PASANTÍA EN APLICACIÓN DE PROCESOS DE INERVENTORÍA TÉCNICA PARA LA REHABILITACIÓN, CONSTRUCCIÓN Y/O RECONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL DE LA LOCALIDAD DE KENNEDY

CINDY GERALDINE MALAGÓN AMÉZQUITA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD TECNOLÓGICA

TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES CIVILES

BOGOTÁ D.C.

2017

PASANTÍA EN APLICACIÓN DE PROCESOS DE INERVENTORÍA TÉCNICA PARA LA REHABILITACIÓN, CONSTRUCCIÓN Y/O RECONSTRUCCIÓN DE LA MALLA VIAL DE LA LOCALIDAD DE KENNEDY

CINDY GERALDINE MALAGÓN AMÉZQUITA

Código: 20122079114

Proyecto de grado en la modalidad de pasantía para optar por el título de tecnólogo en construcciones civiles.

Tutor

Ing. Carlos Gregorio Pastrán Beltrán

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD TECNOLÓGICA

TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES CIVILES

BOGOTÁ D.C.

2017

Nota de aceptación:

_____

_____

_____

_____

Firma del jurado

_____

Firman del jurado

Bogotá D.C. 19, Enero, 2017

DEDICATORIA

Le doy gracias a mi familia quienes acompañaron mi proceso de formación, me brindaron su apoyo desde el inicio para poder hoy estar más cerca de cumplir un gran sueño, quienes me enseñaron que con esfuerzo, dedicación y perseverancia cualquier meta se puede cumplir, a mis papás por darme la vida y creer siempre en mí y en especial a mi hija quien ha sido la mayor motivación, por quien hoy estoy donde estoy y por quien a pesar de las caídas sigo manteniéndome de pie para cumplir junto a ella muchos más sueños.

AGRADECIMIENTO

Agradezco inicialmente a mi tutor el Ingeniero Carlos Pastrán Beltrán, quien me brindó su apoyo durante el proceso de pasantías.

A todos los profesionales, docentes de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, quienes contribuyeron en mi formación académica.

A todos los profesionales del grupo de interventoría del IDEXUD quienes acompañaron el desarrollo de la pasantía.

CONTENIDO

Pág.
1. INTRODUCCIÓN 10
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 11
3. JUSTIFICACIÓN 12
4. OBJETIVOS 13
4.1 OBJETIVO GENERAL 13
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 13
5. MARCO TEÓRICO 14
5.1 MARCO CONCEPTUAL 15
6. CONDICIONES DEL SUELO ENCONTRADO EN EL ÁREA INTERVENIDA 20
6.1 LOCALIZACIÓN DE TRAMO VIAL INTERVENIDO 21
6.2 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO 22
6.2.1 Apique 39 22
6.2.2 Apique 40 31
6.2.3 Apique 41 38
6.3 RESULTADOS COMPORTAMIENTO MECÁNICO 45
6.4 ESTUDIO DE TRÀNSITO 49
7. TIPOS DE MEJORAMIENTO QUE SE PUEDEN APLICAR A LA SUB-RASANTE ... 52
7.1 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON MATERIAL RAJÓN 52
7.2 MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE CON MATERIALES ALTERNATIVOS 53
7.2.1 Tratamiento con cemento 54
7.2.2 Tratamiento con cemento + cal 55
7.2.3 Tratamiento con aceites sulfonados 56
7.2.4 Utilización de geosintéticos 56
8. PROCESO DE MEJORAMIENTO REALIZADO A TRAMO VIAL REHABILITADO 58
8.1 PROCESO CONSTRUCTIVO CAPA DE MEJORAMIENTO 60
12. APORTE DEL PASANTE 62
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 63
14. BIBLIOGRAFÍA 64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema constrictivo de la primera carretera en la historia

Figura 2. Mapa de zonificación geotécnica de Bogotá

Figura 3. Localización de CIV

Figura 4 .Curva de flujo límite líquido apique 39

Figura 5. Carta de plasticidad evaluada en apique 39

Figura 6. Clasificación AASHTO de los suelos según los parámetros asociados a las propiedades intrínsecas apique 39- en rojo.

Figura 7. Clasificación de los suelos apique 39 según la metodología AASHTO

Figura 8. Curva de flujo límite líquido apique 40

Figura 9. Carta de plasticidad evaluada en apique 40

Figura 10. Clasificación AASHTO de los suelos según los parámetros asociados a las propiedades intrínsecas apique 40- en rojo.

Figura 11.Curva de flujo límite líquido apique 41

Figura 12. Carta de plasticidad evaluada en apique 41

Figura 13. Clasificación de los suelos apique 41 según la metodología AASHTO

Figura 14. Comparación CBR

Figura 15. Comparación límite líquido

Figura 16. Comparación límite plástico

Figura 17. Comparación índice plasticidad

Figura 18. Comparación humedad natural

Figura 19. Estructura inicial

Figura 20. Estructura rehabilitada

Figura 21 .Excavación en tramo vial

Figura 22. Extendido de geomalla biaxial a lo largo del tramo vial

Figura 23. Extendido de geomalla y capa de rajón más sello en tramo vial intervenido

Figura 24. Puesta de sello de capa de mejoramiento

Figura 25. Resultados apique 39

Figura 26. Resultados apique 40

Figura 27. Resultados apique 41

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Segmento vial intervenido

Tabla 2. Número mínimo de sondeos para proyectos viales

Tabla 3. Localización de apiques

Tabla 4. Granulometría apique 39.

Tabla 5. Clasificación de material encontrado en apique 39

Tabla 6. Resultados límite líquido apique 39

Tabla 7. Resultados límite plástico apique 39.

Tabla 8. Clasificación de los suelos apique 39 según la metodología AASHTO

Tabla 9. Clasificación de los suelos de subrasante apique 39.

Tabla 10. Granulometría apique 40

Tabla 11. Clasificación de material encontrado en apique 40

Tabla 12. Resultados límite líquido apique 40.

Tabla 13. Resultados límite plástico apique 40.

Tabla 14. Clasificación de los suelos apique 40 según la metodología AASHTO

Tabla 15. Clasificación de los suelos de subrasante apique 40.

Tabla 16. Granulometría apique 41

Tabla 17. Clasificación de material encontrado en apique 41

Tabla 18. Resultados límite líquido apique 41.

Tabla 19. Resultados límite plástico apique 41.

Tabla 20. Clasificación de los suelos de subrasante apique 41.

Tabla 21. Resultados ensayos de clasificación de la subrasante

Tabla 22. Tránsito asignado (TPD)

Tabla 23. Proyección de TPD

Tabla 24. Tipo de maquinaría en función del tipo de suelo

Tabla 25.Recomendaciones para la utilización de material de subrsante

Tabla 26. Capacidad portante equivalente con material rajón

Tabla 26. Capacidad portante equivalente con material rajón

Tabla 28. Requisitos del agua para el mejoramiento de la subrasante con cemento

Tabla 29. Características que debe cumplir el material in situ para estabilización con cal

Tabla 30. Requerimientos mínimos de las propiedades mecánicas del geotextil

Tabla 31. Requerimientos mínimos de las propiedades hidráulicas del geotextil

Tabla 32. Estructura reconstrucción del pavimento

Tabla 33. CBR conjunto.

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Aprobación de la pasantía por el consejo curricular

Anexo 2: Aprobación de la pasantía por parte del consejo curricular.

Anexo 3: Acta inicio de pasantía firma por tutor académico, tutor de la pasantía e Ingeniero residente asignado.

Anexo 4: Formato de horas de pasantía firmada por Ingeniero residente y tutor académico.

Anexo 5: Acta de finalización de pasantía firmada por tutor académico, tutor de pasantía e Ingeniero residente asignado.

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de pasantía realizado con el fin de establecer control de interventoría técnica para la ejecución del proyecto y servicios prestados a la Unión Temporal Vías Kennedy 2016, brindó el proceso evaluativo de estudios técnicos de tramos correspondientes al sector de Patio Bonito, donde se hizo apreciación visual de los segmentos viales, definiendo su estado de rodadura y caracterización del perfil estratigráfico. Dichas actividades definieron el estado superficial y estructural del pavimento lo cual permitió determinar la intervención conveniente a realizar en cada tramo.

La localidad de Kennedy, específicamente en la UPZ Patio Bonito fue donde se desarrolló el proyecto el cual buscaba además mejorar la accesibilidad y conectividad entre los sectores de la localidad, optimizar la calidad del aire y la salud de la comunidad del sector, creando un cambio social al mejorar la calidad de vida.

En el presente proyecto se muestra el proceso de mejoramiento de la subrasante, al verse necesario por el tipo de suelo encontrado, identificando los materiales utilizados para dicho fin, cómo estos mejoran la capacidad portante del suelo y cómo se aplicó en la intervención vial realizada en Patio Bonito.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Bajo los estudios realizados en los tramos intervenidos en la UPZ Patio Bonito y con la exploración del subsuelo realizada por parte de la unión temporal, se evidenció un tipo de suelo con presencia de material de relleno contaminado con escombros de construcción, limos y arenas arcillosas, determinando así un CBR de diseño para el tramo en estudio de 1.06%.

¿Es necesario entonces aplicar un procedimiento de mejoramiento al suelo que permita y brinde optimizar la capacidad portante de la sub-rasante siendo ésta la fundación para la estructura de pavimento, según el tipo de suelo encontrado?

3. JUSTIFICACIÓN

Con el fin de optimizar la capacidad portante de la sub-rasante en el cual se realizaría la construcción del pavimento y dónde se encontró un tipo de suelo con evidente registro de material contaminado, se ve necesario implementar un proceso de mejoramiento que aumente dicha capacidad, garantizando así la obtención de una buena estructura que cumpla con la vida útil propuesta para el tipo de pavimento.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer el tipo de mejoramiento recomendado que se le debe aplicar a la sub-rasante del tramo intervenido para aumentar la capacidad portante del suelo.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las condiciones del suelo encontrado en el área intervenida.
- Detallar los tipos de mejoramiento que se le pueden realizar a la sub-rasante.
- Describir el proceso de mejoramiento realizado al tramo vial rehabilitado.

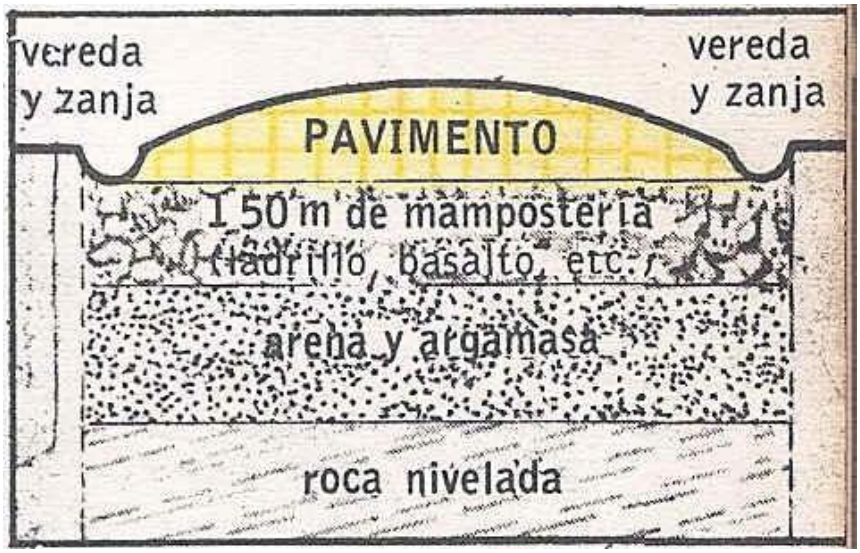
5. MARCO TEÓRICO

Históricamente y para los años 427 a.C. los romanos ya establecían tipos de caminos los cuales permitían ir desde Roma a ciudades cercanas; evidenciando más adelante la necesidad de mejorar éste medio de comunicación haciendo que para la época las tropas encaminadas a batallas se pudiesen dirigir de forma más rápida al destino, además de lograr una mayor expansión. Fue entonces dónde se pensó y se dio marcha a un tipo de carretera empedrada que además permitía una más rápida y fácil circulación de mercancía y transferencia de tropas.

La vía Apia la primera creada para el 312 a.C. que contaba ya con un tipo de pavimentación en piedra en algunos sectores y otros rellenos de arena y grava extraídas de canteras.

EL diseño típico establecía una primera capa de suelo nivelado y apisonado, seguido de una capa de piedras de tamaño de un puño, una capa de piedra de cantera, piezas de mampostería, bloques de basalto como pavimento.

Figura 1. Sistema constructivo de la primera carretera en la historia



Fuente: Historia y biografías-Calzadas romanas técnicas de construcción víal en roma antigua.

Para la época la base de cimentación en la cual reposaba la estructura y a su vez protegía la construcción contra la humedad era una plataforma radier en su mayoría de grandes piedras denominadas en la arqueología francesa ¨Herisson¨,

la cual creaba una capa sólida y resistente que hoy día se podría identificar con la piedra rajón usada para el mejoramiento de la subrasante.

En Colombia, mucho después de la llegada del primer automóvil en 1899 bajo la creación del ministerio de obras públicas se dio la clasificación de las vías en nacionales, departamentales y municipales siendo la primera carretera construida la carretera Central del Norte la cual comunicaba Bogotá con Santa Rosa de Viterbo (Boyacá).

5.1 MARCO CONCEPTUAL

La subrasante constituye el soporte de las capas de pavimento, es por ello que se busca que los materiales que se disponen sobre ella se adapten en espesor y resistencia en toda la superficie, evitando así fallas en el pavimento.

Se pueden presentar dos casos, uno en el que la subrasante está conformada solo por la superficie de terreno, y otro en el que se encuentra material de baja calidad en ésta y por ende se ve necesario realizar un mejoramiento que logre obtener la subrasante adecuada.

¨La caracterización del suelo natural donde se desarrollan los proyectos viales es la variable más importante en la geotecnia vial, puesto que la resistencia de este suelo de soporte condiciona el dimensionamiento de la estructura, cuyo fin es el de disipar los esfuerzos inducidos por las cargas del tránsito¨[1].

Ésta está conformada por suelo sin ningún tipo de tratamiento y sirve como cimiento a la estructura de pavimento; inicialmente se validaban propiedades ingenieriles tales como la clasificación de los suelos, plasticidad, resistencia al corte, susceptibilidad a las heladas y drenaje, luego el enfoque se estableció en las propiedades de la subrasante ideando así ensayos que lograban representar y

[1]Guía diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías locales para Bogotá D.C., aspectos geotécnicos.

dar mayor idea de lo que sucedía exponiéndose a tensiones y deformaciones.

Se podría validar las propiedades de los suelos siendo físicas, en la elección de materiales, especificaciones constructivas y control de calidad (propiedades intrínsecas de los materiales), y propiedades ingenieriles basadas en ensayos dónde se identifica el módulo resilente, la capacidad portante del suelo y el módulo de reacción de la subrasante (estado hídrico).

¨El mejoramiento de la capacidad portante de la capa de subrasante se propone con materiales no tratados, materiales mejorados o tratados con estabilizantes y/o ligantes, o cualquier otro material y/o método que garantice la funcionalidad de la estructura a largo plazo¨[2].

Con ayuda de los ensayos de laboratorio aplicados, y la guía de diseño de pavimentos del IDU establecen dentro de la clasificación dada por los ensayos el no incluir suelos con contenidos orgánicos superiores al 3%.

