necesaria para encontrar un soporte firme.
Es indispensable que NO se exponga la subrasante a la más mínima condición de humedad adicional ya que por la humedad natural que presenta este material, puede sufrir cambios de volumen considerable que afectarían gravemente la estructura propuesta.
Se recomienda realizar una verificación previa de las redes de acueducto y alcantarillado antes de iniciar con la rehabilitación de la vía, para corregir posibles filtraciones y no afectar la estructura de pavimento una vez construida.
Se recomienda la utilización de un geotextil (Tipo NT-4000 o similar), con el fin de separar las capas de subrasante o de remanente con la nueva estructura.
Los materiales y los procesos constructivos para la rehabilitación del segmento vial, deben cumplir con las especificaciones IDU ET-2011.
En los sectores donde se requiera, se deberá realizar confinamiento de la estructura de pavimento mediante colocación de sardinel o bordillo.
De encontrarse durante la ejecución de la obra diferencias respecto de los valores o características consideradas para este diseño que ameriten revisión de lo aquí escrito, se deberá informar al ingeniero especialista con el fin de verificar y realizar los ajustes pertinentes.
Las conclusiones y las recomendaciones generadas en este informe, se detallan según exploración geotécnica realizada en campo y los cálculos realizados por los especialistas de la UAERMV.

REFERENCIAS
GUÍA DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLUMENES DE TRÁNSITO Y VÍAS LOCALES PARA BOGOTÁ D.C. DEL IDU
AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES 1993

OBSERVACIONES
Se presenta un valor bajo de CBR, obtenido con los resultados del laboratorio de la UAERMV mediante el ensayo del PDC, por lo tanto, con el fin de obtener el módulo equivalente entre el suelo de la subrasante y un empíricamente en rajón, se calcula mediante el método Ivancov-1973 el valor de CBR, resultando un equivalente de CBR de 4.40%, con un espesor de 0.30m de material de rajón.
Se anexan resultados de la exploración geotécnica realizada, evaluación del tránsito correspondiente (cálculo del número de ejes equivalentes) e información de redes de acueducto y alcantarillado sanitario y pluvial según el SIGUE.

Calculó: [Firma]
Nombre: JOSE GUSTAVO GONZALEZ BARAHONA
Cargo: ESPECIALISTA EN VÍAS Y/O PAVIMENTOS
Revisó: [Firma]
Nombre: JACKELINE GUERRERO VILLAMIL
Cargo: ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS

Vo Bo: [Firma]
Nombre: SILVIA NILAY FORERO BOLLITA
SUBDIRECCIÓN TÉCNICA DE MANTENIMIENTO DE LA MAJLA VIAL LOCAL

EVALUACIÓN Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES MÉTODO AASHTO-93

VERSIÓN: 1

CÓDIGO: PDV-FM-004
FECHA DE APLICACIÓN: OCTUBRE 2017

CIV: 50008346
DIRECCIÓN: EJE VIAL KR 72C
LOCALIDAD: 8

PK ID: 151719
DESDE: CL-9A
HASTA: KENNEDY
CL 10

RESPONSABLE DE VISITA: ING. GUSTAVO GONZÁLEZ
FECHA DE VISITA: 6 de junio de 2018
FECHA DE DISEÑO: 6 de junio de 2018

CHEQUEO DE LA ESTRUCTURA

TIPO DE INTERVENCIÓN: REHABILITACIÓN

PARÁMETROS DE ANÁLISIS

R = 60%
 So = 0.45
 ZR = -0.253
 APSI = 2
 CBR DE DISEÑO (%) = 4.4

ESTRUCTURA RECOMENDADA

Esesor	TIPO DE CAPA	MODULO - MR	a	m	SN
cm		Kg/cm2			
5,00	MD-12	35.692	0,45	1,00	0,89
15,00	FE	18.281	0,34	1,00	2,01
10,00	SBO-C	1.070	0,11	0,80	0,35
30,00	Subrasante	449	6.382	Sne =	3.25

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

NIVEL MÁXIMO DE EXCAVACIÓN (NME) Ht (cm) = 60,00
 NÚMERO ESTRUCTURAL SNe = 3,25
 NÚMERO DE EJES DE REFERENCIA NEE = 280,318
 NÚMERO DE EJES DEL PAVIMENTO DISEÑADO NEE real = 4.556,575
 Verificación: OK

EVALUACIÓN DE DAÑOS

L = 70,56
 A = 7,80
 AT = 550,37
 AF = 416,28
 PORCENTAJE DE AREA FALLADA (%) PAF = 76%

RESUMEN DE LA EVALUACIÓN VISUAL

Pavimento: Flexible; Daños: piel de cocodrilo de severidad alta, huecos de severidad alta, parcheo severidad alta y pulimento de agregados de severidad alta.
 Malla Vial: LOCAL, Sección vial: V6.

RESUMEN DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

APIQUE No. AP-20-04-67 del 04-abr-18
 LOCALIZACIÓN: Píed No. 9-72

CONSIDERACIONES DE TRÁNSITO

En el recorrido realizado se pudo observar que según el desarrollo de la zona y las características geométricas de la vía puede considerarse un tráfico vehicular medio, en zona residencial, de 280.318, repeticiones de ejes equivalentes sencillos de 8,2 ton para un periodo de diseño de 10 años, que corresponde al nivel de tráfico T1-1, según la Tabla 4.4. Categoría de tránsito de diseño de la GUÍA DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLUMENES DE TRÁNSITO Y VÍAS LOCALES PARA BOGOTÁ D.C.

CONSIDERACIONES DEL MATERIAL REMANENTE

El segmento presenta una capa asfáltica en mal estado con espesor de 0,09m; una segunda capa de 0,46m compuesta por un material granular (arena limosa con algo de grava de color amarillo con sobretamafnos mayor a 3") clasificado como SM con Humedad Natural del 9,1% y N.P.; y una última capa constituida por suelos finos (arcilla de alta compresibilidad de color gris oscuro con betas de oxidación) clasificados como CH con valor de Humedad Natural del 24,7%, L.L. de 65%, L.P. de 19% e I.P. de 46,0%. Exploración geotécnica realizada por el laboratorio de la UMV. No reporta nivel freático.

RECOMENDACIONES

- Para el proceso de colocación de la carpeta asfáltica y/o cualquier capa granular, es necesario evaluar previamente las condiciones de apoyo para la nueva capa.
- Se debe garantizar una compactación del material remanente entre el 95% - 100% de la densidad máxima del proctor modificado.
- Se debe garantizar el espesor mínimo de las capas asfálticas, así como los módulos resistentes de las capas granulares o de fresaado estabilizado establecidas en el diseño.
- Se debe garantizar el espesor mínimo de las capas establecidas en el diseño de estructura de pavimento, ya que cualquier variación en los espesores de las capas, afectará directamente el Número Estructural - SN y por ende el desempeño del pavimento.
- Si al momento de realizar los trabajos de rehabilitación se detectan suelos blandos, fallas, "acolchonamientos" o deformaciones en la estructura, se recomienda efectuar la reparación correspondiente, pues el material en el área a repararse, deberá ser removido hasta la profundidad necesaria para encontrar un soporte firme.
- Es indispensable que NO se exponga la subrasante a la más mínima condición de humedad adicional ya que por la humedad natural que presenta este material, puede sufrir cambios de volumen considerables que afectarían gravemente la estructura propuesta.
- Se recomienda realizar una verificación previa de las redes de acueducto y alcantarillado antes de iniciar con la rehabilitación de la vía, para corregir posibles filtraciones y no afectar la estructura de pavimento una vez construida.
- Se recomienda la utilización de un geotextil No tejido (Tipo NT4000 o similar), con el fin de separar las capas de subrasante o de remanente con la nueva estructura.
- Los materiales y los procesos constructivos para la rehabilitación del segmento vial, deben cumplir con las especificaciones IDU ET-2011.
- En los sectores donde se requiera, se deberá realizar confinamiento de la estructura de pavimento mediante colocación de sardinel o bordillo.
- De encontrarse durante la ejecución de la obra diferencias respecto de los valores o características consideradas para este diseño que ameriten revisión de lo aquí escrito, se deberá informar al ingeniero especialista con el fin de verificar y realizar los ajustes pertinentes.
- Las conclusiones y las recomendaciones generadas en este informe, se detallan según exploración geotécnica realizada en campo y los cálculos realizados por los especialistas de la UAERMV.

