

EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL FILTRANTE CERCANO A LA VEREDA LA CUMBRE EN VILLAVICENCIO – META Y OBRAS DE SUBDRENAJE PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO PARA LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA DE LA VÍA.

EVALUATION AND CHARACTERIZATION OF THE FILTERING MATERIAL NEAR THE SIDEWALK LA CUMBRE IN VILLAVICENCIO - META AND UNDERDRAINAGE WORKS FOR THE IMPROVEMENT OF THE BEARING CAPACITY OF THE SOIL FOR THE PAVEMENT STRUCTURE IN THE ROAD FOOTPRINT PLATE

Pedro Anderson Quevedo Urrea

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomas sede Villavicencio, Estudiante de Ingeniería Civil, pedroquevedo@usantotomas.edu.co

Rafael Raúl Chávez Hernández

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomas sede Villavicencio, Estudiante de Ingeniería Civil, Rafeal.chaves@usantotomas.edu.co

Jessica María Ramírez Cuello

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomas sede Villavicencio, Docente tiempo completo, Jessicaramirez@usantotomas.edu.co

Resumen: La comunidad que reside en la vereda la Cumbre del municipio de Villavicencio, enfrenta a diario problemas de movilización, ya que la vía se encuentra en condiciones críticas, a pesar de esto, la vereda ha tenido una gran acogida turística por su atractivo natural.

Este proyecto, tiene como finalidad el mejoramiento de la capacidad portante del suelo para una estructura de placa huella evaluando el material filtrante extraído de la zona, que pudiera ser utilizado en la vía como medio de control a la escorrentía, pero los resultados fueron contrarios a lo estipulado por las normas colombianas. Así mismo se hizo un estudio de suelo que nos permitió saber las propiedades de resistencia del mismo, un estudio meteorológico que permitió encontrar los picos más altos de precipitación en la zona y poder ser controlados con obras de drenaje, y por último aportar la estructura de placa huella para la vía.

Palabras clave: capacidad, diseño, material filtrante, pavimento, placa, resistencia, suelo.

Abstract: The community that resides in the La Cumbre village of the Villavicencio municipality faces daily mobility problems, since the road is in critical condition, despite this, the village has had a great tourist reception due to its natural attraction.

The purpose of this project is to improve the bearing capacity of the soil for a footprint plate structure by evaluating the filtering material extracted from the area, which could be used on the road as a means of controlling runoff, but the results were contrary to as stipulated by Colombian regulations. Likewise, a soil study was carried out that allowed us to know its resistance properties, a meteorological study that allowed us to find the highest precipitation peaks in the area and to be able to be controlled with drainage works, and finally to provide the structure of footprint plate for the road.

Keywords: capacity, design, filtering material, pavement, plate, resistance, soil.

1. INTRODUCCIÓN

“La movilidad es uno de los pilares sobre los que se consolida y se fortalece la economía de un país, las vías de comunicación son soporte para el desarrollo del mismo, puesto que por las calles se movilizan personas y mercancías, logrando una evidente mejora en la calidad de vida de las personas. Del mismo modo contar con carreteras que garanticen comodidad, seguridad y rapidez en la movilidad de los usuarios, corresponde a uno de los enfoques de Ingeniería vial; en la medida en la que se logre este objetivo se contará con ciudades sustentables y que propendan por el mejoramiento continuo de la calidad de los habitantes” [1]

Las placas huellas se están implementando en Colombia con un gran auge, debido a la inclusión que se le está dando a los grupos de personas que viven en las zonas rurales, con el fin de mejorar la infraestructura vial en todos sus rangos, tanto en el primario, secundario y terciario, el enfoque que se dará en este proyecto será directamente y puntualmente en la red terciaria nacional. [2]