5.2 MARCO REFERENCIAL

Para el proyecto aplicado de la rehabilitación vial en Patio Bonito, se siguió lo establecido principalmente en la Guía de diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías locales para Bogotá D.C. dónde se señalan los pasos a seguir en la construcción de pavimentos identificando los procesos de ejecución y como establecer sus dimensiones basados en las características de la subrasante encontrada.

Enfocando en el mejoramiento de la subrasante, el cual es el fin evaluativo del proyecto aquí descrito, se identifican parámetros asociados a la naturaleza del material (características intrínsecas) encontrados así[3]:

- Humedad natural wn (INV E–122–07): este ensayo permite determinar en laboratorio el contenido de agua (humedad) de los materiales del suelo, roca y mezclas de suelo-agregado por peso.
- Granulometría (INV E–123–07): este ensayo permite determinar la dimensión máxima de las partículas contenidas en el suelo y su porcentaje en relación con el peso total de la muestra. Además, este parámetro es determinante para definir la factibilidad de excavación y, especialmente,

[2-3] Guía diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías locales para Bogotá D.C., aspectos geotécnicos.

para evaluar el espesor de capas básicas de compactación y las condiciones de mezcla eventual con un ligante.

- El límite líquido LL (INV E–125–07): es un parámetro que determina el mayor contenido de agua que puede tener un suelo sin pasar de estado plástico a líquido.

- El límite plástico LP (INV E–126–07): es un parámetro que determina el contenido más bajo de agua en un suelo, para el cual puede ser deformado rápidamente o moldeado sin recuperación elástica, cambio de volumen agrietamiento o desmoronamiento.

- El Índice de Plasticidad IP (INV E–126–07): es el parámetro que indica el rango de humedades en el que un suelo tiene comportamiento plástico. Es la diferencia numérica entre los Límites de Atterberg: límite líquido y límite plástico.
- El valor de Azul de Metileno AM (INV E–235–07): es uno de los parámetros que permiten determinar la cantidad de material potencialmente dañino (incluyendo arcilla y material orgánico) en una fracción de suelo. Este representa la cantidad de azul de metileno que puede ser absorbido por las superficies externas e internas de las partículas del suelo, valor que está relacionado con la superficie específica del suelo. Considerando que este valor es proporcional a la superficie de las partículas contenidas en la fracción arcillosa de un suelo (≤ 2 µm), se puede pensar que el valor de azul de metileno AM expresa globalmente la cantidad y la calidad (o actividad) de la arcilla contenida en el suelo.

Para determinar el estado hídrico de la subrasante se usa el Índice de consistencia Ic, el cual evalúa la humedad natural respecto a los límites de Atterberg y que nos da una clasificación de estado muy húmedo (mh), estado húmedo (h), estado de humedad medio (m), estado seco (s) y estado muy seco (ms).

Bajo la clasificación AASHTO se identifican los tipos de suelos de acuerdo a su clasificación asociadas al tamaño de partículas, plasticidad y contenido de arcillas si lo hay, para el tramo intervenido se evaluaron 3 apiques en los que se encontró materiales cómo limo arcilloso de color negro con vetas carmelitas (clasificación AASHTO A-4(9)), arena arcillosa de color amarillo (clasificación AASHTO A-2-4(0)), arcilla de color gris con vetas amarillas (clasificación AASHTO A-6(17)) y limo arcilloso de color negro con vetas cafés (clasificación AASHTO A-4(10)).

Bajo la clasificación USC para el limo arcilloso de color negro con vetas carmelitas ML(clasificación USC), para la arena arcillosa de color amarillo SC, para la arcilla de color gris con vetas amarillas CL y para el limo arcilloso de color negro con vetas cafés ML.

Se evalúan aspectos además de anchos de calzada y tránsito en las especificaciones técnicas generales de materiales y construcción, para proyectos de infraestructura vial y de espacio público, para Bogotá D.C.(2011) IDU ET-2011, sección 107 (tabla 1.1) dónde se evalúan las categorías de tránsito y que para el proyecto se considera tipo T0 Y T1 dónde según esta el número de vehículos que pasan por día es menor a 50,adicional se identifica para una malla vial local, secciones viales tipo V-7, V-8 Y V-9 evaluadas en el POT.

Bajo el criterio de la guía para diseño de pavimentos del IDU, se establecen ensayos para determinar el comportamiento mecánico de los materiales encontrado en la subrasante[4]:

- **CBR**(INV E–148–07): este ensayo permite la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado Relación de Soporte de California, conocido debido a su origen como CBR (California Bearing Ratio).

- Módulo Resiliente **(MR)** (INV E–156–07): este ensayo presenta la determinación del módulo elásticodinámico o de resiliencia de los suelos. Tiene en cuenta la naturaleza cíclica de las cargas que actúan en los materiales que conforman una estructura de pavimento, así como el comportamiento no lineal y resiliente de los materiales.

- Penetrómetro Dinámico de Cono **(PDC)** (INV E–172–07): este ensayo permite establecer la medida de la tasa de penetración en un suelo inalterado o alterado usando el penetrómetro dinámico de cono. Estos valores son correlacionados con valores de resistencia in situ.

- Ensayo de placa con carga estática **(K)** (INV E–168–07): este ensayo determina el Módulo de Reacción (K) sobre suelos de subrasante y capas de estructuras de pavimentos ante cargas estáticas , bien sea en condición compacta o en estado natural. Suministra los datos para emplear en la evaluación y diseño de los pavimentos, de los tipos rígido y flexible, para carreteras y aeropuertos.

[4] Guía diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías locales para Bogotá D.C., aspectos geotécnicos.

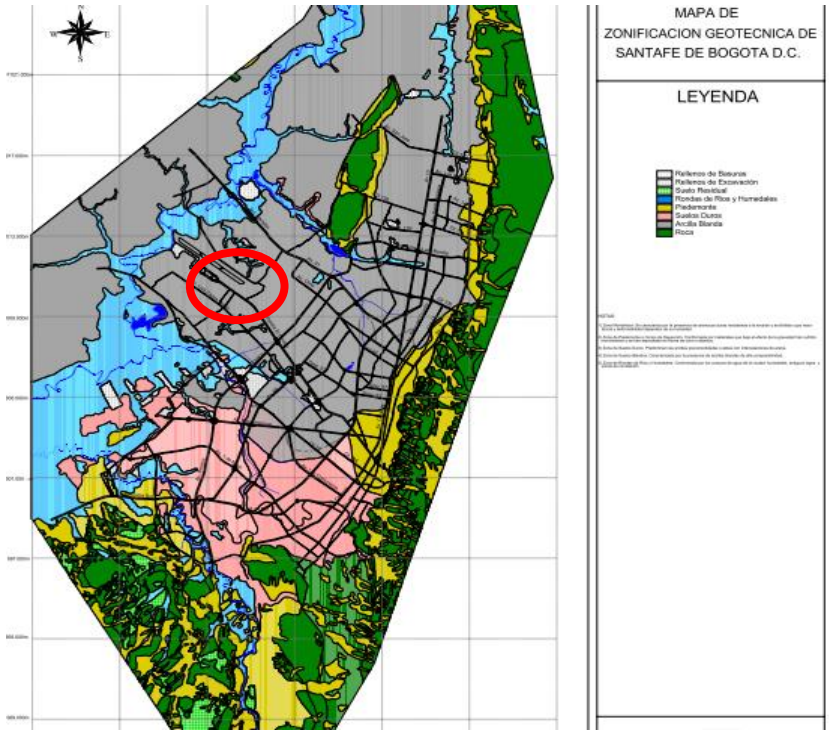
- Ensayo de deflectómetro de impacto **(FWD)** (INV E–797–07, INV E–798–07): consiste en la aplicación de una carga vertical dinámica (pulso) sobre la estructura, permitiendo determinar la respuesta mecánica del conjunto de capas que conforman la estructura de pavimento (rigidez de los materiales).

6. CONDICIONES DEL SUELO ENCONTRADO EN EL ÁREA INTERVENIDA

Kennedy es la localidad número 8 de la ciudad, una de las más pobladas del distrito, está ubicada en el sur occidente de la sabana de Bogotá; en total la localidad es de 3859 hectáreas de las cuales 253 están clasificadas como suelo de expansión urbana[5].

En la localidad de Kennedy se establecen doce UPZ: Kennedy central, Timiza, Carvajal, Américas, Bavaria, Castilla, Tintal Norte, Calandaima, Corabastos, Gran Britalia, Las Margaritas y Patio Bonito, siendo este último el lugar donde se encuentra el tramo intervenido.

Figura 2. Mapa de zonificación geotécnica de Bogotá



Fuente: Red sismológica Nacional de Colombia –Mapa de zonificación geotécnica.

[5] Secretaria Distrital de Planeación. Cartilla UPZ 82 Patio Bonito, Capitulo 2

Teniendo en cuenta el anterior mapa de zonificación geotécnica de Bogotá, logramos identificar para la localidad de Kennedy el predominio de arcilla blanda y rondas de ríos y humedales presentes.

6.1 LOCALIZACIÓN DE TRAMO VIAL INTERVENIDO

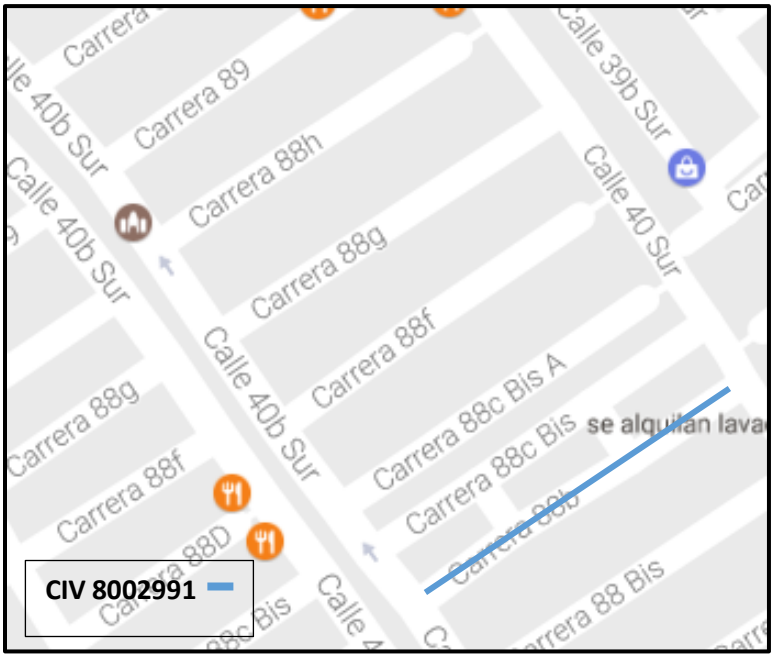
El tramo intervenido se encuentra ubicado en el barrio Villa Hermosa de la UPZ 82 Patio Bonito de la localidad de Kennedy.

Tabla 1. Segmento Vial intervenido

CIV	LONGITUD (m)	NOMENCLATURA	DESDE	HASTA
8002991	115	Carrera 88B	Calle 40 S	Calle 40 Bis S

Fuente: Propia.

Figura 3. Localización de CIV



Fuente: Google Maps.

6.2 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

Basados en lo establecido en la guía de diseño de pavimentos del IDU, se dispuso a realizar una exploración de campo con el fin de identificar las características del suelo en el que se iba a realizar el proceso constructivo para detectar posibles problemas geotécnicos que este tuviera; para ello, se optó como procedimiento exploratorio la toma de apiques, que teniendo en cuenta una longitud de tramo vial de 115 m y según la guía se debían realizar cómo mínimo uno (1), con profundidad entre 1.5 m y 2 m.

Para la exploración del tramo intervenido se decidió tomar tres (3) apiques de 1.5m de profundidad cada uno, para obtener así mayor cercanía y seguridad de las condiciones del suelo.

Tabla 2. Número mínimo de sondeos para proyectos viales

Longitud y/o segmento vial	Número mínimo de sondeos
100m-150m	1
>150m	1 por cada 100m adicionales

Fuente: Guía de diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito para Bogotá, Capítulo 3.

.

Tabla 3. Localización de apiques

APIQUE N°	PLACA N°
39	40-28
40	40-56
41	40a-18

Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

6.2.1 Apique 39

En el apique 39 entre los 0.00m y 0.79m de profundidad, se encontró material contaminado con material de construcción, entre los 0.79m y 1.5om se encontró un limo arcilloso de color negro con vetas carmelitas.

- La granulometría encontrada evidencia el gran contenido de material fino en la muestra de suelo en un 93,7% y un 6,3% de arenas, por identificarse un porcentaje pasa en el tamiz N° 200 superior a 50 se trata de un suelo fino.

Tabla 4. Granulometría apique 39.

Peso inicial (g): 723.4			
TAMIZ N°	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
3"	0	0	100
2"	0	0	100
1 1/2"	0	0	100
1"	0	0	100
3/4"	0	0	100
1/2"	0	0	100
3/8"	0	0	100
N°4	0	0	100
10	1	0,1	99,9
40	2,5	0,3	99,5
100	10	1,4	98,1
200	32	4,4	93,7
FONDO	677,9	93,7	0,0

Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

- Bajo las condiciones de los materiales encontrados se evalúan sus características intrínsecas por medio de ensayos de laboratorio de las muestras obteniendo los siguientes resultados de clasificación:

Tabla 5. Clasificación de material encontrado en apique 39

CLASIFICACIÓN AASHTO	CALSIFICACIÓN U.S.C.	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	HUMEDAD NATURAL
A-4 (9)	ML	33%	23.7%	16.9%

Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

- De acuerdo al ensayo de humedad natural (Wn) se obtuvo 16.9% de contenido de agua en los materiales encontrados en el área.

- Por medio de los límites de Atterberg se obtuvieron los siguientes resultados de límites, evaluando para límite líquido (LI) tres (3) muestras de 35, 25 y 15 golpes correspondientemente, obteniendo así un límite líquido de 33% siendo éste la cantidad de agua que tiene el suelo sin pasar de estado plástico a líquido.

Tabla 6. Resultados límite líquido apique 39.