MATERIALES

MD-12 Mezcla densa en caliente

FE Material granular remanente 1

SBO-C Material granular remanente 2

CAR Capa asfáltica remanente

Base granular tipo C

Subbase granular tipo C

Fresaado estabilizado

Mejoramiento con rajón

CONCEPTO:

De acuerdo con el estado de la vía donde va se encuentran daños de alta severidad, se recomienda la rehabilitación total del segmento así: imponer, colocar y compactar la mezcla asfáltica con un espesor de 5,0cm en MD-12; capa de Fresaado Estabilizado en un espesor de 15,0cm; capa de Subbase granular tipo C en un espesor de 10,0cm; capa de rajón de 30,0cm (incluye sello).

NOTA: El espesor de capa de fresaado estabilizado corresponde al mínimo establecido en la sección 450-11 de las especificaciones de construcción IDU ET-2011. Igualmente, el espesor de la capa asfáltica corresponde al mínimo establecido sobre capas de material reciclado con asfaltos, para este nivel de tránsito, según la Guía Metodológica para las Obras de Diseño de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos del INVIAS, 2008.

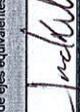
REFERENCIAS

- GUÍA DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLUMENES DE TRÁNSITO Y VÍAS LOCALES PARA BOGOTÁ D.C. DEL IDU
- AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES 1993

OBSERVACIONES

Se presenta un valor bajo de C.B.R. obtenido con los resultados del laboratorio de la UAERMV mediante el ensayo del PDC, por lo tanto, con el fin de obtener el módulo equivalente entre el suelo de la subrasante y un mejoramiento en rajón, se calcula mediante el método Ivanov-1973 el valor de CBR, resultando un equivalente de CBR de 4,40% con un espesor de 0,30m de material de rajón. Se anexan resultados de la exploración geotécnica realizada, evaluación de tránsito correspondiente (cálculo del número de ejes equivalentes) e información de redes de acueducto y alcantarillado sanitario y pluvial según el D.C.U.E.

Calculó: 
Nombre: JOSE GUSTAVO GONZÁLEZ BARAHONA
Cargo: ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS

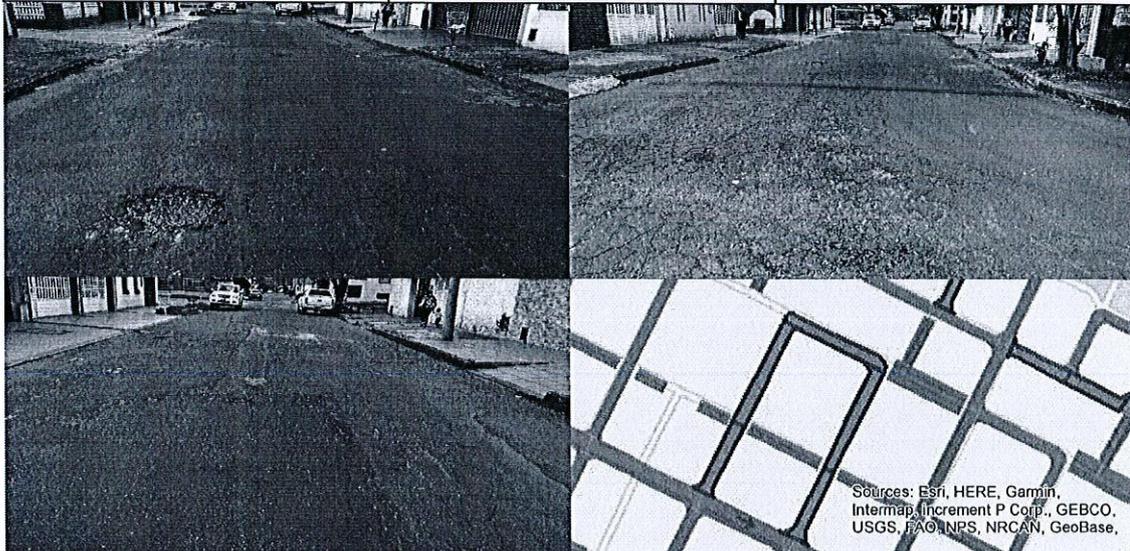
Revisó: 
Nombre: JACKELINE GUTIERREZ VILLALAZ
Cargo: ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS

Vo.Bo.: 
Nombre: SILVIA PIZARRO BONTILLA
Cargo: SUBDIRECCIÓN TÉCNICA DE MEJORAMIENTO DE LA VIALIDAD LOCAL

ACTA DE VISITA TÉCNICA							
CÓDIGO: PDV-FM-001			VERSIÓN: 7.0				
FECHA DE APLICACIÓN: MARZO DE 2018							
LOCALIDAD	08	KENNEDY		ZONA EAB-ESP	Zona 5	FECHA DE VISITA	06/06/2018
UPZ	CASTILLA		SECCIÓN VIAL	V6	SOLICITUD/FECHA		/ 23/05/2018
BARRIO	BAVARIA		CALIFICACIÓN PCI	*	SOLICITANTE	SMVL diseño de pavimento	
C.I.V.(Código de Identificación Vial)	50008346		*		USO DE LA VÍA	Vehicular	
EJE VIAL	DESDE	HASTA	TIPO MALLA VIAL	INDICE DE PRIORIZACIÓN	¿TIENE RUTAS DE TRANSPORTE?		NO
CR 72C	CL 9	CL 10	LO	61,9			
PK ID	151719		ÁREA PK_ID(m2)	550,4	PROGRAMA:		

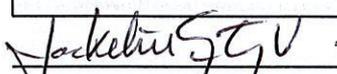
N°	DISTANCIA (m)	TIPO DE FALLA	SEVER.	TIPO DE SUPERFICIE	INTERVENCIÓN			TIPO DE INTERVENCIÓN
					LONGITUD(m)	ANCHO(m)	ÁREA(m2)	
1	0	1.Piel de Cocodrilo	ALTA	Flexible	20	7	140	Sin Intervención
2	0	13.Huecos	ALTA	Flexible	10	7	70	Sin Intervención
3	0	12.Pulimento de Agregados	ALTA	Flexible	20	7	140	Sin Intervención
4	0	11.Parqueo	ALTA	Flexible	10	7	70	Sin Intervención
5	0	9.Desnivel carril / berma	ALTA	Flexible	70,56	7,8	550,4	Rehabilitación

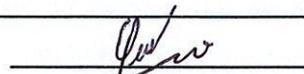
OTROS FACTORES	
Requiere Apiques	Sumidero(s) en Buen Estado

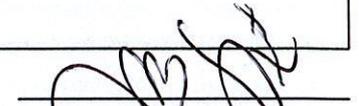


MODELO DE PRIORIZACIÓN	
CRITERIO	CALIFICACIÓN
Impacto Social causado por la realización de las posibles intervenciones	AI+FC
Determinación del tipo de intervención	REHABILITACION
Coordinación interinstitucional (Priorización complementaria con la labor de otras entidades)	NO APORTA CONJUNTAMENTE A LA INTERVENCIÓN
Aporte al cumplimiento de metas	SI APORTA A LAS METAS PROGRAMADAS

OBSERVACIÓN
Zona residencial.