N° GOLPES	N° LATA	PESO 1 (gr)	PESO 2 (gr)	PESO 3 (gr)	% HUMEDAD
35	10	49.23	41.81	18.28	31.53
25	25	49.89	41.26	14.88	32.71
15	11	47.15	38.17	11.83	34.09
LÍMITE LÍQUIDO					**33%**

Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

Este límite líquido se obtuvo por medio del contenido de humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con los 25 golpes. Con los contenidos de humedad obtenidos a los golpes establecidos donde la muestra de material se unió en el ensayo de Casagrande y con ayuda de la ecuación descrita a continuación, donde:

$peso\ 1\ (P1) = masa\ del\ ecipiente + muestra\ en\ estado\ húmedo$

$peso\ 2\ (P2) = masa\ del\ ecipiente + muestra\ en\ estado\ seco$

$peso\ 3\ (P3) = masa\ del\ ecipiente$

$W = \ Contenido\ de\ humedad$

$$W = \frac{P1 - P2}{P2 - P3} * 100$$

Se obtienen lar correspondientes humedades por golpe

- ✓ 35 Golpes

$$W = \frac{49{,}23 - 41{,}81}{41{,}81 - 18{,}28} * 100 = 31{,}53\%$$

- ✓ 25 Golpes

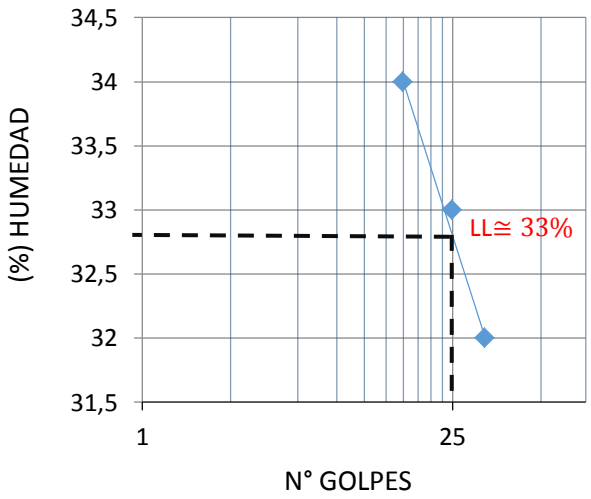
$$W = \frac{49{,}89 - 41{,}26}{41{,}26 - 14{,}88} * 100 = 32{,}71$$

- ✓ 15 Golpes

$$W = \frac{47{,}15 - 38{,}17}{38{,}17 - 11{,}83} * 100 = 34{,}09\%$$

A continuación se realiza la respectiva grafica de datos obtenido con el fin de identificar la curva de flujo que nos llevara a obtener el límite líquido del material

Figura 4 .Curva de flujo límite líquido apique 39



Fuente. Estudiante.

- ✓ El límite plástico (Lp) obtenido fue de 23.7 %, el cual determina el contenido más bajo de agua en el suelo encontrado, para el cual puede presentarse deformación. Este dato se obtuvo cuando se obtuvo la humedad más baja con la que pueden formarse cilindros con el material a estudiar de 3mm de diámetro, se pone a rodar en la mano y una superficie lisa, sin que dichos cilindros se desmoronen.

Tabla 7. Resultados límite plástico apique 39.

N° LATA	PESO 1 (gr)	PESO 2 (gr)	PESO 3 (gr)	% HUMEDAD
28	22.73	20.72	12.2	23.59
29	21.32	19.58	12.26	23.77
LÌMITE PLÀSTICO				**23.7%**

Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

De acuerdo a lo anterior, se tomaron dos muestras de rollitos y con la siguiente ecuación se halló el valor del límite líquido, dónde:

$P1 = Peso\ de\ la\ lata + material\ húmedo$

$P2 = Peso\ de\ la\ lata + material\ seco$

$P3 = Peso\ de\ la\ lata$

$LP = Límite\ de\ plasticidad$

$$LP = \frac{Masa\ de\ agua}{Masa\ del\ suelo\ seco\ al\ horno} * 100$$

$$y\ \ Masa\ de\ agua = P1 - P2\ , Masa\ del\ suelo\ seco\ al\ horno = P2 - P3$$

Se obtienen los correspondientes límites plásticos por muestra

- ✓ Lata 28

$$LP = \frac{22{,}73 - 20{,}72}{20{,}72 - 12{,}2} * 100 = 23{,}59\%$$

- ✓ Lata 29

$$LP = \frac{21{,}32 - 19{,}58}{19{,}58 - 12{,}26} * 100 = 23{,}77\%$$

- ✓ Límite plástico

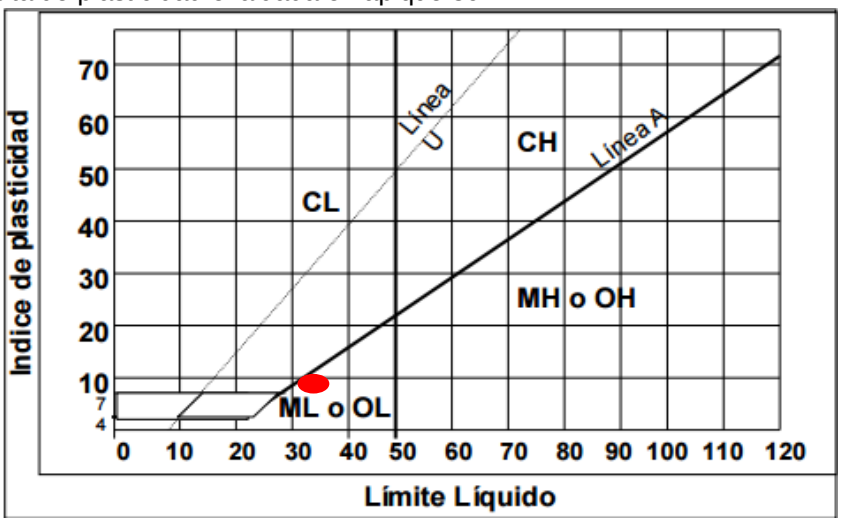
$$LP = \frac{23{,}59 - 23{,}77}{2} = 23{,}68 \cong 23{,}\%$$

- Se obtuvo un Índice de plasticidad IP haciendo la diferencia equivalente entre el límite líquido y el límite plástico, éste nos indica el rango de humedades en el que la muestra de suelo obtuvo un comportamiento plástico.

$$IP = Ll - Lp$$
$$IP = 33 - 23{,}7 = 9{,}3\%$$

- Por tratarse de un suelo fino, bajo el criterio de la cartilla de plasticidad de Casagrande del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos U.S.C.S. y con los datos encontrados del límite líquido y el índice de plasticidad, se obtiene la tipología del suelo (en rojo).

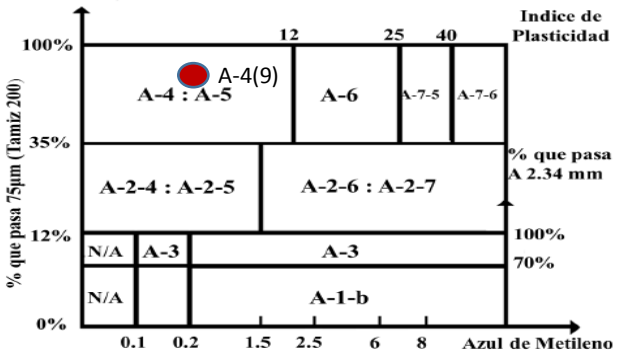
Figura 5. Carta de plasticidad evaluada en apique 39



Fuente: Mecánica de los suelos –Límite plástico-blogspot

- Bajo la clasificación AASHTO, según el porcentaje de material que pasa el tamiz 200 y el índice de plasticidad obtenido de 9,3 % se establece tipo A-4, para suelos limosos regular a pobre.

Figura 6. Clasificación AASHTO de los suelos según los parámetros asociados a las propiedades intrínsecas apique 39- en rojo.



Fuente: Guía de diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito para Bogotá, Capítulo 3.

Tabla 8. Clasificación de los suelos apique 39 según la metodología AASHTO

Clasificación general	Material limo- arcilloso (más del 35% del total pasa No.200)			
Grupo de clasificación	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 (a) A-7-6 (b)
Análisis de tamices (porcentaje que pasa)				
No. 10				
No. 40				
No. 200	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características de la fracción que pasa No. 40				
Limite liquido	40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Indice de plasticidad	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Tipos usuales de materiales que consta	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Valoración general del subgrupo	Regular a pobre			
(a) Para A-7-5, IP < LL - 30				
(b) Para A-7-6, IP > LL - 30				

PT200=93,7

LL=33%

IP=9,3%

Fuente: Principles of geotechnical engineering-Section 5.

- Bajo las condiciones de los materiales encontrados se evalúan sus características según su estado hídrico con el fin de evaluar el contenido de agua la subrasante in situ asociados a condiciones meteorológicas; para ello se utiliza el Índice de consistencia Ic :

$$Ic = \frac{Ll - Wn}{IP}$$

$$Ic = \frac{33 - 16{,}9}{9{,}3} = 1{,}73$$

En base a lo establecido en la guía, “El valor del Ic depende de la humedad natural del suelo. Así, cuanto mayor sea el valor del Ic para una arcilla dada, más cerca estará del estado líquido y más peligrosa será para cimentar. Para suelos blandos Ic =0 y para suelos rígidos Ic> 1”[6]. Lo que identifica según el Ic obtenido un tipo de suelo rìgido; adicional con base a las propiedades intrínsecas y su estado hídrico se presenta una clasificación adicional de la subrasante. Habiendo obtenido un Ip de 9,3% y un Ic de 1,73 % podemos identificar bajo la descripción de la tabla que se trata de una subrasante tipo **ms** la cual indica que el material se encuentra en estado muy seco y esto no permite la utilización del material.

[6] Guía diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías locales para Bogotá D.C., aspectos geotécnicos, estado hídrico.

Tabla 9. Clasificación de los suelos de subrasante apique 39.

CLASE	PARAMETRO ASOCIADO A LA NATURALEZA DEL SUELO	EQUIVALENTE AASHTO	PARAMETRO HÍDRICO	
	VALORES ASOCIADOS	CLASE	VALORES ASOCIADOS	SUB-CLASE
SUELOS FINOS	AM ≤ 2.5 o IP ≤ 12 Ip=9.3%	A-4; A-5	$I_c \leq 0.9$	mh
		A-4; A-5	$0.9 < I_c \leq 1.05$	h
		A-4; A-5	$1.05 < I_c \leq 1.2$	mh
		A-4; A-5	$1.2 < I_c \leq 1.4$	s
		A-4; A-5	$I_c > 1.3$ Ic=1.73%	ms
	2.5 < AM ≤ 6 o 12 < IP ≤ 25	A-6	$I_c \leq 0.9$	mh
		A-6	$0.9 < I_c \leq 1.05$	h
		A-6	$1.05 < I_c \leq 1.2$	mh
		A-6	$1.2 < I_c \leq 1.4$	s
		A-6	$I_c > 1.3$	ms
	6 < AM ≤ 8 o 25 < IP ≤ 40	A-7-5	$I_c \leq 0.8$	mh
		A-7-5	$0.8 < I_c \leq 1$	h
		A-7-5	$1 < I_c \leq 1.15$	mh
		A-7-5	$1.15 < I_c \leq 1.3$	s
		A-7-5	$I_c > 1.3$	ms

Fuente: Guía de diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito para Bogotá, Capítulo 3.

A pesar de presentar un estado muy seco, por su equivalencia en la AASHTO A-4, el estado hídrico no es representativo.

- Bajo las condiciones de los materiales encontrados se evalúa su comportamiento mecánico, el cual "…define como la respuesta (fractura y deformación) ante solicitaciones externas (cagas y el efecto de las variables climáticas)"[7].

[7] Guía diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías locales para Bogotá D.C., aspectos geotécnicos, comportamiento mecánico.

6.2.2 Apique 40

En el apique 40 entre los 0.00m y 0.87m de profundidad, se encontró material contaminado con material de construcción, entre los 0.87m y 1.05m se encontró una arena arcillosa de color amarillo y entre los 1.05m y 1.50m se encontró una arcilla de color gris con vetas amarillas.

- ✓ La granulometría encontrada evidencia el gran contenido de material fino en la muestra de suelo en un 97,4% y un 2,5% de arenas.

Tabla 10. Granulometría apique 40

Peso inicial (g): 488			
TAMIZ N°	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
3"	0	0	100
2 1/2"	0	0	100
2"	0	0	100
1 1/2"	0	0	100
1"	0	0	100
3/4"	0	0	100
1/2"	0	0	100
3/8"	0	0	100
N°4	0,5	0,1	99,9
10	0,5	0,1	99,8
40	0,5	0,1	99,7
100	2,5	0,5	99,2
200	8,5	1,7	97,4
FONDO	475,5	97,4	0,0

Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

Bajo la clasificación AASHTO, según el porcentaje de material que pasa el tamiz 200 y el índice de plasticidad obtenido de 7,7 % se establece tipo A--4(0).

- Bajo las condiciones de los materiales encontrados se evalúan sus características intrínsecas por medio de ensayos de laboratorio de las muestras obteniendo los siguientes resultados de clasificación:

Tabla 11. Clasificación de material encontrado en apique 40

CLASIFICACIÓN AASHTO	CALSIFICACIÓN U.S.C.	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	HUMEDAD NATURAL
A--4	ML	24%	16.3%	6.3%

Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

- De acuerdo al ensayo de humedad natural (Wn) se obtuvo 6.3% de contenido de agua en los materiales encontrados en el área.

- Por medio de los límites de Atterberg se obtuvieron los siguientes resultados de límites, evaluando para límite líquido (Ll) tres (3) muestras de 35, 25 y 15 golpes correspondientemente, obteniendo así un límite líquido de 24% siendo éste la cantidad de agua que tiene el suelo sin pasar de estado plástico a líquido.

Tabla 12. Resultados límite líquido apique 40.

N° GOLPES	N° LATA	PESO 1 (gr)	PESO 2 (gr)	PESO 3 (gr)	% HUMEDAD
35	12	42.32	37.58	17.74	16.95
25	8	43.16	37.85	19.67	16.01
15	16	42.56	37.12	17.58	16.82
LÍMITE LÍQUIDO					**24%**

Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

Este límite líquido se obtuvo por medio del contenido de humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con los 25 golpes. Con los contenidos de humedad obtenidos a los golpes establecidos donde la muestra de material se unió en el ensayo de Casagrande y con ayuda de la ecuación descrita a continuación, donde:

$peso\ 1\ (P1) = masa\ del\ ecipiente + muestra\ en\ estado\ húmedo$

$peso\ 2\ (P2) = masa\ del\ ecipiente + muestra\ en\ estado\ seco$

$peso\ 3\ (P3) = masa\ del\ ecipiente$

$W = \ Contenido\ de\ humedad$

$$W = \frac{P1 - P2}{P2 - P3} * 100$$

Se obtienen las correspondientes humedades por golpe

- ✓ 35 Golpes

$$W = \frac{42{,}32 - 37{,}58}{37{,}58 - 16{,}95} * 100 = 22{,}98\%$$

- ✓ 25 Golpes

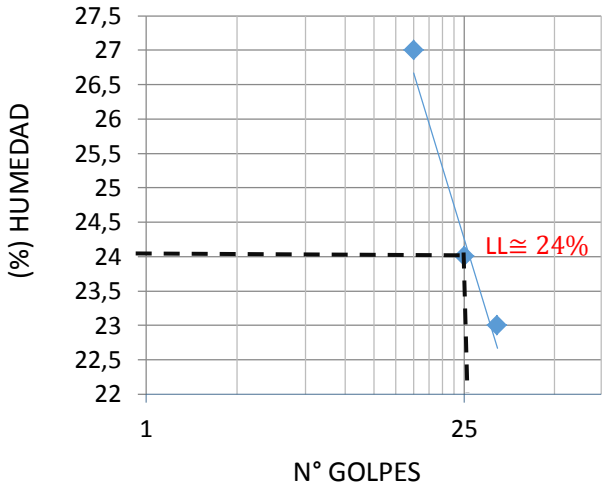
$$W = \frac{43{,}16 - 37{,}85}{37{,}85 - 16{,}01} * 100 = 24{,}31\%$$

- ✓ 15 Golpes

$$W = \frac{42{,}56 - 37{,}12}{37{,}12 - 16{,}82} * 100 = 26{,}80\%$$

A continuación se realiza la respectiva grafica de datos obtenido con el fin de identificar la curva de flujo que nos llevara a obtener el límite líquido del material

Figura 8. Curva de flujo límite líquido apique 40



Fuente. Estudiante.

- El límite plástico (Lp) obtenido fue de 16.3 %, el cual determina el contenido más bajo de agua en el suelo encontrado, para el cual puede presentarse deformación.