VoBo.
ING. JACKELINE GUTIERREZ


RESPONSABLE DE VISITA
ING. GUSTAVO GONZÁLEZ


SUBDIRECTOR(A) (SMVL)
ING. SILVIA PILAR FORERO BONILLA

ANÁLISIS DE TRÁNSITO

CIV: 50008346 PK_ID: 151719 LOCALIDAD: Kennedy
 DIRECCIÓN: EJE VIAL KR 72C DESDE CL 9A HASTA CL 10
 ORIGEN DE INFORMACIÓN: PRIMARIA SECUNDARIA X

Factor Daño (INVIAS, 1996)						
Tipo	GVV	B	C2P	C2G	C3-C4	C5-C6
FC	0,08	1	1,14	3,44	3,76	4,72

TASA DE CRECIMIENTO	
Autos	1,09%
Buses	1,09%
Camiones	1,09%

FACTOR DIRECCIONAL =	1,0
FACTOR DISTR. CARRIL =	1,0

Periodo Diseño	AÑO	TPDC	CAMPEROS VAN	BUSES	CAMIONES				VC ACUMULADOS	NEE AÑO	NEE ACUMULADOS
					C2P	C2G	C3-C4	C5-C6			
0	2017	46	11	12	11	10	2	0	35		
1	2018	46	11	12	11	10	2	0	35	24796	24.796
2	2019	47	11	12	11	10	2	0	36	25063	49.859
3	2020	47	11	12	11	10	2	0	36	25332	75.191
4	2021	47	11	12	11	10	2	0	36	25605	100.796
5	2022	48	11	13	12	11	2	0	37	25.880	126.676
6	2023	48	11	13	12	11	2	0	37	26159	152.835
7	2024	49	11	13	12	11	2	0	38	26441	179.276
8	2025	49	11	13	12	11	2	0	38	26725	206.001
9	2026	49	11	13	12	11	2	0	38	27013	233.014
10	2027	50	11	13	12	11	2	0	39	27.304	260.318
11	2028	50	11	13	12	11	2	0	39	27598	287.916
12	2029	51	11	14	13	11	2	0	40	27896	315.812
13	2030	51	11	14	13	12	2	0	40	28196	344.008
14	2031	52	11	14	13	12	2	0	41	28500	372.508
15	2032	52	11	14	13	12	2	0	41	28807	401.315
16	2033	52	11	14	13	12	2	0	41	29118	430.433
17	2034	53	11	14	13	12	2	0	42	29431	459.864
18	2035	53	11	14	13	12	2	0	42	29749	489.613
19	2036	54	11	15	14	12	2	0	43	30070	519.683
20	2037	54	11	15	14	12	2	0	43	30.394	560.077

Número de Ejes Equivalentes a 8,2 ton Acumulados en 5 años =	126.676
Número de Ejes Equivalentes a 8,2 ton Acumulados en 10 años =	260.318
TRANSITO PROMEDIO DIARIO VEHICULOS COMERCIALES >3.5T EN EL PERIODO DE DISEÑO=	43

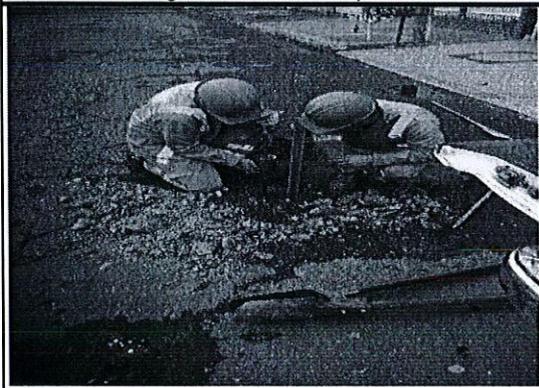
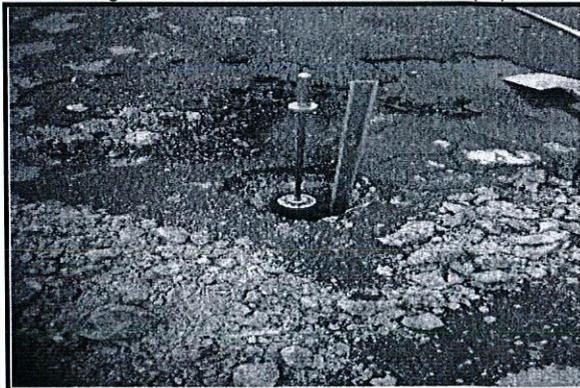
TASAS DE CRECIMIENTO POR LOCALIDAD

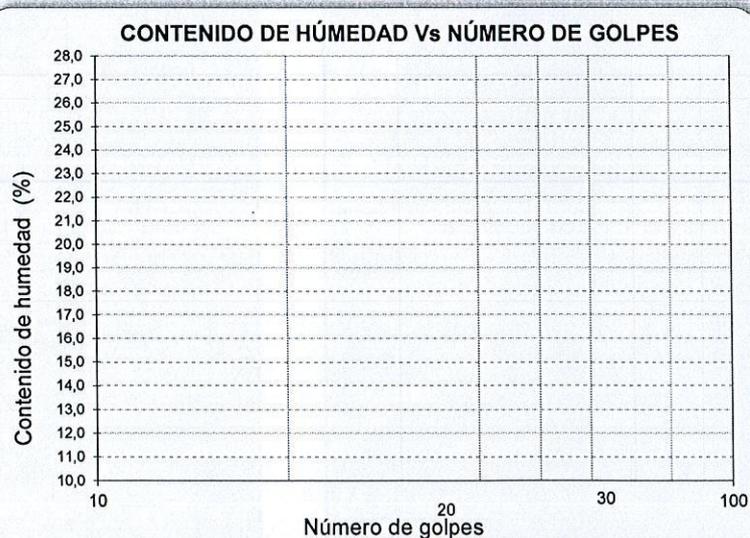
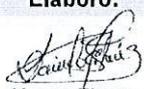
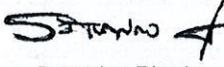
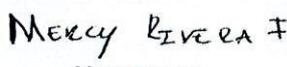
Localidad	Periodo			
	2003 - 2007	2007 - 2010	2010 - 2015	2015 - 2020
1 Uruapan	2,83%	2,83%	4,18%	2,15%
2 Charavilla	1,21%	1,20%	2,42%	1,23%
3 Santa Fe	0,45%	0,44%	1,02%	0,32%
4 San Cristóbal	0,84%	0,47%	0,25%	0,58%
5 Urua	8,22%	3,65%	2,14%	3,01%
6 Turquesa	0,52%	0,02%	0,52%	0,33%
7 Boca	2,18%	0,66%	1,35%	1,30%
8 Kennedy	1,52%	0,91%	1,10%	1,00%
9 Fontibón	1,61%	0,60%	1,02%	1,03%
10 Engativá	1,35%	0,81%	0,79%	0,97%
11 Suba	2,21%	2,09%	1,97%	1,75%
12 Barrios Unidos	0,83%	0,70%	1,90%	0,87%
13 Teusaquillo	1,07%	-0,70%	1,62%	0,94%
14 Los Mártires	0,35%	0,18%	0,43%	0,20%
15 Antonio Nariño	0,27%	0,03%	0,21%	0,17%
16 Puente Aranda	0,85%	0,43%	0,80%	0,57%
17 La Candelaria	0,61%	0,38%	1,06%	0,56%
18 Rafael Uribe	0,60%	0,14%	0,81%	0,41%
19 Ciudad Bolívar	2,87%	3,90%	0,67%	2,38%

Fuente: Formulación del Plan Maestro de Movilidad y Reformulación del Plan Vial y de Transporte del POT y DAPD. Steer Davies Gleave (2006).

 ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Unidad de Mantenimiento Vial		REGISTRO DE APIQUE Y CONO DINÁMICO INV E-172-13			
CÓDIGO:		VERSIÓN: 001			
FECHA DE APLICACIÓN:					
Cliente:		SMVL		Fecha: 2018-04-04	
CIV:	50008346	Apique No.	1	Código:	AP-20-04-67
Dirección y/o ubicación: CARRERA 72 C CON CALLE 9 Y CALLE 10					
Localidad y/o barrio: KENNEDY				Placa: 9 - 72	
DATOS DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO					
CALZADA		Norte-Sur		Oriente - Occidente	<input checked="" type="checkbox"/> Nivel freático (m): NR-No Reporta
		Sur-Norte		Occidente - Oriente	Fin del apique (m): 1,36
Profundidad (m)	Descripción del material				
0,00	CARPETA ASFALTICA CON HUNDIMIENTO Y FISURAS LATERALES.				
0,09	Muestra No 1 ARENA LIMOSA CON ALGO DE GRAVA DE COLOR AMARILLOS CON SOBRETAMAÑOS MAYOR A 3", HUMEDAD BAJA.				
0,46	Muestra No.2 ARCILLA DE ALTA COMPRESIBILIDAD DE COLOR GRIS OSCURO CON BETAS DE OXIDACIÓN, HUMEDAD MEDIA.				
1,36					
OBSERVACIONES:					
Responsable:		Yimy Almonacid		 Firma	
		Nombres y Apellidos			

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Unidad de Mantenimiento Vial		INFORME DE ENSAYO USO DEL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO EN APLICACIONES DE PAVIMENTOS A POCA PROFUNDIDAD INV E-172-13			
CÓDIGO:			VERSIÓN: 001		
FECHA DE APLICACIÓN:					
Cliente:	SMVL	Fecha:	2018-04-04		
CIV:	50008346	Código:	AP-20-04-67		
Localidad y/o barrio:	KENNEDY	Aplique No.	1		
Dirección y/o ubicación:	CARRERA 72 C CON CALLE 9 Y CALLE 10	Placa:	9 - 72		
Peso (Kg) 8		Caída (mm) 575			
Factor del martillo 1,0		Lectura Inicial (mm) 0			
No. Golpes (A)	Penetración Acumulada (B) mm	Penetración entre lecturas (C) mm	Penetración por Golpe (D) mm	Indice de PDC (F) mm /Golpe	CBR (%)
1	60	60	60	60	1,0
1	110	50	50	50	1,4
1	170	60	60	60	1,0
1	200	30	30	30	3,8
1	240	40	40	40	2,2
1	270	30	30	30	3,8
1	300	30	30	30	3,8
1	340	40	40	40	2,2
1	390	50	50	50	1,4
1	430	40	40	40	2,2
1	460	30	30	30	3,8
1	500	40	40	40	2,2
1	530	30	30	30	3,8
1	560	30	30	30	3,8
1	580	20	20	20	8,6
1	610	30	30	30	3,8
1	640	30	30	30	3,8
1	670	30	30	30	3,8
1	690	20	20	20	8,6
1	720	30	30	30	3,8
1	740	20	20	20	8,6
1	760	20	20	20	8,6
1	780	20	20	20	8,6
1	800	20	20	20	8,6
1	820	20	20	20	8,6
TOTAL					
32	18740	1000	31	31	3,5
CORRELACIONES ENTRE ÍNDICE PDC Y CBR		INV E 172-13 SUELOS BLANDOS DE LA SABANA DE BOGOTÁ (S.B.S.B.)		239/(PDC)*1,24	
		INV E 172-07 PARA SUELOS CL CON CBR >10 Y SUELOS DIFERENTES DE CH		292/(PDC)*1,12	
		INV E 172-07 PARA SUELOS CL CON CBR <10 Y CH		1/(0,017019*PDC)*2	
		INV E 172-13 . Para Suelos CH		348,3 (PDC)-1,0	
Elaboró:		Revisó:		Aprobó:	
Firma:					
Nombre y Apellido:	Yimy Almonacid	Saturnino Rincón	Mercy Rivera		
Cargo:	Laboratorista	Coord. Operativo lab	Líder de calidad		
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo. Este informe no puede ser reproducido en su totalidad ni parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio de suelos y pavimentos de la UAERMV.					
Laboratorio de suelos y pavimentos de la UAERMV					
Sede de Producción Parque Minero Industrial El Mochuelo Kilometro 3 vía Pasquilla localidad Ciudad Bolívar, Bogotá D.C. - Colombia					
Tel: 3779555 Ext 1145 E- mail: p.laboratorio@umv.gov.co					

 REGISTRO FOTOGRÁFICO DE APIQUES			
CÓDIGO:	VERSIÓN: 001		
FECHA DE APLICACIÓN:			
Cliente:	SMVL	Fecha:	2018-04-04
CIV:	50008346	Código:	AP-20-04-67
Localidad y/o barrio:	KENNEDY	Apique No.	1
Dirección y/o ubicación:	CARRERA 72 C CON CALLE 9 Y CALLE 10	Placa:	9 - 72
			
Fotografía 1. Placa esquinera		Fotografía 2. Placa costado frontal del apique	
			
Fotografía 5. Vista general del apique		Fotografía 6. Vista del apique	

INFORME DE ENSAYO DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO (METODO A), LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS INV E 125/126-13					
		CÓDIGO:	VERSIÓN:		
FECHA DE APLICACIÓN:					
Cliente:	SMVL	Fecha:	2018-04-04		
CIV	50008346	Código:	AP-20-04-67		
Localidad y/o Barrio:	KENNEDY				
Dirección y/o Ubicación:	CARRERA 72 C CON CALLE 9 Y CALLE 10				
Apique:	1	Muestra:	1		
		Profundidad (m)	0,09 A 0,46		
Descripción:	ARENA LIMOSA CON ALGO DE GRAVA DE COLOR AMARILLO CON SOBRETAMAÑOS MAYOR A 3", HUMEDAD BAJA.				
Procedimiento para ensayo de límite plástico	Manual				
Condiciones ambientales:	Temperatura °C:	20	Humedad relativa %:	60	
Equipos:	Cazuela No:	1	Balanza No:	1	
		Horno No:	1	Serie tamiz No 10 y 40:	A
	Golpes	Límite líquido	Límite plástico	% Humedad	
	Recipiente No.		-	-	
	P ₁ (g)			11	
	P ₂ (g)			2514,40	
	P ₃ (g)			2322,10	
	w (%)			198,60	
				9,1	
LÍMITE LÍQUIDO	NL	%	CLASIFICACIÓN U.S.C.S PASA T-40	--	
LÍMITE PLÁSTICO	NP	%	ÍNDICE DE LIQUIDEZ	-	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	0	%	ÍNDICE DE CONSISTENCIA	-	
<p>CONTENIDO DE HÚMEDAD Vs NÚMERO DE GOLPES</p> 					
Convenciones	P ₁ = Masa del recipiente mas muestra húmeda	P ₃ = Masa del recipiente			
	P ₂ = Masa del recipiente mas muestra seca	w = Contenido de humedad de la muestra			
OBSERVACIONES:					
	Elaboró:	Revisó:	Aprobó:		
Firma:					
Nombre y Apellido:	Karen Florez	Saturnino Rincón	Mercy Rivera		
Cargo:	Laboratorista	Coord. Operativo lab	Líder de calidad		
<p>Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo. Este informe no puede ser reproducido en su totalidad ni parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio de suelos y pavimentos de la UAERMV.</p> <p>Laboratorio de suelos y pavimentos de la UAERMV Sede de Producción Parque Minero Industrial El Mochuelo Kilometro 3 vía Pasquilla Localidad Ciudad Bolívar, Bogotá D.C. - Colombia Tel: 3779555 Ext 1145 E- mail: p.laboratorio@umv.gov.co</p>					