Tabla 13. Resultados límite plástico apique 40.

Nº LATA	PESO 1 (gr)	PESO 2 (gr)	PESO 3 (gr)	% HUMEDAD
8	21.63	20.11	10.64	16.05
45	22.15	20.49	10.4	16.45
LÌMITE PLÀSTICO				**16.3%**

Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

De acuerdo a lo anterior, se tomaron dos muestras de rollitos y con la siguiente ecuación se halló el valor del límite líquido, dónde:

$P1 = Peso\ de\ la\ lata + material\ húmedo$

$P2 = Peso\ de\ la\ lata + material\ seco$

$P3 = Peso\ de\ la\ lata$

$LP = Límite\ de\ plasticidad$

$$LP = \frac{Masa\ de\ agua}{Masa\ del\ suelo\ seco\ al\ horno} * 100$$

$$y\ \ Masa\ de\ agua = P1 - P2\ , Masa\ del\ suelo\ seco\ al\ horno = P2 - P3$$

Se obtienen los correspondientes límites plásticos por muestra

- ✓ Lata 8

$$LP = \frac{21{,}63 - 20{,}11}{20{,}11 - 10{,}64} * 100 = 16{,}05\%$$

✓ Lata 45

$$LP = \frac{2{,}15 - 20{,}49}{20{,}49 - 10{,}4} * 100 = 16{,}45\%$$

✓ Límite plástico

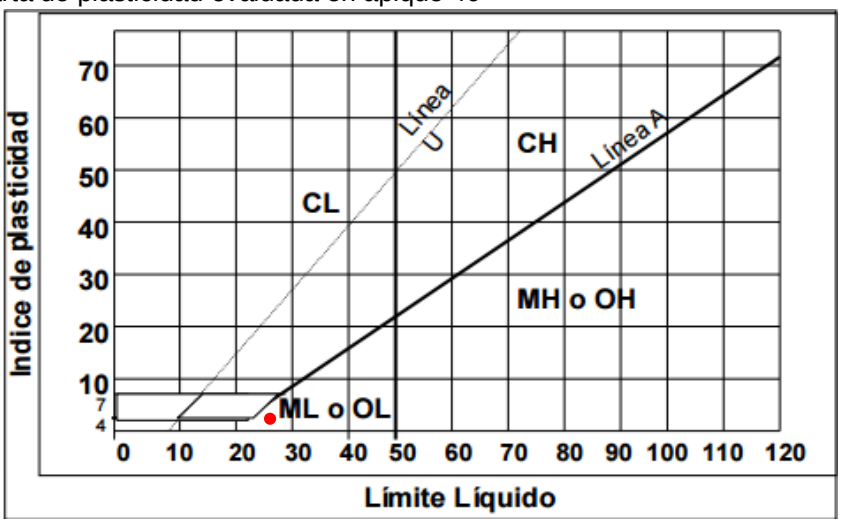
$$LP = \frac{16{,}05 + 16{,}45}{2} = 16{,}3$$

- Se obtuvo un Índice de plasticidad IP haciendo la diferencia equivalente entre el límite líquido y el límite plástico, éste nos indica el rango de humedades en el que la muestra de suelo obtuvo un comportamiento plástico.

$$IP = Ll - Lp$$
$$IP = 24 - 16{,}3 = 7{,}7\%$$

- Por tratarse de un suelo fino, bajo el criterio de la cartilla de plasticidad de Casagrande del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos U.S.C.S. y con los datos encontrados del límite líquido y el índice de plasticidad, se obtiene la tipología del suelo (en rojo).

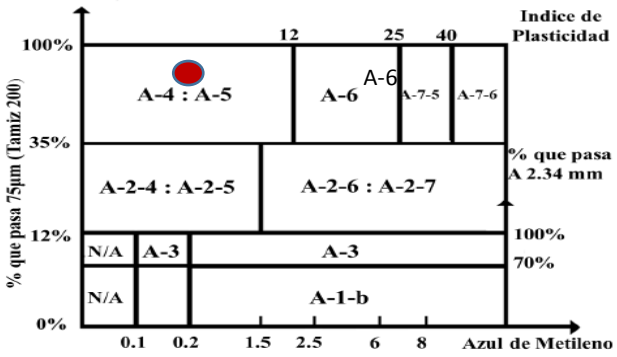
Figura 9. Carta de plasticidad evaluada en apique 40



Fuente: Mecánica de los suelos –Límite plástico-blogspot

- Bajo la clasificación AASHTO, según el porcentaje de material que pasa el tamiz 200 y el índice de plasticidad obtenido de 16,5 % se establece tipo A-4, para suelos limosos regular a pobre.

Figura 10. Clasificación AASHTO de los suelos según los parámetros asociados a las propiedades intrínsecas apique 40- en rojo.



Fuente: Guía de diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito para Bogotá, Capítulo 3.

Tabla 14. Clasificación de los suelos apique 40 según la metodología AASHTO

Clasificación general	Material limo- arcilloso (más del 35% del total pasa No.200)			
Grupo de clasificación	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 (a) A-7-6 (b)
Análisis de tamices (porcentaje que pasa)				
No. 10				
No. 40				
No. 200	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características de la fracción que pasa No. 40				
Limite liquido	40 max.		41 min.	
Indice de plasticidad	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Tipos usuales de materiales que consta	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Valoración general del subgrupo	Regular a pobre			
(a) Para A-7-5, IP < LL - 30				
(b) Para A-7-6, IP > LL - 30				

PT200=29,3%

LL=24%

IP=7,7%

Fuente. Principles of geotechnical engineering-Section 5.

- Bajo las condiciones de los materiales encontrados se evalúan sus características según su estado hídrico con el fin de evaluar el contenido de agua la subrasante in situ asociados a condiciones meteorológicas; para ello se utiliza el Índice de consistencia Ic :

$$Ic = \frac{Ll - Wn}{IP}$$

$$Ic = \frac{24 - 6{,}3}{7{,}7} = 2{,}30$$

En base a lo establecido en la guía, "El valor del Ic depende de la humedad natural del suelo. Así, cuanto mayor sea el valor del Ic para una arcilla dada, más cerca estará del estado líquido y más peligrosa será para cimentar. Para suelos blandos Ic =0 y para suelos rígidos Ic> 1"[8]. Lo que identifica según el Ic obtenido un tipo de suelo rígido; adicional con base a las propiedades intrínsecas y su estado hídrico se presenta una clasificación adicional de la subrasante. Habiendo obtenido un Ip de 7,7% y un Ic de 2,30 % podemos identificar bajo la descripción de la tabla que se trata de una subrasante tipo **ms** la cual indica que el material se encuentra en estado muy seco por ende no se permite la utilización del suelo.

Tabla 15. Clasificación de los suelos de subrasante apique 40.

CLASE	PARAMETRO ASOCIADO A LA NATURALEZA DEL SUELO	EQUIVALENTE AASHTO	PARAMETRO HÍDRICO	
	VALORES ASOCIADOS	CLASE	VALORES ASOCIADOS	SUB-CLASE
	AM ≤ 2.5 o IP ≤ 12	A–4; A–5	$I_c \leq 0.9$	mh
		A–4; A–5	$0.9 < I_c \leq 1.05$	h
		A–4; A–5	$1.05 < I_c \leq 1.2$	mh
		A–4; A–5	$1.2 < I_c \leq 1.4$	s
		A–4; A–5	Ic=2,30% $I_c > 1.3$	ms
	2.5 < AM ≤ 6 o 12 < IP ≤ 25	A–6	$I_c \leq 0.9$	mh
		A–6	$0.9 < I_c \leq 1.05$	h
		A–6	$1.05 < I_c \leq 1.2$	mh
		A–6	$1.2 < I_c \leq 1.4$	s

Fuente: Guía de diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito para Bogotá, Capítulo 3.

[8]Guía diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías locales para Bogotá D.C., aspectos geotécnicos, estado hídrico.

A pesar de presentar un estado muy húmedo, por su equivalencia en la AASHTO A-4, el estado hídrico no es representativo.

- Bajo las condiciones de los materiales encontrados se evalúa su comportamiento mecánico, el cual "…define como la respuesta (fractura y deformación) ante solicitaciones externas (cagas y el efecto de las variables climáticas)"[9].

6.2.3 Apique 41

En el apique 41 entre los 0.00m y 0.86m de profundidad se encontró material contaminado con material de construcción, entre los 0.86m y 1.50m se encontró un limo arcilloso de color negro con vetas cafés.

- ✓ La granulometría encontrada evidencia el gran contenido de material fino en la muestra de suelo en un 89,7% y un 9,8% de arenas por identificarse un porcentaje pasa en el tamiz N° 200 superior a 50 se trata de un suelo fino.

Tabla 16. Granulometría apique 41

Peso inicial (g): 774,1			
TAMIZ N°	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
3"	0	0	100
2 1/2"	0	0	100
2"	0	0	100
1 1/2"	0	0	100
1"	0	0	100
3/4"	0	0	100
1/2"	0	0	100
3/8"	0	0	100
N°4	4,5	0,6	99,4
10	2	0,3	99,2
40	3,5	0,5	98,7
100	36,5	4,7	94,0
200	33,5	4,3	89,7
FONDO	694,1	89,7	0,0

Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

[9] Guía diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías locales para Bogotá D.C., aspectos geotécnicos, comportamiento mecánico.

Bajo la clasificación AASHTO, según el porcentaje de material que pasa el tamiz 200 y el índice de plasticidad obtenido de 10,5 % se establece tipo A-4(10).

- Bajo las condiciones de los materiales encontrados se evalúan sus características intrínsecas por medio de ensayos de laboratorio de las muestras obteniendo los siguientes resultados de clasificación:

Tabla 17. Clasificación de material encontrado en apique 41

CLASIFICACIÓN AASHTO	CALSIFICACIÓN U.S.C.	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	HUMEDAD NATURAL
A-4(10)	ML	38%	28%	22%

Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

- De acuerdo al ensayo de humedad natural (Wn) se obtuvo 22% de contenido de agua en los materiales encontrados en el área.

- Por medio de los límites de Atterberg se obtuvieron los siguientes resultados de límites, evaluando para límite líquido (Ll) tres (3) muestras de 35, 24 y 14 golpes correspondientemente, obteniendo así un límite líquido de 38% siendo éste la cantidad de agua que tiene el suelo sin pasar de estado plástico a líquido.

Tabla 18. Resultados límite líquido apique 41.

N° GOLPES	N° LATA	PESO 1 (gr)	PESO 2 (gr)	PESO 3 (gr)	% HUMEDAD
35	26	34.97	30.55	18.49	36.65
24	14	38.35	32.7	17.68	37.62
14	67	36.41	30.86	16.64	39.03
LÍMITE LÍQUIDO					**38%**

Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

Este límite líquido se obtuvo por medio del contenido de humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con los 25 golpes. Con los contenidos de humedad obtenidos a los golpes establecidos donde la muestra de material se

unió en el ensayo de Casagrande y con ayuda de la ecuación descrita a continuación, donde:

$peso\ 1\ (P1) = masa\ del\ ecipiente + muestra\ en\ estado\ húmedo$

$peso\ 2\ (P2) = masa\ del\ ecipiente + muestra\ en\ estado\ seco$

$peso\ 3\ (P3) = masa\ del\ ecipiente$

$W = \ Contenido\ de\ humedad$

$$W = \frac{P1 - P2}{P2 - P3} * 100$$

Se obtienen lar correspondientes humedades por golpe

- ✓ 35 Golpes

$$W = \frac{34{,}97 - 30{,}55}{30{,}55 - 18{,}49} * 100 = 36{,}65\%$$

- ✓ 24 Golpes

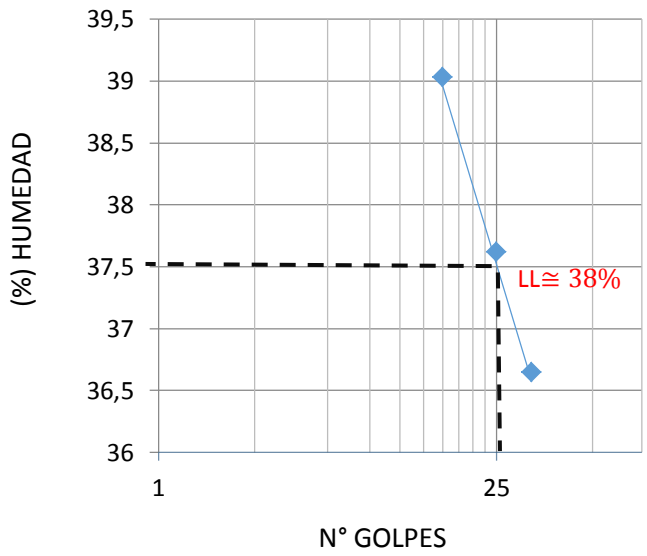
$$W = \frac{38{,}35 - 32{,}7}{32{,}7 - 17{,}68} * 100 = 37{,}62\%$$

- ✓ 14 Golpes

$$W = \frac{36{,}41 - 30{,}86}{30{,}86 - 16{,}64} * 100 = 39{,}03\%$$

A continuación se realiza la respectiva grafica de datos obtenido con el fin de identificar la curva de flujo que nos llevara a obtener el límite líquido del material

Figura 11.Curva de flujo límite líquido apique 41



Fuente. Estudiante.

- ✓ El límite plástico (Lp) obtenido fue de 27.5 %, el cual determina el contenido más bajo de agua en el suelo encontrado, para el cual puede presentarse deformación. Este dato se obtuvo cuando se obtuvo la humedad más baja con la que pueden formarse cilindros con el material a estudiar de 3mm de diámetro, se pone a rodar en la mano y una superficie lisa, sin que dichos cilindros se desmoronen.

Tabla 19. Resultados límite plástico apique 41.

N° LATA	PESO 1 (gr)	PESO 2 (gr)	PESO 3 (gr)	% HUMEDAD
29	21,52	19.54	12.26	27.20
51	21.65	19.36	11.14	27.86
LÌMITE PLÀSTICO				**27.5%**

Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

De acuerdo a lo anterior, se tomaron dos muestras de rollitos y con la siguiente ecuación se halló el valor del límite líquido, dónde:

$P1 = Peso\ de\ la\ lata + material\ húmedo$

$P2 = Peso\ de\ la\ lata + material\ seco$

$P3 = Peso\ de\ la\ lata$

$LP = Límite\ de\ plasticidad$

$$LP = \frac{Masa\ de\ agua}{Masa\ del\ suelo\ seco\ al\ horno} * 100$$

$$y\ \ Masa\ de\ agua = P1 - P2\ , Masa\ del\ suelo\ seco\ al\ horno = P2 - P3$$

Se obtienen los correspondientes límites plásticos por muestra

- ✓ Lata 29

$$LP = \frac{21{,}52 - 19{,}54}{19{,}54 - 12{,}26} * 100 = 27{,}20\%$$

- ✓ Lata 51

$$LP = \frac{21{,}65 - 19{,}36}{19{,}36 - 11{,}14} * 100 = 27{,}86\%$$

- ✓ Límite plástico

$$LP = \frac{27{,}20 - 27{,}86}{2} = 27{,}5$$

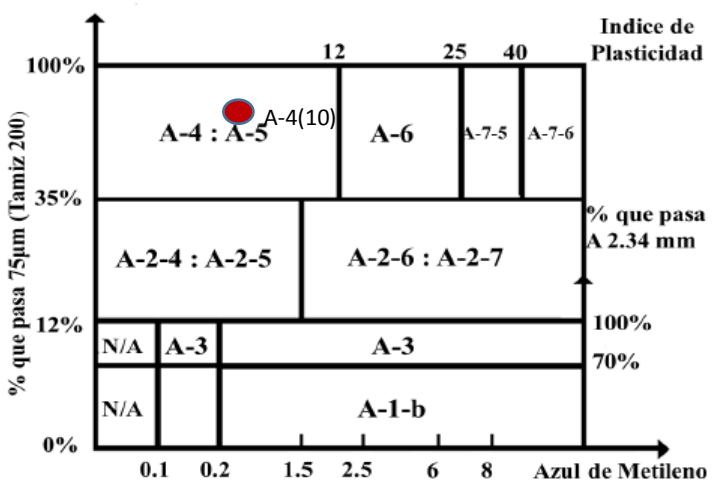
- ✓ Se obtuvo un Índice de plasticidad IP el cual nos indica el rango de humedades en el que la muestra de suelo obtuvo un comportamiento plástico.

$$IP = Ll - Lp$$
$$IP = 38 - 37{,}5 = 10{,}5\%$$

Figura 6. Clasificación AASHTO de los suelos según los parámetros asociados a las propiedades intrínsecas apique 41- en rojo.

- Bajo la clasificación AASHTO, según el porcentaje de material que pasa el tamiz 200 y el índice de plasticidad obtenido de 10,5 % se establece tipo A-4, para suelos limosos regular a pobre.

Figura 12. Carta de plasticidad evaluada en apique 41



Fuente: Guía de diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito para Bogotá, Capítulo 3.

Figura 13. Clasificación de los suelos apique 41 según la metodología AASHTO

Clasificación general	Material limo- arcilloso (más del 35% del total pasa No.200)			
Grupo de clasificación	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 (a) A-7-6 (b)
Análisis de tamices (porcentaje que pasa)				
No. 10				
No. 40				
No. 200	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características de la fracción que pasa No. 40				
Limite liquido	40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Indice de plasticidad	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Tipos usuales de materiales que consta	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Valoración general del subgrupo	Regular a pobre			
(a) Para A-7-5, IP < LL - 30				
(b) Para A-7-6, IP > LL - 30				

PT200=39,7

LL=38%

IP=10,5%

Fuente. Principles of geotechnical engineering-Section 5.

- Bajo las condiciones de los materiales encontrados se evalúan sus características según su estado hídrico con el fin de evaluar el contenido de agua la subrasante in situ asociados a condiciones meteorológicas; para ello se utiliza el Índice de consistencia Ic :

$$Ic = \frac{Ll - Wn}{IP}$$

$$Ic = \frac{38 - 21{,}7}{10{,}5} = 1{,}6$$

En base a lo establecido en la guía, "El valor del Ic depende de la humedad natural del suelo. Así, cuanto mayor sea el valor del Ic para una arcilla dada, más cerca estará del estado líquido y más peligrosa será para cimentar. Para suelos blandos Ic =0 y para suelos rígidos Ic> 1"[9]. Lo que identifica según el Ic obtenido un tipo de suelo blando; adicional con base a las propiedades intrínsecas y su estado hídrico se presenta una clasificación adicional de la subrasante. Habiendo obtenido un Ip de 16,5% y un Ic de 0,82 % podemos identificar bajo la descripción de la tabla que se trata de una subbrasante tipo **ms** la cual indica que el material se encuentra en estado muy seco por ende no se permite la utilización del suelo.

Tabla 20. Clasificación de los suelos de subrasante apique 41.

CLASE	PARAMETRO ASOCIADO A LA NATURALEZA DEL SUELO	EQUIVALENTE AASHTO	PARAMETRO HÍDRICO	
	VALORES ASOCIADOS	CLASE	VALORES ASOCIADOS	SUB-CLASE
	AM ≤ 2.5 o IP ≤ 12	A–4 ; A–5	$I_c \leq 0.9$	mh
		A–4; A–5	$0.9 < I_c \leq 1.05$	h
		A–4; A–5	$1.05 < I_c \leq 1.2$	mh
		A–4; A–5	$1.2 < I_c \leq 1.4$	s
		A–4; A–5	$I_c > 1.4$	ms
	2.5 < AM ≤ 6 o 12 < IP ≤ 25	A–6	$I_c \leq 0.9$	mh
		A–6	$0.9 < I_c \leq 1.05$	h
		A–6	$1.05 < I_c \leq 1.2$	mh
		A–6	$1.2 < I_c \leq 1.4$	s

Ic=1,6%

Fuente: Guía de diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito para Bogotá, Capítulo 3.

[9] Guía diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías locales para Bogotá D.C., aspectos geotécnicos, estado hídrico.

A pesar de presentar un estado muy seco, por su equivalencia en la AASHTO A-4, el estado hídrico no es representativo.

- Bajo las condiciones de los materiales encontrados se evalúa su comportamiento mecánico, el cual "…define como la respuesta (fractura y deformación) ante solicitaciones externas (cagas y el efecto de las variables climáticas)"[10].

6.3 RESULTADOS COMPORTAMIENTO MECÁNICO

✓ Se realizó el ensayo CBR (California Bearing Ratio) el cual es el factor más importante en la determinación de los espesores de diseño de pavimentos y brinda una medida de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante; además la respuesta del soporte se puede caracterizar en términos de parámetros elásticos (Modulo Resilente).

Tabla 21. Resultados ensayos de clasificación de la subrasante

APIQUE N°	PROF. DEL ENSAYO (m)	CLAS. AASHTO	CLAS U.S.C.	HUMEDAD %	LL (%)	LP (%)	IP (%)	CBR CONO DINÁMICO (%)	CBR W NAT.(%)	CBR SUMERGIDO (%)	CBR DE DISEÑO %
39	0,79	A-4	ML	16,9	33	24	9	2	2,8	1,1	**1,06**
40	1,05	A-2-4	SC	6,3	24	16,3	7,7	2	4,6	1,6	
41	0,86	A-6	ML	22	38	28	11	3	3,7	2,4	

Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

En el anexo 1 se muestan los resultados obtenidos por apique

[10] Guía diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías locales para Bogotá D.C., aspectos geotécnicos, comportamiento mecánico.

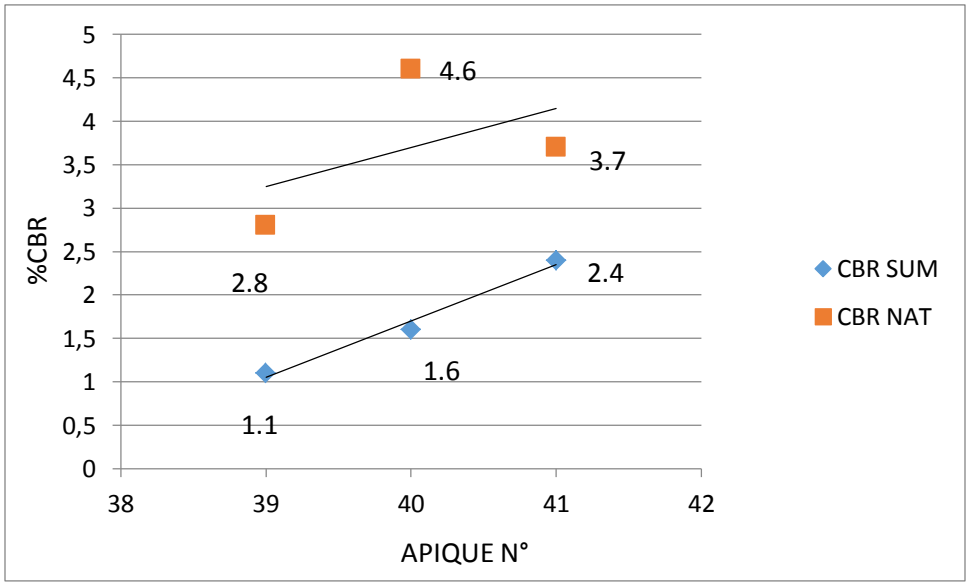
✓ El módulo de resilencia de la subrasante MR (kg/cm2) y de acuerdo al valor del CBR de diseño de 1.7%, se establece bajo la ecuación:

$$Mr = 130\ CBR^{\frac{1}{1.4}} = 130\left(1.06^{\frac{1}{1.4}}\right) = \frac{135.52kg}{cm2} = 13.29\ MPa$$

Se evidencia entonces un CBR de 1.06% y un módulo resilente inferior a 300 kg/cm2, lo cual bajo el criterio de la guía y teniendo en cuenta las características geotécnicas, hídricas y climáticas de la ciudad de Bogotá, por ser menor al 4% (CBR) o inferior de 40 MPa (MR), debe realizase mejoramiento.

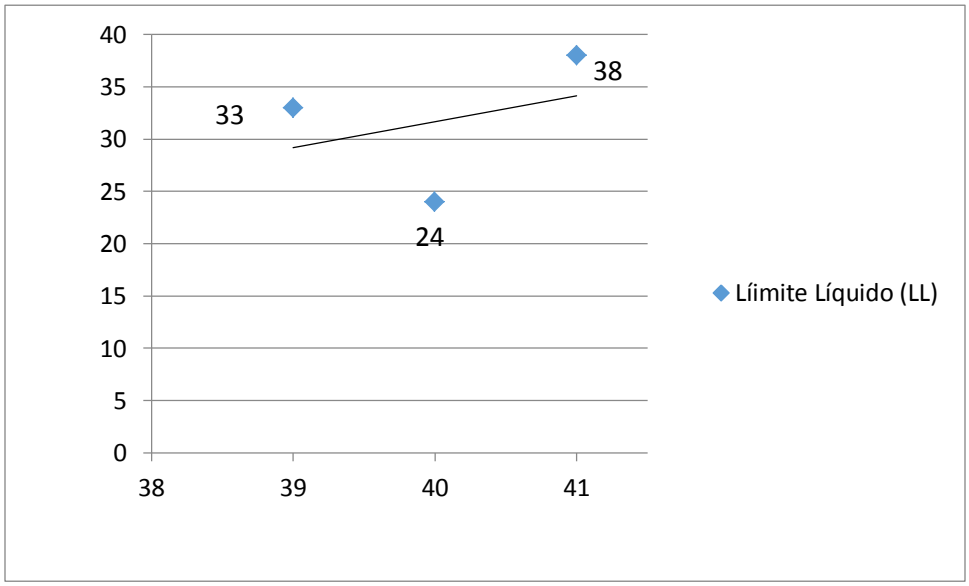
- Cuadros comparativos entre resultados de apiques

Figura 14. Comparación CBR



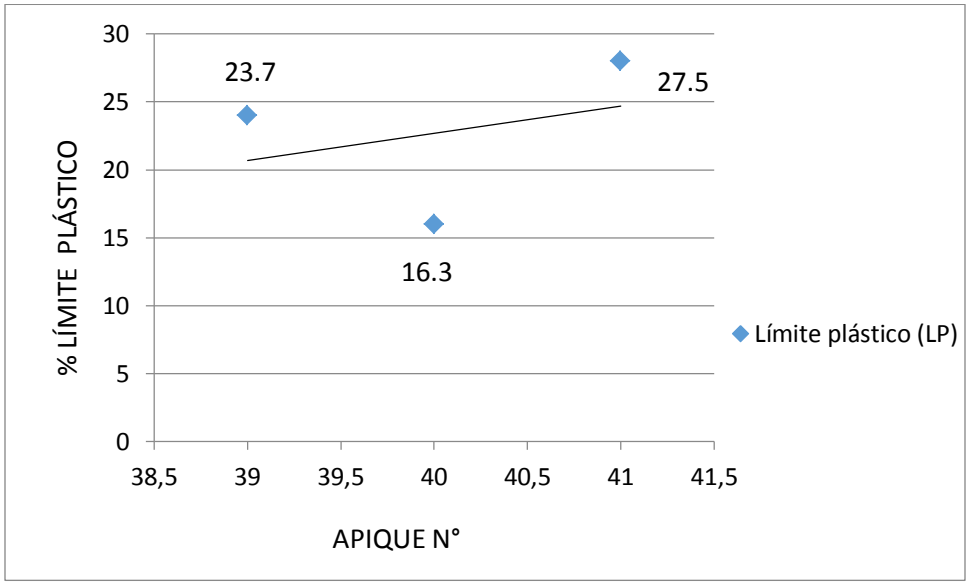
Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

Figura 15. Comparación límite líquido



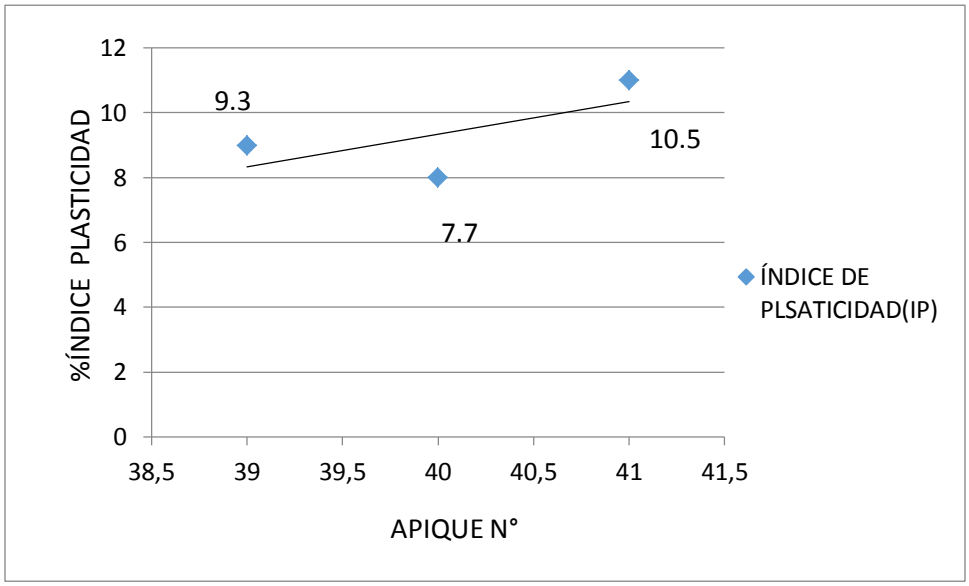
Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

Figura 16. Comparación límite plástico



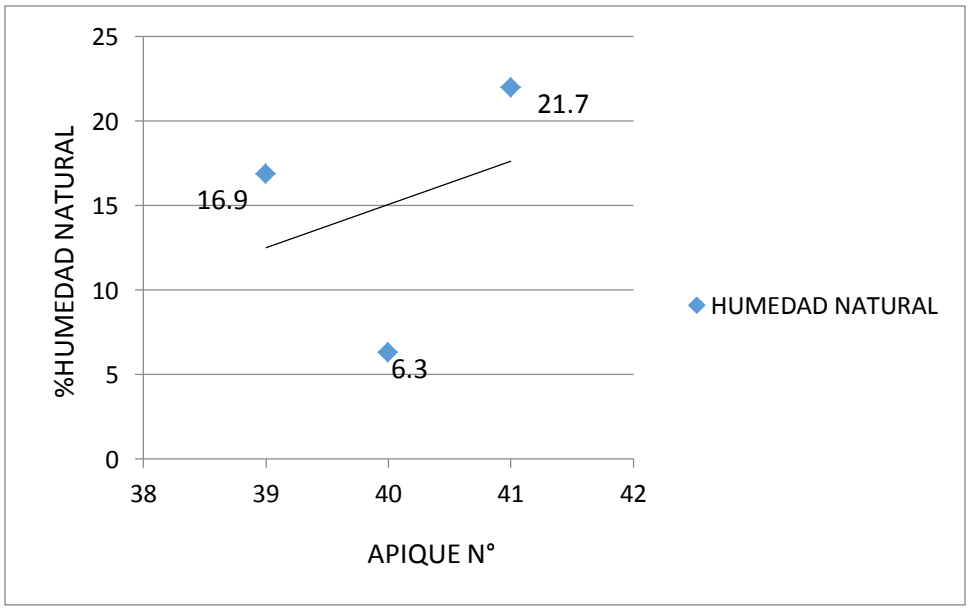
Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

Figura 17. Comparación índice plasticidad



Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

Figura 18. Comparación humedad natural



Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

6.4 ESTUDIO DE TRÀNSITO

"El tránsito influye de manera directa en el diseño de las estructuras de pavimento. El número y el peso de los ejes que pasan en el periodo de diseño imponen una agresividad o daño a la estructura. En una vía local este parámetro de diseño influye en mayor magnitud, puesto que el tiempo de aplicación de la carga es mayor debido a que la velocidad de diseño es inferior si se compara con vías principales"[13].