 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Unidad de Mantenimiento Vial		INFORME DE ENSAYO DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS INV E 123-13 Y DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO - AGREGADO INV E 122-13		
CÓDIGO:		VERSIÓN: 1,0		
FECHA DE APLICACIÓN: SEPTIEMBRE DE 2013				
Cliente:	SMVL	Fecha:	2018-04-04	
Localidad y/o barrio:	KENNEDY	Código:	AP-20-04-67	
Dirección y/o Ubicación:	CARRERA 72 C CON CALLE 9 Y CALLE 10	CIV	50008346	
Apique:	1	Muestra:	1	
		Profundidad (m):	0,09 A 0,46	
Descripción: ARENA LIMOSA CON ALGO DE GRAVA DE COLOR AMARILLO CON SOBRETAMAÑOS MAYOR A 3", HUMEDAD BAJA.				
Condiciones ambientales:	Temperatura °C:	20	Humedad relativa %:	
			60	
Equipos:	Serie tamiz No	A	Balanza No:	
			1	
		Horno No:	1	
A: Masa total de la muestra seca inicial (g)		2123,5		
B: Masa muestra lavado sobre tamiz 200 (g) y seca		1750,3		
TAMIZ	PESO RETENIDO (g)	PESO RETENIDO CORREGIDO (g)	% RETENIDO	%PASA
-	-	-	0	100,0
3"	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	63,1	63,1	3,0	97,0
1"	182,6	182,6	8,6	88,4
3/4"	115,6	115,6	5,4	83,0
1/2"	147,3	147,3	6,9	76,0
3/8"	63,0	63,0	3,0	73,1
N 4	152,9	152,9	7,2	65,9
N10	101,6	101,6	4,8	61,1
N16	33,5	33,5	1,6	59,5
N40	188,0	188,0	8,9	50,7
N50	186,4	186,4	8,8	41,9
N100	377,9	377,9	17,8	24,1
N200	131,5	131,5	6,2	17,9
FONDO	6,9	6,9	17,9	-
	1750,3	1750,3		

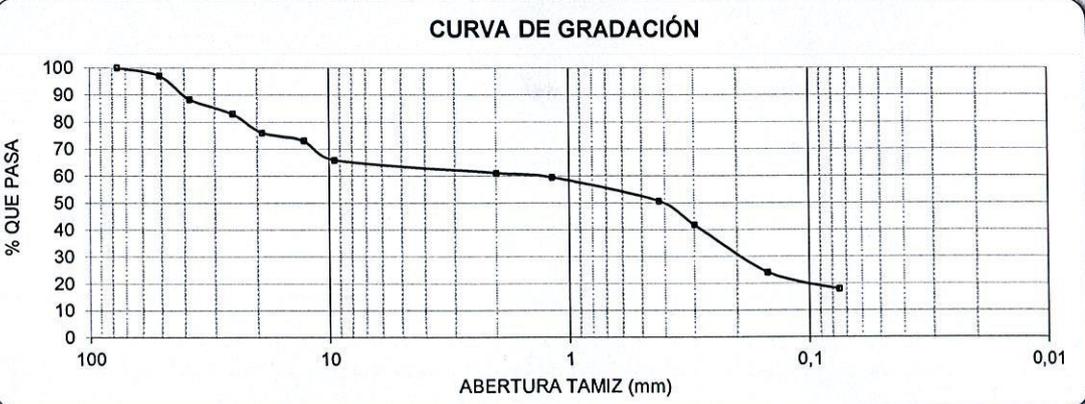
% Humedad

Recipiente	11
P ₁ (g)	2514,4
P ₂ (g)	2322,1
P ₃ (g)	198,6
Humedad (%)	9,1%

Clasificación de suelo

Grava (%)	34,1
Arena (%)	48,0
Finos (%)	17,9
AASHTO	A-2-4
U.S.C.S	S M

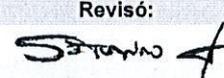
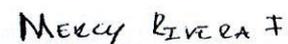
CURVA DE GRADACIÓN



Convenciones

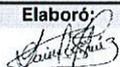
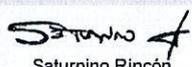
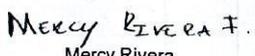
P ₁ = Masa del recipiente mas muestra húmeda	P ₃ = Masa del recipiente
P ₂ = Masa del recipiente mas muestra seca	w = Contenido de humedad de la muestra

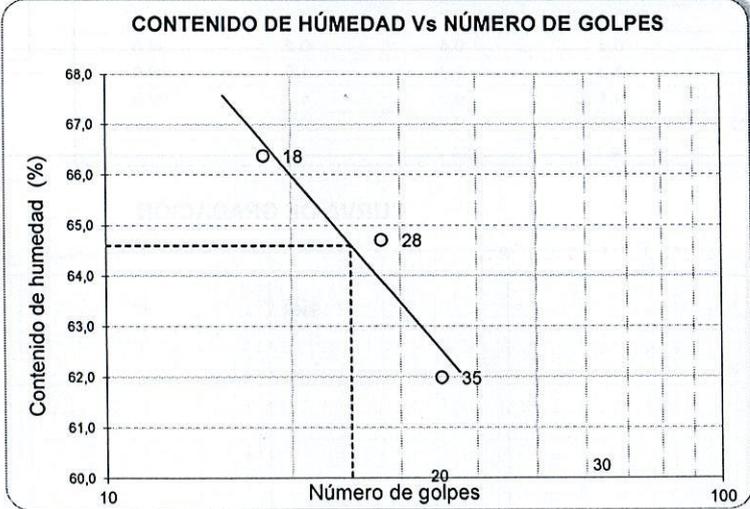
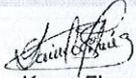
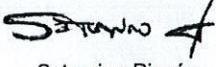
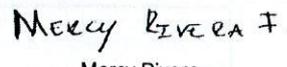
OBSERVACIONES

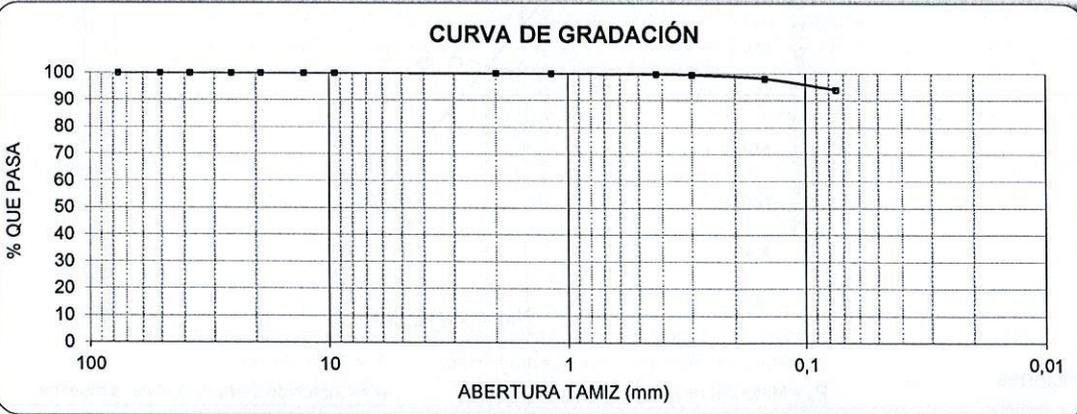
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:
Firma: 		
Nombre y Apellido: Karen Florez	Saturnino Rincón	Mercy Rivera
Cargo: Laboratorista	Coord. Operativo lab	Líder de calidad

Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo. Este informe no puede ser reproducido en su totalidad ni parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio de suelos y pavimentos de la UAERMV.