Por lo anterior se realizó un estudio de tránsito con el fin de caracterizar el Volúmen de tránsito vehicular del tramo intervenido; el cual otorgó un resultado de tránsito promedio diario TPD.

1. Se recolectan la cantidad de vehículos que pasan durante las 12 horas.
2. Los vehículos que transitaron esas primeras 12 horas, equivalen al 80% de los vehículos que transitan en las 24 horas, para hallar el valor de los vehículos diarios, se aplica el factor de 1.20 para obtener el TDP.
3. El transito generado por el desarrollo urbano después de haberse mejorado el pavimento de dicha vía durante toda la vida útil del pavimento, corresponde a un 20% del tránsito normal anteriormente calculado.
4. Sumamos ese 20% de vehículos que transitaran en el sector una vez esté arreglada la vía, al TDP anteriormente calculado.

Y se obtiene:

Tabla 22. Tránsito asignado (TPD)

	AUTOS I	BUSES II	CAMIONES					TOTAL VEH.
			III C2P	V C2G	VI C3	VII MOTOS	VIII C5-6	
TOTAL	82	0	35	6	1	0	0	124
PORCENTAJE	66	0	28	5	1	0	0	100

Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

Se evaluó la proyección del tráfico aplicando la tasa de crecimiento del 3.5% para el crecimiento de la población de la localidad, el crecimiento del parque automotor y el desarrollo de la economía del sector.

[13] Guía diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías locales para Bogotá D.C., estudio de tránsito.

Tabla 23. Proyección de TPD

PROYECCIÒN DEL TPD PARA 10 AÑOS DE DISEÑO								
2016-2026								
					CAMIONES			
AÑO	TPD	AUTOS	BUSES	C-2P	C-2G	C-3-4	C5	>c5
		66%	0%	28%	5%	1%	0%	0%
2016	45260	29872	0	12673	2263	453	0	0
2017	46618	30768	0	13053	2331	466	0	0
2018	48016	31691	0	13445	2401	480	0	0
2019	49457	32642	0	13848	2473	495	0	0
2020	50941	33621	0	14263	2547	509	0	0
2021	52469	34629	0	14691	2623	525	0	0
2022	54043	35668	0	15132	2702	540	0	0
2023	55664	36738	0	15586	2783	557	0	0
2024	57334	37840	0	16054	2867	573	0	0
2025	59054	38976	0	16535	2963	591	0	0
Tránsito acumulado	518855	342444	0	145279	25943	5189	0	0
Factor daño			1	1	2.81	3.23	3.7	4.44
Total NEE			0	145279	72899	16759	0	0
Total NEE*10¨6			0	0.1453	0.0729	0.0168	0	0
NE*10¨6			0.2349					
NC*10¨6			0.1764					
Factor camión			1.3318					

Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016 .

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, el factor camión para el diseño de pavimento fue de 1,3318 y el número de ejes de $0.2349 * 10^6$.

Además por la clasificación obtenida del suelo encontrado, validamos los tipos de vehículos que pueden pasar por la capa estudiada sin que esta obtenga mayor problema, es notable que no se recomienda el paso maquinaria tipo pisón impacto y rodillo vibratorio.

Tabla 24. Tipo de maquinaría en función del tipo de suelo

	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7
Rodillo Liso	1	2	2	1	1	1	2	2	3	3	4
Rodillo Neumático	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	3
Rodillo Pata de Cabra	5	5	5	4	4	3	2	2	1	1	1
Pisón impacto	2	2	1	2	2	2	4	4	4	4	4
Rodillo vibratorio	1	1	1	1	1	3	4	3	3	5	5

Fuente: Clases catedra-geotecnia.ucv.c

7. TIPOS DE MEJORAMIENTO QUE SE PUEDEN APLICAR A LA SUB-RASANTE

Debido a la poca capacidad portante que se identificó en la subrasante, siendo de 1,06%, se ve la necesidad de realizar un mejoramiento a la misma el cual se realiza con materiales no tratados, mejorados o tratados con estabilizantes o ligante con el fin que garanticen la funcionalidad de la estructura a largo plazo.

Bajo las propiedades intrínsecas, el estado hídrico y la clasificación AASHTO, la guía determina unas recomendaciones para el uso de la subrasante encontrada, identificando que el suelo encontrado no es apto para conformar la estructura de pavimento.

Tabla 25.Recomendaciones para la utilización de material de subrsante

CLASE	EQUIVALENTE AASHTO	PARAMETRO HÍDRICO	RECOMENDACIONES PARA UTILIZAR EL SUELO COMO CAPA DE SUBRASANTE MEJORADA
	CLASE	SUB-CLASE	
SUELOS FINOS	A-4; A-5	mh	La gran sensibilidad al agua de este tipo de suelos implica un tratamiento con ligante hidráulico asociado con cal o un producto químico adecuado. El control del estado hídrico para suelos tratados es complicado por la variación radical de su comportamiento (capacidad portante) para pequeñas variaciones en el contenido de agua. Estos suelos se tratan por lo general in situ.
	A-4; A-5	h	
	A-4; A-5	mh	
	A-4; A-5	s	Suelos no recomendables para ser empleados en capas de conformación y/o plataforma
	A-4; A-5	ms	

Fuente: Guía de diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito para Bogotá, Capítulo 3.

7.1 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON MATERIAL RAJÓN

El rajón es un material pétreo de diámetro entre 25 y 30 cm que sirve como alternativa de mejoramiento de la sub-rasante, aumentando la capacidad portante del suelo, la resistencia obtenida por el material está dada por la fricción generada entre los materiales de la misma, por la trabazón que forman las partículas motivo por el cual ha sido el tipo de mejoramiento de la subrasante más usado en obras civiles.

La guía nos muestra la Capacidad Portante Equivalente (CPE) obtenida con mejoramiento con rajón, que para el CBR de diseño encontrado en el tramo de

1,06% puede llegar a alcanzar, alcanzando un porcentaje de hasta 3,6% para diámetro de rajón de 30 cm, evidenciando la importancia en realizar mejoramiento a la capa.

Este material debe cumplir con lo especificado en la norma IDU 321- 11; la cual indica además que el material debe proceder de fuentes aprobadas, constituidas por rocas sanas, compactas y durables. No deberá presentar un desgaste en máquina de los ángeles superior al 50%.

Tabla 26. Capacidad portante equivalente con material rajón

Tipo de subrasante	$CBR\ (\%)_{SR}$	CPE (CBR (%)) Material de rajón	
		e= 25cm	e=30 cm
SR1	1	3.2	3.6
	1.25	3.6	4.1
	1.5	4.0	4.5
SR2	1.75	4.3	4.9
	2	4.6	5.2
	2.25	4.9	5.5
	2.5	5.2	5.8

Fuente: Guía de diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito para Bogotá, Capítulo 3.

7.2 MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE CON MATERIALES ALTERNATIVOS

Existen otros tipos de mejoramiento de la subrsante con materiales alternativos, los cuales deberán lograr cumplir con la capacidad portante del suelo establecidos para su disposición, éstos están en función del contenido de arcilla y del estado hídrico evaluados según el caso.

7.2.1 Tratamiento con cemento

EL mejoramiento de la subrasante se puede realizar con una mezcla homogénea de cemento hidráulico. A continuación y bajo las normas INVIAS se establecen los requisitos.

Tabla 27. Requisitos de suelos de subrasante para la estabilización con cemento

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Limpieza (F)		
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	0.1
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos, expresada como $SO_4^{=}$, máximo (%)	E-233	0.3
Reactividad Álcali - Agregado: Concentración SiO_2 y reducción de alcalinidad R	E-235	$SiO_2 \leq R$ cuando $R \geq 70$ $SiO_2 \leq 35 + 0{,}5R$ cuando $R < 70$

Fuente: INVIAS-Estabilización de suelos de subrasante con cemento- artículo 235-13

- El cemento utilizado deberá ser hidráulico y debe cumplir con los ensayos físicos y químicos relacionados con el cemento.
- El agua usada deberá ser limpia y libre de materia orgánica o sustancias perjudiciales.

Tabla 28. Requisitos del agua para el mejoramiento de la subrasante con cemento

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
pH	D-1293	5.5 - 8.0
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^{=}$, máximo (g/l)	D-516	1.0

Fuente: INVIAS-Estabilización de suelos de subrasante con cemento- artículo 235-13

- El equipo utilizado deberá ser maquina estabilizadora, motoniveladoa, compactadores, carrotanques y herramienta menor.

7.2.2 Tratamiento con cemento + cal

La cal es un buen tratamiento para suelo con alto contenido de humedad, mejora la plasticidad, aumentar la resistencia mecánica y reducir el potencial de hinchamiento.

Los materiales podrán provenir de la excavación de suelos naturales o zonas de préstamo, a continuación se muestran las características que debe cumplir el material para poder estabilizar con cal.

Tabla 29. Características que debe cumplir el material in situ para estabilización con cal

Ensayo	Norma de ensayo	Recomendaciones
Humedad	INV E – 122-07	*
Límite líquido	INV E – 125-07	≥40
Limite plástico	INV E – 126-07	
Índice de plasticidad		>15
CBR, % mínimo del material sin cal - Referido al 95 % de la densidad seca máxima, según el ensayo INV E-142-07 (AASHTO T 180), método D, después de 4 días de inmersión.	INV E – 148-07	<3%
Expansión	INV E-804-07	≥2%
Proporción de sulfatos del material combinado, expresada como SO4	INV E-233-07	≤0,3%
Granulometría		Material que pasa el tamiz N°4 ≥50%
Contenido de materia orgánica (%)		≤0.1

*Uno de los objetivos de la estabilización con cal es disminuir el contenido de agua en suelos muy húmedos. Esta condición se determinará según necesidades del terreno, al final de la estabilización, éste deberá cumplir con el % óptimo de humedad según proctor modificado.

Fuente. Instituto de desarrollo urbano – Estabilización con cal- 230-11.

7.2.3 Tratamiento con aceites sulfonados

Los aceites sulfonados son agentes catalizadores, los cuales reducen el contenido de agua que está presente entre las partículas de suelo, además reduce la permeabilidad, incrementa la sedimentación y aumenta la densidad del suelo.

El material aplicado a la capa de subrasante deberá someterse a los ensayos establecidos para verificar su cumplimiento.

7.2.4 Utilización de geosintéticos

Los geosintéticos son estructuras bidimensionales fabricadas de polipropileno, químicamente inertes y con características uniformes y homogéneas. Se compone de nudos rígidos en los cuales el material granular es confinado por trabazón, su abertura permite alta adherencia entre las diferentes capas granulares de la estructura del pavimento. Esta se dispone sobre la sub-rasante y ayuda a incrementar la vida útil de los pavimentos, aumentando la resistencia a la tensión de las capas de base siendo ideal para el refuerzo del suelo.

Se pueden implementar geosintéticos tejidos o no tejidos y deberá cumplir con las propiedades mecánicas e hidráulicas presentadas en la norma IDU 330-11.

Requerimientos propiedades mecánicas

Tabla 30. Requerimientos mínimos de las propiedades mecánicas del geotextil

Propiedad	Norma de Ensayo	Valor Mínimo Promedio por Rollo (VMPR)(1)	
		Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos
Elongación	INV E-901	< 50% (2)	> 50%(3)
Resistencia a la tensión Grab	INV E-901	1100 N	700 N
Resistencia a la costura	INV-E-901	990 N	630 N
Resistencia a la penetración con pistón de 50 mm de diámetro	INV-E-913	2200 N	1375 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	INV E-903	400 N (4)	250 N

Fuente. Instituto de desarrollo urbano – Separación de suelos con subrasante y capas granulares con geotextil- 330-11.

Requerimientos propiedades hidráulicas

Tabla 31. Requerimientos mínimos de las propiedades hidráulicas del geotextil

Propiedad	Norma de Ensayo	Valor Mínimo Promedio Por Rollo (VMPR)
Permitividad (5)	INV E-905	0.02 s^{-1}
Tamaño de Abertura Aparente (6)	INV E-907	0.60 mm
Estabilidad Ultravioleta	INV E-910	50% después de 500 h de exposición

Fuente. Instituto de desarrollo urbano – Separación de suelos con subrasante y capas granulares con geotextil- 330-11.

8. PROCESO DE MEJORAMIENTO REALIZADO A TRAMO VIAL REHABILITADO

Bajo los criterios establecidos en la guía y los resultados obtenidos en los ensayos, se presenta la alternativa de construcción de la estructura del pavimento la cual representa menos afectación del entorno por efecto de las excavaciones y que cumple con el periodo de diseño.

Tabla 32. Estructura reconstrucción del pavimento

ESTRUCTURA RECONSTRUCCIÓN				
ESPESOR		**TIPO DE CAPA**	**MODULO**	
cm	**Pulg**		**Kg/cm2**	**PSI**
9	3.54	MD-20	29400	420000
18	7.09	BG_c	11200	160000
20	7.87	SBG_c	1120	16000
30	11.81	Rajón + sello	700	10000
GEOMALLA BX-50				

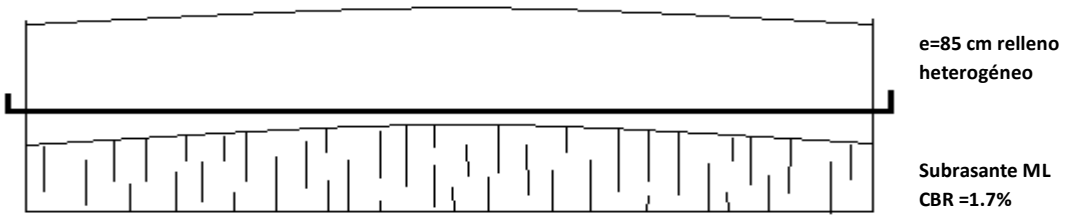
Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

Por ende se estableció una excavación de 77 cm, en la que basados en los materiales encontrados en la toma de apiques dónde se identificó un relleno heterogéneo compuesto por limos y material de construcción, por lo cual se pueden producir deformaciones por lo que se recomendó colocar una geomalla BX-50 la cual genera una tensión uniforme que evita comportamientos heterogéneos de la subrasante.

Bajo el diagnóstico y diseño de pavimentos indicado por la Unión temporal vías Kennedy 2016, se validó disponer de la geomalla así: “Se deberá escarificar, conformar y compactar en casos donde se encuentre fallos se deberá realizar el reemplazo con material de rajón posteriormente colocar una geomalla tipo BX-50 la cual deberá extender directamente sobre la superficie, preparada sin arrugas o dobleces en la dirección de avance de la construcción y lo más tensionada posible, evitar el contacto directo de maquinaría sobre la geomalla … finalmente colocar los 25 cm de rajón y 5 cm de material de sello se recomienda usar subbase granular tipo C…”[11].

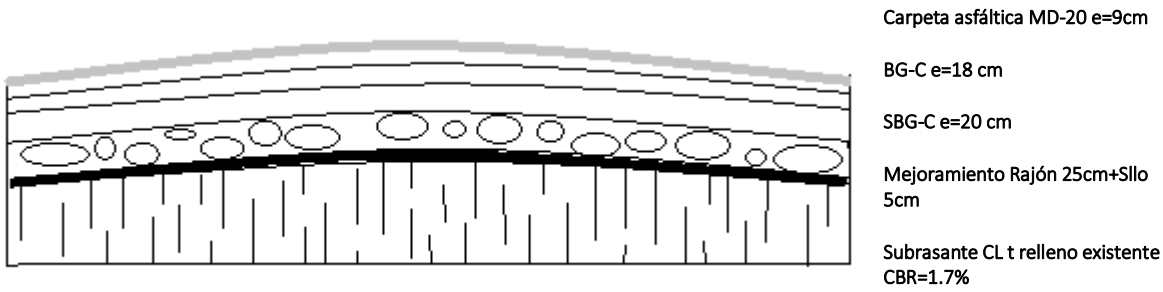
[11] Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

Figura 19. Estructura inicial



Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

Figura 20. Estructura rehabilitada



Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy

Aplicando la alternativa de mejoramiento, se estableció un alcance de la capacidad portante del suelo de 3% la cual generó además un Módulo de resilencia de 284,94 kg/cm2.

Tabla 33. CBR conjunto

MATERIAL	E EQUIVALENTE (Kg/cm2)	CBR%	E (kg/cm2)	CBR EQUIVALENTE (%)
SUBRASANTE	285	1,06	189,88	3
RAJÓN		10	672,89	

Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy

8.1 PROCESO CONSTRUCTIVO CAPA DE MEJORAMIENTO

- ✓ Excavación: Se realizó el proceso de excavación de 77 cm, con el fin de retirar el material existente y empezar el proceso constructivo con el mejoramiento de la subrasante, evitando a su vez el daño de tubería existente.

Figura 21 .Excavación en tramo vial



Fuente. Estudiante.

- ✓ Puesta de Geomalla Biaxial: con el fin de evitar deformaciones en la capa se decide disponer de la malla antes de la puesta de la capa rajón, procurando disponerla lo más tensionada posible sin arrugas o dobleces.

Figura 22. Extendido de geomalla biaxial a lo largo del tramo vial



Fuente. Estudiante.

- ✓ Puesta de capa de mejoramiento con material rajón: Se dispuso de una capa de 25 cm de material rajón, aprobando tamaño máximo de 30 cm proveniente de fuentes aprobadas y constituido por rocas sanas, adicional se aplicó un sello de la capa con subbase granular tipo C con el fin de llenar vacíos. Esta acción se realizó de forma manual y mecánica con la ayuda de una etroexcavadora.

Figura 23. Extendido de geomalla y capa de rajón más sello en tramo vial intervenido



Fuente. Estudiante.

Figura 24. Puesta de sello de capa de mejoramiento



Fuente. Estudiante

12. APORTE DEL PASANTE

Fue de gran experiencia el periodo de la pasantía, en cuál pude comprender diferentes términos y situaciones alguna vez vistos en la cátedra, enfrentando circunstancias que se pudiesen ido presentando, analizando la mejor solución. Adicional, identifiqué la importancia de cada proceso necesario para llegar a el propósito final y de ahí la trascendencia que tiene obtener una buena cimentación de la estructura de pavimento brindada por la subrasante, para dar así un óptimo desempeño de la estructura rehabilitada que cumpla con la vida útil propuesta para el tipo de pavimento y de a la comunidad la mejora en su calidad de vida.

Como pasante pude brindar al grupo de interventoría la supervisión de las actividades, manteniéndolos al tanto del desarrollo de las mismas y anomalías que se pudiesen presentar en el transcurso; adicional interactúe con la comunidad a la que estuvo dirigida el proyecto solucionando sus dudas y buscando siempre su comprensión y satisfacción un punto importante en el que me convencí aún más del motivo por el cual elegí esta carrera y deseo continuarla, pues busco además poder ofrecer mejores condiciones de vida.

Ayudé en la toma de decisiones, dando mi opinión e ideas que pudiesen servir para resolver situaciones presentadas, siempre consultando con el equipo de interventoría para obtener su aval.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se identificaron las condiciones del suelo encontrado el cual se evaluó y se tomó muestra de tres apiques a lo largo del tramo, evidenciando la necesidad de realizar un mejoramiento a la subrasante puesto que la capacidad portante de la misma era deficiente y no cumplía con lo establecido en la guía de diseño de pavimentos del IDU, dónde además se hizo visible la contaminación que presentaba por material de construcción y que bajo los resultados de los ensayos obtenidos no cumplía con el ideal para hacer parte de la capa de cimentación de la estructura de pavimento.
- Se realizó la identificación de la zona intervenida, la cual presenta deficiencias en su malla vial y de ahí la importancia de realizar mantenimiento, rehabilitación, reconstrucción y/o construcción de las mismas.
- Se dieron a conocer los diferentes tipos de mejoramiento que se pueden aplicar a la subrasante con el fin de establecer una buena cimentación de la estructura de pavimento, identificando las características que deben cumplir los materiales que se pondrán a disposición de la capa de mejoramiento.
- Se describió el tipo de mejoramiento propuesto y aplicado al tramo vial intervenido en la UPZ Patio Bonito y su respectivo proceso de construcción.
- Como pasante adquirí y complemente herramientas dadas durante la formación académica, desenvolviéndome en cada proceso y situación presentada.
- Haber elegido la modalidad de pasantía como proyecto de grado fue complementar mis saberes, prepararme para salir a ejercer mi carrera dándome gran idea de todos los factores y procesos necesarios para desarrollar procesos de ejecución vial.

14. BIBLIOGRAFÍA

- SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN, CARTILLAS PEDAGÓGICAS DEL POT, UPZ 82 PATIO BONITO. En http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionEnLinea/InformacionDescargableUPZs/Localidad%208%20Kennedy/cartillas/cartilla%20upz%2082%20patio%20bonito.pdf

- GUÍA DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO Y VÍAS LOCALES DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C. En https://www.idu.gov.co/documents/20181/2121098/gu-ic-019_guia_diseno_pavimentos_para_bajos_volumenes_v1.pdf/de2dbabf-f5af-4937-8f95-ea1bfe4c3544

- MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS CON MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO. En http://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3807-manual-de-diseno-de-pavimentos-de-concreto-para-vias-con-bajos-medios-y-altos-volumenes-de-transito/file.

- ISAAC MORENO GALLO, LAS TÉCNICAS Y LAS CONSTRUCCIONES EN LA INGENIERÍA ROMANA, VIAS ROMANAS EN LA ERUDICIÓN MODERNA-EDICION: FUNDACIÓN DE LA INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS-2010-134.

- HISTORIA Y ORIGEN DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO EN COLOMBIA. En http://blog.360gradosenconcreto.com/historia-y-origen-de-los-pavimentos-de-concreto-en-colombia/.

- CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE http://libro-pavimentos.blogspot.com.co/2011/03/caracteristicas-de-la-subrasante.html

- GABRIEL ENRIQUE BONETT SOLANO- GUÍA DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE UNA VIA DE PAVIMENTO FLEXIBLE-ESPECIALIZACIÓN DE PAVIMENTOS.

- ESTABILIZACION CON CAL. EN https://www.idu.gov.co/documents/629245/736522/230-11.pdf/61f4898f-365d-485f-8bab-15c2cd297792.

- CURADO NATURAL Y ACELERADO DE UNA ARCILLA ESTABILIZADA CON ACEITE SULFONADO. EN rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/download/1680/1093

- GEOMALLA EN. http://www.geosoftpavco.com/manual_geosinteticos_files/OEBPS/ibook_split_007.xhtml

Documentos y normas consultados

- UNIÓN TEMPORAL VÍAS KENNEDY 2016, DIAGNÓSTICO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS, TRAMOS CARRERA 88 H ENTRE CALLE 40 SUR Y CALLE 40 B SUR, CARRERA 88 B ENTRE CALLE 40 SUR Y CALLE 40 B SUR.

- MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON RAJÓN- NORMA IDU 321-11

- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS –NORMA I.N.V. E – 125 – 07

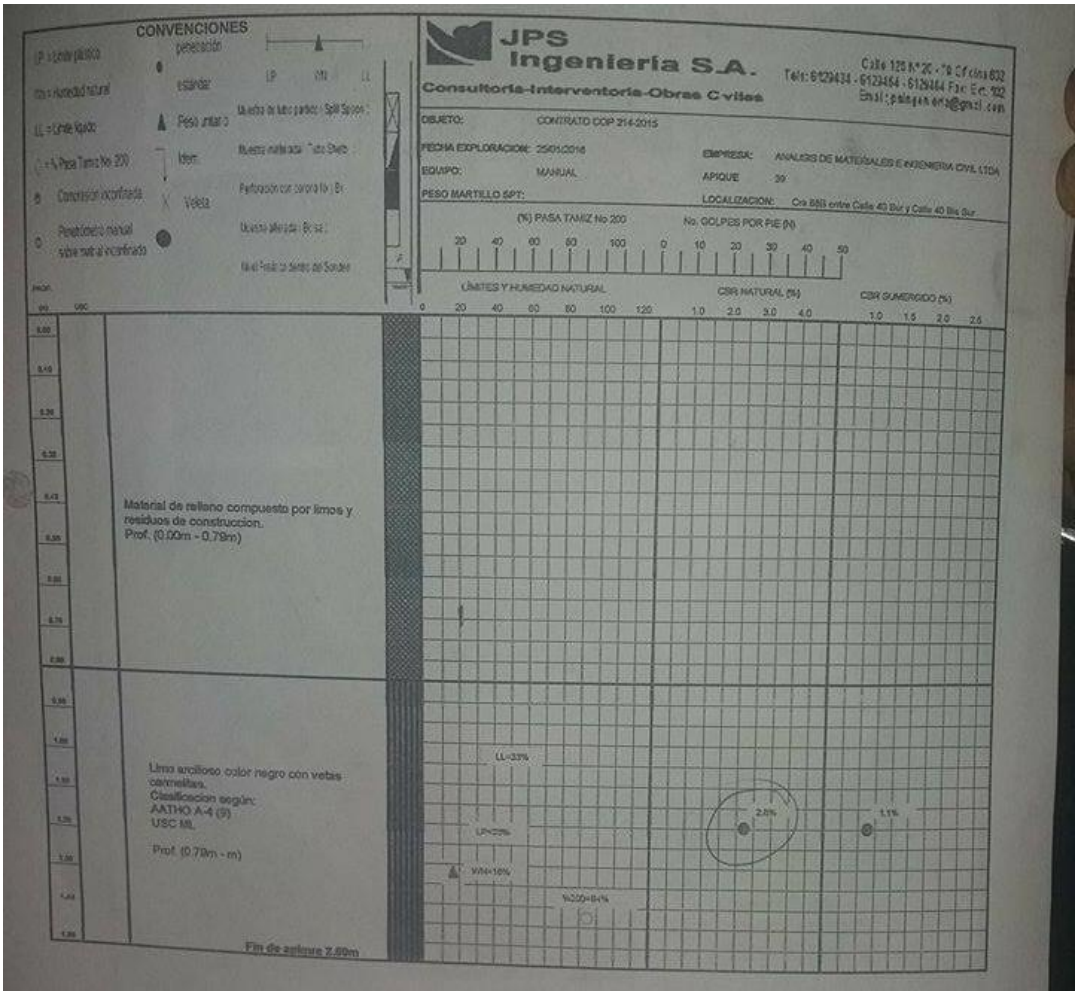
- LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS - NORMA I.N.V. E – 126 – 07

- LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD I.N.V. E – 126

- ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE CON CEMENTO ARTÍCULO 235 – 13

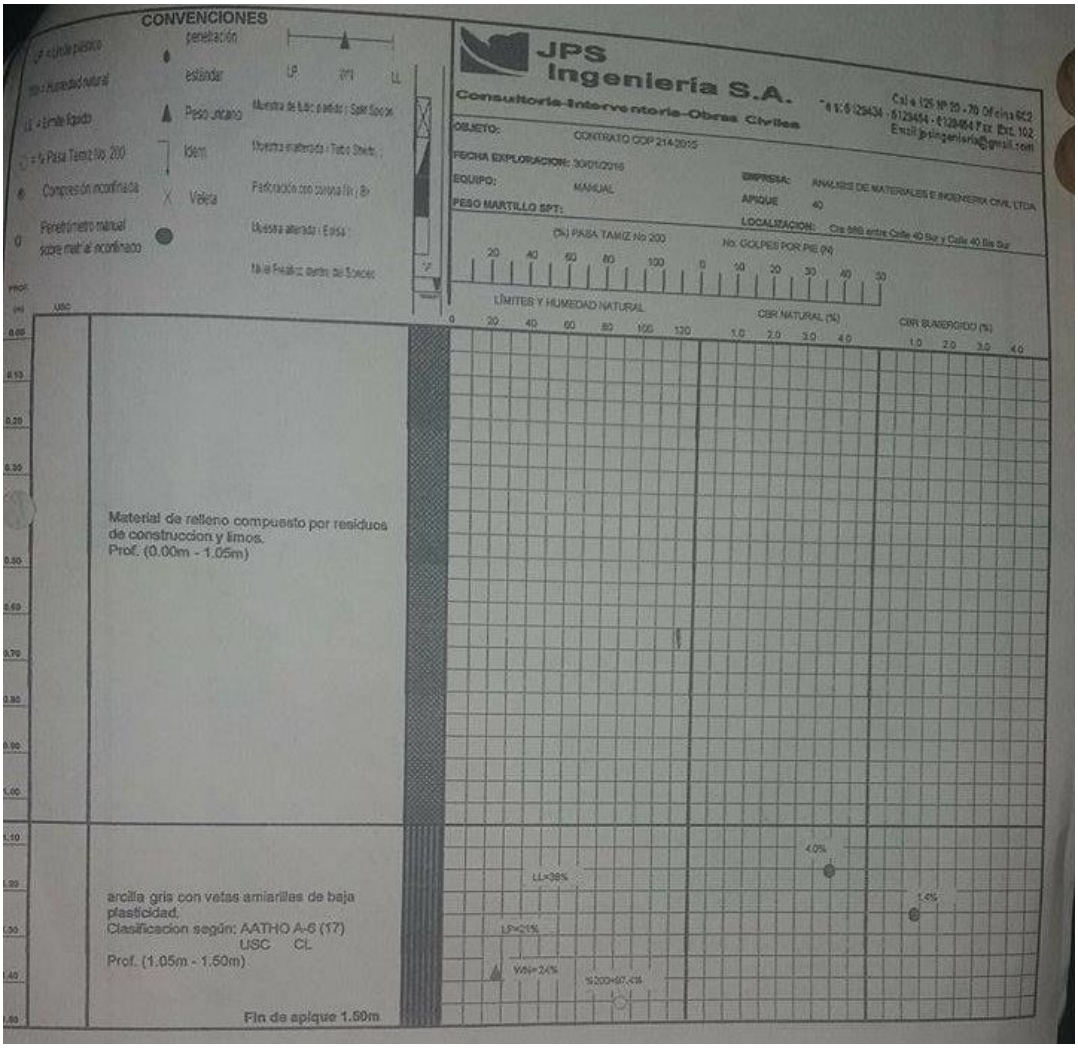
Anexo 1: Aprobación de la pasantía por el consejo curricular