Laboratorio de suelos y pavimentos de la UAERMV
Sede de Producción Parque Minero Industrial El Mochuelo Kilometro 3 via Pasquilla localidad Ciudad Bolivar, Bogotá D.C. - Colombia
Tel: 3779555 Ext 1145 E- mail: p.laboratorio@umv.gov.co

		INFORME DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADOS FINOS INV E 133-13 Y DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ORGÁNICO DE UN SUELO MEDIANTE EL ENSAYO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN INV 121-13																														
		CÓDIGO:		VERSIÓN: 1,0																												
FECHA DE APLICACIÓN: SEPTIEMBRE DE 2013																																
Cliente:	SMVL	Fecha	2018-04-04																													
Localidad y/o barrio	KENNEDY	Código	AP-20-04-67																													
Dirección y/o ubicación	CARRERA 72 C CON CALLE 9 Y CALLE 10	CIV	50008346																													
Apique:	1	Muestra:	1	Profundidad (m)	0,09 A 0,46																											
Descripción:	ARENA LIMOSA CON ALGO DE GRAVA DE COLOR AMARILLO CON SOBRETAMAÑOS MAYOR A 3", HUMEDAD BAJA.																															
Condiciones ambientales:	Temperatura °C:	20	Humedad relativa %:	60																												
Equipos:	Equipo de E. Arena	1	Cronómetro	1																												
	Termómetro	1	Horno No.	1																												
Procedimiento utilizado para preparar el material:		B	Método de Agitación empleado: Mécanico																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">EQUIVALENTE DE ARENA</th> </tr> <tr> <th>PROBETA</th> <th>No.</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura del ensayo (22 ± 3°C)</td> <td>°C</td> <td>22</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>Lectura de Arcilla</td> <td>(mm)</td> <td>351,0</td> <td>353,0</td> </tr> <tr> <td>Lectura de Arena</td> <td>(mm)</td> <td>46,0</td> <td>49,0</td> </tr> <tr> <td>Equivalente de Arena</td> <td>%</td> <td>14,0%</td> <td>14,0%</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">EQUIVALENTE DE ARENA</td> <td>14%</td> </tr> </tbody> </table>					EQUIVALENTE DE ARENA				PROBETA	No.	3	4	Temperatura del ensayo (22 ± 3°C)	°C	22	22	Lectura de Arcilla	(mm)	351,0	353,0	Lectura de Arena	(mm)	46,0	49,0	Equivalente de Arena	%	14,0%	14,0%	EQUIVALENTE DE ARENA			14%
EQUIVALENTE DE ARENA																																
PROBETA	No.	3	4																													
Temperatura del ensayo (22 ± 3°C)	°C	22	22																													
Lectura de Arcilla	(mm)	351,0	353,0																													
Lectura de Arena	(mm)	46,0	49,0																													
Equivalente de Arena	%	14,0%	14,0%																													
EQUIVALENTE DE ARENA			14%																													
OBSERVACIONES: LA MUESTRA #1 NO PRESENTO MATERIA ORGANICA.																																
Elaboró:		Revisó:		Aprobó:																												
Firma:																																
Nombre y Apellido:	Karen Florez	Saturnino Rincón		Mercy Rivera																												
Cargo:	Laboratorista	Coord. Operativo lab		Líder de calidad																												
<p>Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo. Este informe no puede ser reproducido en su totalidad ni parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio de suelos y pavimentos de la UAERMV.</p> <p style="text-align: center;">Laboratorio de suelos y pavimentos de la UAERMV Sede de Producción Parque Minero Industrial El Mochuelo Kilómetro 3 vía Pasquilla localidad Ciudad Bolívar, Bogotá D.C. - Colombia Tel: 3779555 Ext 1145 E-mail: p.laboratorio@umv.gov.co</p>																																

		INFORME DE ENSAYO																																																		
		DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO (METODO A), LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS INV E 125/126-13																																																		
CÓDIGO:		VERSIÓN:																																																		
FECHA DE APLICACIÓN:																																																				
Cliente:	SMVL	Fecha:	2018-04-04																																																	
CIV	50008346	Código:	AP-20-04-67																																																	
Localidad y/o Barrio:	KENNEDY																																																			
Dirección y/o Ubicación:	CARRERA 72 C CON CALLE 9 Y CALLE 10																																																			
Apique:	1	Muestra:	2																																																	
		Profundidad (m)	0,46 A 1,36																																																	
Descripción:	ARCILLA DE ALTA COMPRESIBILIDAD DE COLOR GRIS OSCURO CON BETAS DE OXIDACIÓN, HUMEDAD MEDIA.																																																			
Procedimiento para ensayo de límite plástico	Manual																																																			
Condiciones ambientales:	Temperatura °C:	20	Humedad relativa %:																																																	
			60																																																	
Equipos:	Cazuela No:	1	Balanza No:																																																	
		1	Horno No:																																																	
			1																																																	
			Serie tamiz No 10 y 40:																																																	
			A																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="3">Límite líquido</th> <th colspan="2">Límite plástico</th> <th>% Humedad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Golpes</td> <td>35</td> <td>28</td> <td>18</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Recipiente No.</td> <td>39</td> <td>0</td> <td>26</td> <td>77</td> <td>84</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>P₁ (g)</td> <td>37,41</td> <td>40,09</td> <td>44,37</td> <td>15,98</td> <td>17,54</td> <td>306,70</td> </tr> <tr> <td>P₂ (g)</td> <td>26,68</td> <td>28,85</td> <td>31,28</td> <td>14,98</td> <td>16,59</td> <td>252,10</td> </tr> <tr> <td>P₃ (g)</td> <td>9,37</td> <td>11,48</td> <td>11,56</td> <td>9,69</td> <td>11,54</td> <td>30,60</td> </tr> <tr> <td>w (%)</td> <td>62,0</td> <td>64,7</td> <td>66,4</td> <td>18,9</td> <td>18,8</td> <td>24,7</td> </tr> </tbody> </table>					Límite líquido			Límite plástico		% Humedad	Golpes	35	28	18	-	-	-	Recipiente No.	39	0	26	77	84	12	P ₁ (g)	37,41	40,09	44,37	15,98	17,54	306,70	P ₂ (g)	26,68	28,85	31,28	14,98	16,59	252,10	P ₃ (g)	9,37	11,48	11,56	9,69	11,54	30,60	w (%)	62,0	64,7	66,4	18,9	18,8	24,7
	Límite líquido			Límite plástico		% Humedad																																														
Golpes	35	28	18	-	-	-																																														
Recipiente No.	39	0	26	77	84	12																																														
P ₁ (g)	37,41	40,09	44,37	15,98	17,54	306,70																																														
P ₂ (g)	26,68	28,85	31,28	14,98	16,59	252,10																																														
P ₃ (g)	9,37	11,48	11,56	9,69	11,54	30,60																																														
w (%)	62,0	64,7	66,4	18,9	18,8	24,7																																														
LÍMITE LÍQUIDO	65	%	CLASIFICACIÓN U.S.C.S PASA T-40			CH																																														
LÍMITE PLÁSTICO	19	%	ÍNDICE DE LIQUEDEZ			0,123																																														
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	46	%	ÍNDICE DE CONSISTENCIA			0,868																																														
<p align="center">CONTENIDO DE HÚMEDAD Vs NÚMERO DE GOLPES</p> 																																																				
<p>Convenciones</p> <p>P₁ = Masa del recipiente mas muestra húmeda P₃ = Masa del recipiente</p> <p>P₂ = Masa del recipiente mas muestra seca w = Contenido de humedad de la muestra</p>																																																				
<p>OBSERVACIONES: Tal como estipula la norma este método se debe aplicar sobre la porción de suelo que pasa el tamiz # 40, por este motivo se debe considerar la contribución relativa de esta fracción de suelo a las propiedades de la muestra como conjunto.</p>																																																				
Elaboró:		Revisó:		Aprobó:																																																
 Karen Florez Laboratorista		 Saturnino Rincón Coord. Operativo lab		 Mercy Rivera Líder de calidad																																																
<p>Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo. Este informe no puede ser reproducido en su totalidad ni parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio de suelos y pavimentos de la UAERMV.</p>																																																				
<p align="center">Laboratorio de suelos y pavimentos de la UAERMV Sede de Producción Parque Minero Industrial El Mochuelo Kilometro 3 vía Pasquilla Localidad Ciudad Bolívar, Bogotá D.C. - Colombia Tel: 3779555 Ext 1145 E- mail: p.laboratorio@umv.gov.co</p>																																																				