Figura 25. Resultados apique 39



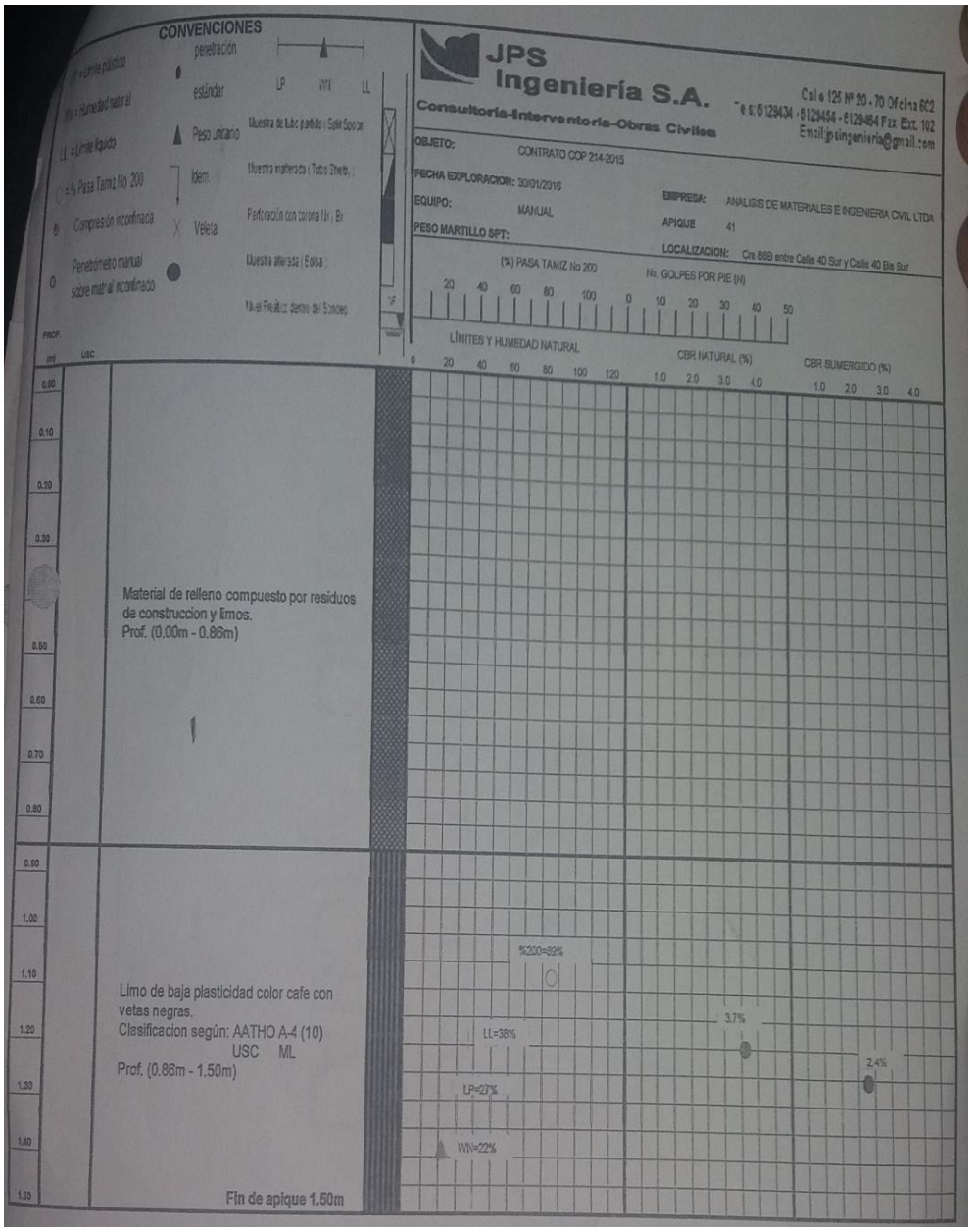
Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

Figura 26. Resultados apique 40



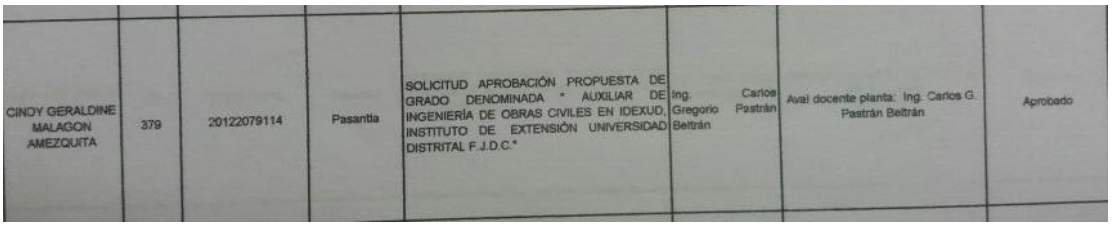
Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

Figura 27. Resultados apique 41



Fuente: Diagnóstico y diseño de pavimentos –Unión temporal vías Kennedy 2016.

Anexo 2: Aprobación de la pasantía por el consejo curricular



CINDY GERALDINE MALAGON AMEZQUITA	379	20122079114	Pasantia	SOLICITUD APROBACIÓN PROPUESTA DE GRADO DENOMINADA " AUXILIAR DE INGENIERÍA DE OBRAS CIVILES EN IDEXUD, INSTITUTO DE EXTENSIÓN UNIVERSIDAD DISTRITAL F.J.D.C."	Ing. Gregorio Beltrán	Carlos Pastrán	Aval docente planta: Ing. Carlos G. Pastrán Beltrán	Aprobado

Anexo 3: Acta inicio de pasantía firma por tutor académico, tutor de la pasantía e Ingeniero residente asignado.

ACTA DE INICIO DE PASANTIA

Por medio de este documento se da inicio al proceso de pasantía entre la estudiante Cindy Geraldine Malagón Amézquita y el IDEXUD por medio de la interventoría de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas.

DATOS GENERALES DEL SOLICITANTE DEL ESTUDIANTE			
Apellidos completos		Nombre completo	
Malagón Amézquita		Cindy Geraldine	
No. Documento identidad	Código estudiantil	Número telefónico fijo	Número celular
1033771083	20122079114	7019648	3214250463

Fecha Inicio Pasantía:12 de Septiembre 2016
Tutor Académico Asignado: Ing. Carlos Pastran.
Ingeniero residente Asignado: Ing. Armando Caicedo.
Intensidad horaria promedio:30 horas semanales

Firma Estudiante

Firma tutor académico

Firma Ingeniero Residente Asignado

Anexo 4: Formato de horas de pasantía firmada por Ingeniero residente y tutor académico.

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

INTERVENTORIA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES CIVILES

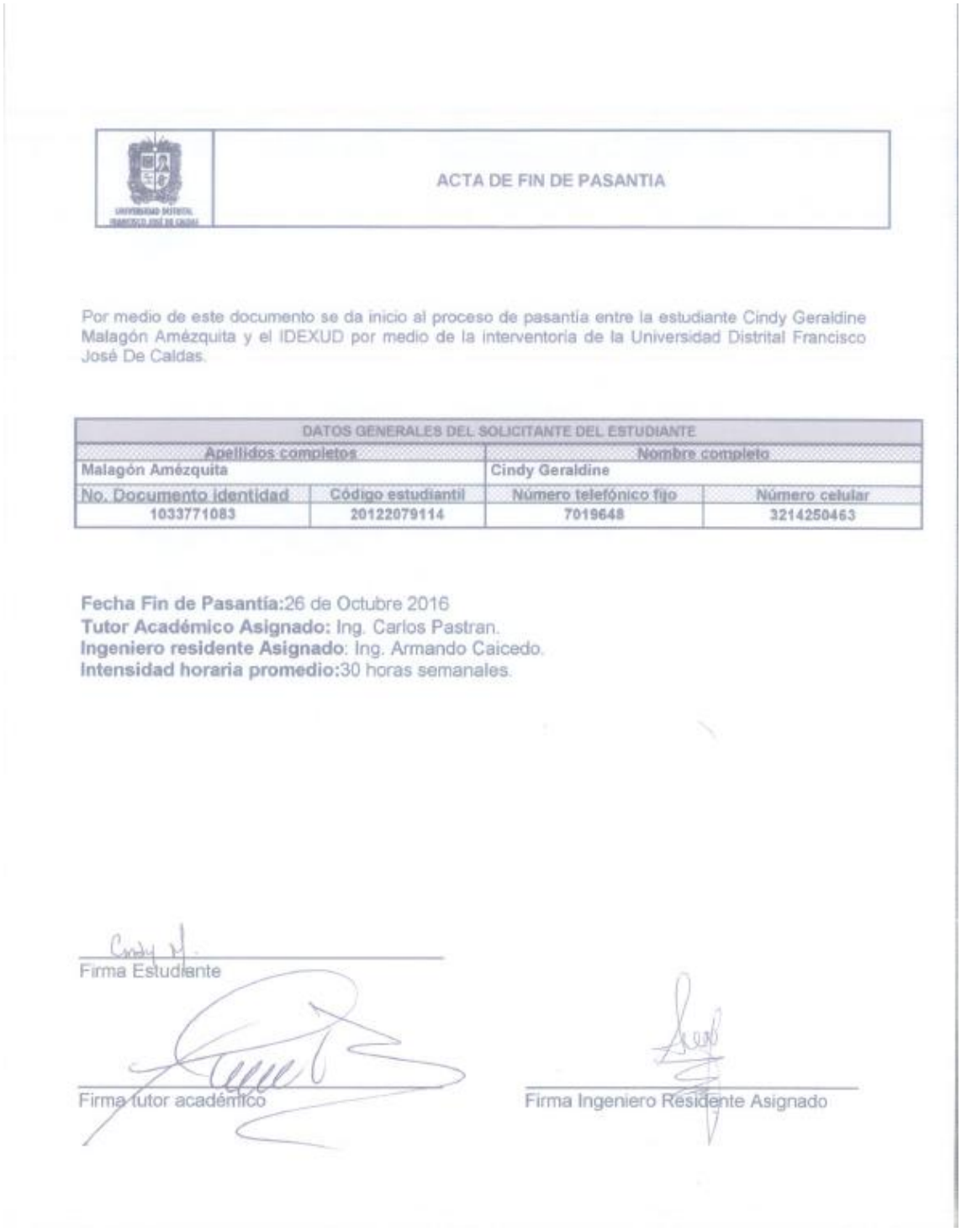
Pasante: Cindy Geraldine Malagón Amézquita
Tutor académico asignado: Ing. Carlos Pastran Beltran.
Tutor asignado: Ing. Armando Caicedo

FECHA (M/D/A)	HORA DE ENTRADA	HORA DE SALIDA	DIAS	ACTIVIDADES ASIGNADAS	HORAS EJECUTADAS
9/12/2016	8:00	3:00	Lunes	Auxiliar de interventoría	7
9/13/2016	8:00	3:00	Martes	Auxiliar de interventoría	7
9/14/2016	8:00	3:00	Miércoles	Auxiliar de interventoría	7
9/15/2016	8:00	3:00	Jueves	Auxiliar de interventoría	7
9/16/2016	8:00	3:00	Viernes	Auxiliar de interventoría	7
9/19/2016	8:00	3:00	Lunes	Auxiliar de interventoría	7
9/20/2016	8:00	3:00	Martes	Auxiliar de interventoría	7
9/21/2016	8:00	3:00	Miércoles	Auxiliar de interventoría	7
9/22/2016	8:00	3:00	Jueves	Auxiliar de interventoría	7
9/23/2016	8:00	3:00	Viernes	Auxiliar de interventoría	7
9/26/2016	8:00	4:00	Lunes	Auxiliar de interventoría	7
9/27/2016	8:00	4:00	Martes	Auxiliar de interventoría	7
9/28/2016	8:00	4:00	Miércoles	Auxiliar de interventoría	7
9/29/2016	8:00	4:00	Jueves	Auxiliar de interventoría	7
9/30/2016	8:00	4:00	Viernes	Auxiliar de interventoría	7
10/03/2016	8:00	4:00	Lunes	Auxiliar de interventoría	7
10/04/2016	8:00	4:00	Martes	Auxiliar de interventoría	7
10/05/2016	8:00	4:00	Miércoles	Auxiliar de interventoría	8
10/06/2016	8:00	4:00	Jueves	Auxiliar de interventoría	8
10/07/2016	8:00	4:00	Viernes	Auxiliar de interventoría	8
10/10/2016	8:00	4:00	Lunes	Auxiliar de interventoría	8
10/11/2016	8:00	4:00	Martes	Auxiliar de interventoría	8
10/12/2016	8:00	4:00	Miércoles	Auxiliar de interventoría	8
10/13/2016	8:00	4:00	Jueves	Auxiliar de interventoría	8
10/14/2016	8:00	4:00	Viernes	Auxiliar de interventoría	8
10/17/2016	8:00	3:00	Lunes	Auxiliar de interventoría	8
10/18/2016	8:00	3:00	Martes	Auxiliar de interventoría	7
10/19/2016	8:00	3:00	Miércoles	Auxiliar de interventoría	7
10/20/2016	8:00	3:00	Jueves	Auxiliar de interventoría	7
10/21/2016	8:00	3:00	Viernes	Auxiliar de interventoría	7
10/24/2016	8:00	3:00	Lunes	Auxiliar de interventoría	7
10/25/2016	8:00	3:00	Martes	Auxiliar de interventoría	7
10/26/2016	8:00	3:00	Miércoles	Auxiliar de interventoría	7
TOTAL HORAS EJECUTADAS					240

Firma tutor académico

Firma Ingeniero Residente Asignado

Anexo 5: Acta de finalización de pasantía firmada por tutor académico, tutor de pasantía e Ingeniero residente asignado.



ACTA DE FIN DE PASANTIA

Por medio de este documento se da inicio al proceso de pasantía entre la estudiante Cindy Geraldine Malagón Amézquita y el IDEXUD por medio de la interventoría de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas.

DATOS GENERALES DEL SOLICITANTE DEL ESTUDIANTE			
Apellidos completos		Nombre completo	
Malagón Amézquita		Cindy Geraldine	
No. Documento identidad	Código estudiantil	Número telefónico fijo	Número celular
1033771083	20122079114	7019648	3214250463

Fecha Fin de Pasantía:26 de Octubre 2016
Tutor Académico Asignado: Ing. Carlos Pastran.
Ingeniero residente Asignado: Ing. Armando Caicedo.
Intensidad horaria promedio:30 horas semanales.

Firma Estudiante

Firma tutor académico

Firma Ingeniero Residente Asignado