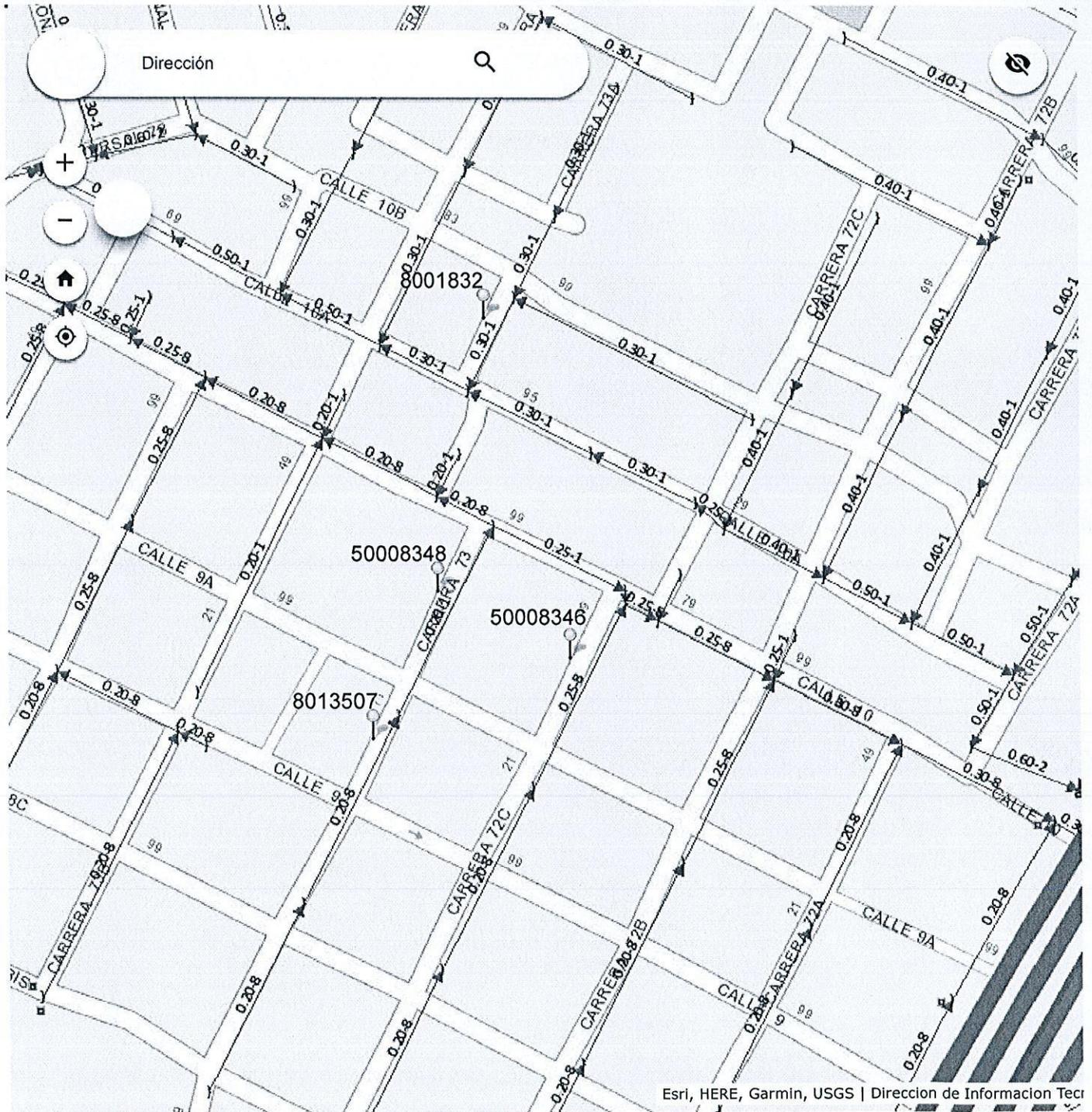
 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD Unidad de Mantenimiento Vial		INFORME DE ENSAYO DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS INV E 123-13 Y DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO - AGREGADO INV E 122-13																							
CÓDIGO:		VERSIÓN: 1,0																							
FECHA DE APLICACIÓN: SEPTIEMBRE DE 2013																									
Cliente:	SMVL	Fecha:	2018-04-04																						
Localidad y/o barrio:	KENNEDY	Código:	AP-20-04-67																						
Dirección y/o Ubicación:	CARRERA 72 C CON CALLE 9 Y CALLE 10	CIV	50008346																						
Apique:	1	Muestra:	2																						
		Profundidad (m):	0,46 A 1,36																						
Descripción:	ARCILLA DE ALTA COMPRESIBILIDAD DE COLOR GRIS OSCURO CON BETAS DE OXIDACIÓN, HUMEDAD MEDIA.																								
Condiciones ambientales:	Temperatura °C:	20	Humedad relativa %:																						
			60																						
Equipos:	Serie tamiz No	A	Balanza No:																						
			1																						
	Horno No:	1																							
A: Masa total de la muestra seca inicial (g)		221,5																							
B: Masa muestra lavado sobre tamiz 200 (g) y seca		14,2																							
TAMIZ	PESO RETENIDO (g)	PESO RETENIDO CORREGIDO (g)	% RETENIDO	%PASA																					
-	-	-	0	100,0																					
3"	0,0	0,0	0,0	100,0																					
2"	0,0	0,0	0,0	100,0																					
1 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0																					
1"	0,0	0,0	0,0	100,0																					
3/4"	0,0	0,0	0,0	100,0																					
1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0																					
3/8"	0,0	0,0	0,0	100,0																					
N 4	0,0	0,0	0,0	100,0																					
N10	0,1	0,1	0,0	100,0																					
N16	0,1	0,1	0,0	99,9																					
N40	0,5	0,5	0,2	99,7																					
N50	0,4	0,4	0,2	99,5																					
N100	3,2	3,2	1,5	98,0																					
N200	9,1	9,2	4,1	93,9																					
FONDO	0,7	0,7	93,9	-																					
	14,1	14,2																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">% Humedad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Recipiente</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>P₁ (g)</td> <td>306,9</td> </tr> <tr> <td>P₂ (g)</td> <td>252,1</td> </tr> <tr> <td>P₃ (g)</td> <td>30,6</td> </tr> <tr> <td>Humedad (%)</td> <td>24,7%</td> </tr> </tbody> </table>					% Humedad		Recipiente	12	P ₁ (g)	306,9	P ₂ (g)	252,1	P ₃ (g)	30,6	Humedad (%)	24,7%									
% Humedad																									
Recipiente	12																								
P ₁ (g)	306,9																								
P ₂ (g)	252,1																								
P ₃ (g)	30,6																								
Humedad (%)	24,7%																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Clasificación de suelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grava (%)</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Arena (%)</td> <td>6,1</td> </tr> <tr> <td>Finos (%)</td> <td>93,9</td> </tr> <tr> <td>AASHTO</td> <td>A-7-6</td> </tr> <tr> <td>U.S.C.S</td> <td>CH</td> </tr> </tbody> </table>					Clasificación de suelo		Grava (%)	0,0	Arena (%)	6,1	Finos (%)	93,9	AASHTO	A-7-6	U.S.C.S	CH									
Clasificación de suelo																									
Grava (%)	0,0																								
Arena (%)	6,1																								
Finos (%)	93,9																								
AASHTO	A-7-6																								
U.S.C.S	CH																								
<p align="center">CURVA DE GRADACIÓN</p>  <p align="center">ABERTURA TAMIZ (mm)</p>																									
Convenciones		P ₁ = Masa del recipiente mas muestra húmeda	P ₃ = Masa del recipiente																						
		P ₂ = Masa del recipiente mas muestra seca	w = Contenido de humedad de la muestra																						
OBSERVACIONES																									
<table border="0"> <tr> <td>Elaboró:</td> <td>Revisó:</td> <td>Aprobó:</td> </tr> <tr> <td><i>Karen Florez</i></td> <td><i>Saturnino Rincón</i></td> <td><i>Mercy Rivera F.</i></td> </tr> <tr> <td>Firma:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nombre y Apellido:</td> <td>Karen Florez</td> <td>Saturnino Rincón</td> </tr> <tr> <td>Cargo:</td> <td>Laboratorista</td> <td>Coord. Operativo lab</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Mercy Rivera</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Lider de calidad</td> </tr> </table>					Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	<i>Karen Florez</i>	<i>Saturnino Rincón</i>	<i>Mercy Rivera F.</i>	Firma:			Nombre y Apellido:	Karen Florez	Saturnino Rincón	Cargo:	Laboratorista	Coord. Operativo lab			Mercy Rivera			Lider de calidad
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:																							
<i>Karen Florez</i>	<i>Saturnino Rincón</i>	<i>Mercy Rivera F.</i>																							
Firma:																									
Nombre y Apellido:	Karen Florez	Saturnino Rincón																							
Cargo:	Laboratorista	Coord. Operativo lab																							
		Mercy Rivera																							
		Lider de calidad																							
<p align="center">Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo. Este informe no puede ser reproducido en su totalidad ni parcialmente, sin la autorización escrita del laboratorio de suelos y pavimentos de la UAERMV.</p> <p align="center">Laboratorio de suelos y pavimentos de la UAERMV</p> <p align="center">Sede de Producción Parque Minero Industrial El Mochuelo Kilometro 3 vía Pasquilla localidad Ciudad Bolívar, Bogotá D.C. - Colombia</p> <p align="center">Tel: 3779555 Ext 1145 E- mail: p.laboratorio@umv.gov.co</p>																									

ZONA	CIV	PK_ID	EJE VIAL	DESDE	HASTA	AC			AS			AP			Observaciones	Fecha			
						MATERIAL	φ	PROF. (m)	Localizacion	MATERIAL	φ	PROF. Min (m)	PROF. MEDIA (m)	Localizacion			MATERIAL	φ	PROF. Min (m)
5	50008346	151719	KR-72C	CL-9A	CL-10	PVC	3"	0.56	Anden	Gres	10"		1.3	Calzada	N/A			No cuenta con red Pluvial	25/05/2018

31/5/2018

Sistema de Información Geográfico EAB

AS



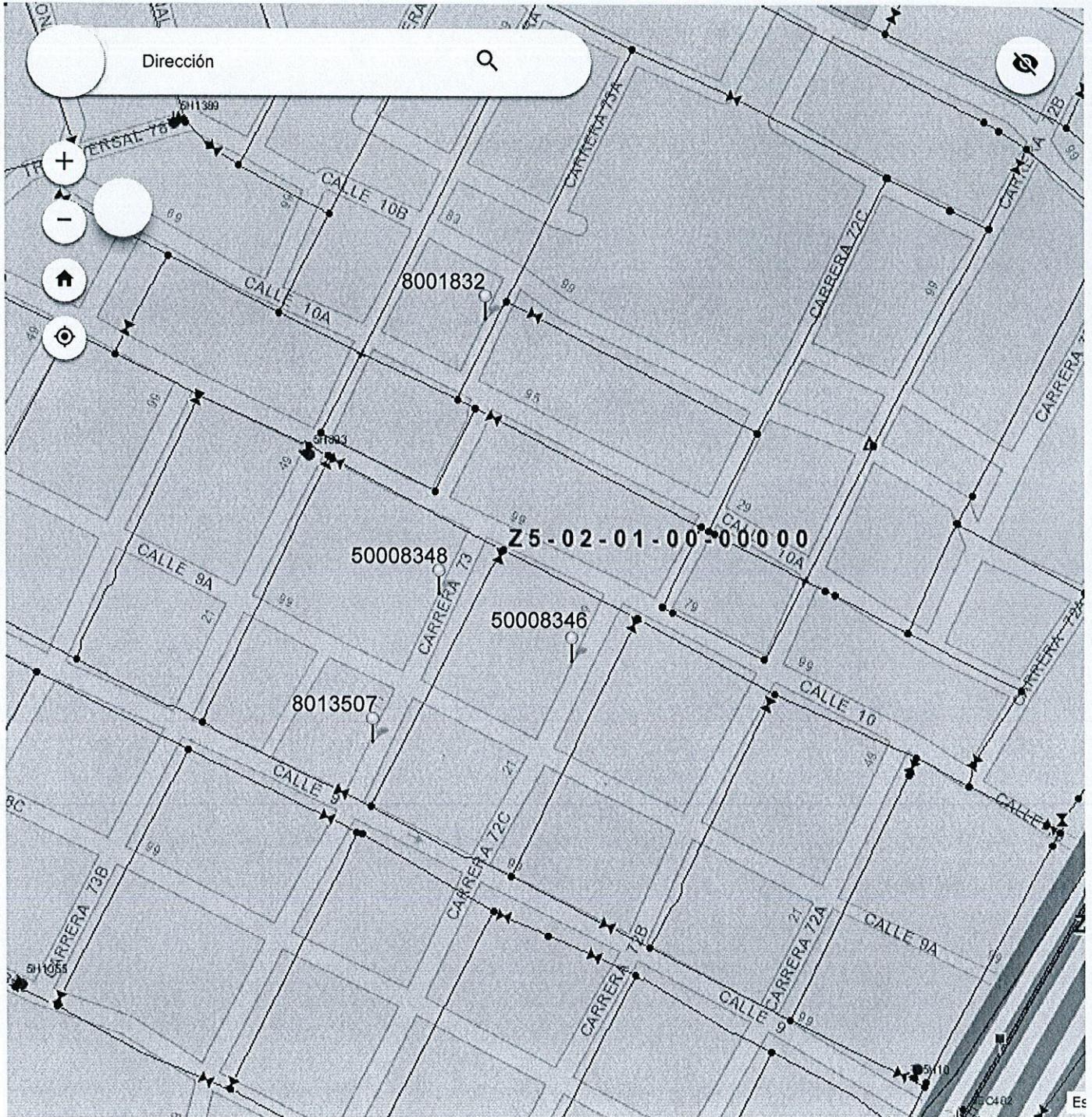
60m



31/5/2018

Sistema de Información Geográfico EAB

AC



60m



AT

31/5/2018

Sistema de Información Geográfico EAB