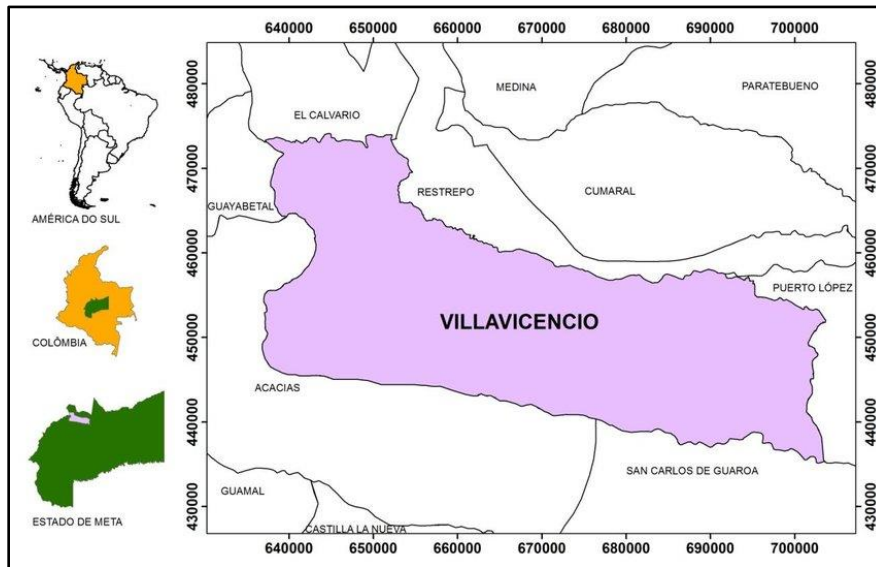
El presente proyecto presenta la construcción de una placa huella como solución para contrarrestar los problemas de movilidad. Los habitantes de la vereda la Cumbre en el barrio la Cuncia en el Departamento del Meta, carecen de un acceso vial adecuado, lo cual incide en el progreso del sector, adicionando a esto que es un sitio altamente turístico y frecuentemente visitado por la belleza de su paisajismo. Por lo expuesto anteriormente, se presenta el estudio y diseño para la construcción de una placa huella, la cual comprende estudios de suelo, estudio del material filtrante el cual está compuesto por varias capas de agregado que permiten controlar la escorrentía en partes donde se cuenta con altos índices de precipitación, y teniendo en cuenta que la zona donde se elabora el proyecto es una de ellas, el estudio de dicho material puede ser una solución viable y económica a esta problemática, adicionalmente contará con un estudio del tránsito, estudio del clima y el diseño de pavimento para placa huella.

2. DESARROLLO DEL ARTÍCULO

2.1 Zona de estudio

Villavicencio es la capital del departamento del Meta, y es el centro comercial más importante de los llanos orientales, con una población urbana de 452.472 habitantes. Está situada en el piedemonte de la cordillera oriental con coordenadas 04° 09 N 73° 38 O. limita al occidente con la margen izquierda del río Guatiquia. Su clima es cálido y muy húmedo con temperaturas medias de 27 °C, y también se encuentra a 89,9 km de Bogotá la capital de Colombia. [3]

Fig. 1 UBICACIÓN DEL PROYECTO.



FUENTE: Tomado de Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

2.1.1 Localización del proyecto.

El proyecto se llevará a cabo en la vereda la Cumbre parte alta de la vereda la Cuncia perteneciente al corregimiento N°1 de Villavicencio, y se encuentra ubicado a 14 km hacia el occidente del casco urbano de la ciudad, con coordenadas $4^{\circ} 4'44.07''$ N, $73^{\circ}44'52.77''$ O y una altitud de 846 m.s.n.m y se llega por la vía que de Villavicencio conduce al municipio de acacias. Por lo que es un sector muy transitado por la población de ambos municipios y sus visitantes aumentan en épocas de vacaciones convirtiéndola en un sector atractivamente turístico. [3]

Fig. 2. LOCALIZACION DEL PROYECTO.



FUENTE: Google Earth

2.2 Diagnostico En Campo

En la visita al sitio de estudio, se evidenció que la vía actualmente se encuentra en afirmado, con un ancho de calzada de 5 m, y una longitud aproximada de 1.5 km, adicionalmente no cuenta con obras de drenaje, las cuales son indispensables para evitar erosión y socavación en el talud. Tampoco cuenta con ningún tipo de señalización que den advertencias sobre los posibles riesgos que pueden sufrir las personas que se desplazan por la vía, también se detallan daños como: hundimientos, perdida de la bancada, deslizamiento del talud como se muestra en la tabla I.

TABLA I
ESTADO ACTUAL DE LA VÍA



NOTA. Registro de los daños y afectaciones que se encontraron en la vía, en la visita técnica que se realizó a la zona de estudio.

2.2.1 Estudio De Suelos

La exploración geotécnica para el Diseño de la placa- huella se orientó al conocimiento del material de Subrasante y de las características de las capas de Material Granular presentes en la estructura existente, con base en una serie de ensayos de laboratorio convencionales tales como Granulometrías, Humedad Natural, límites de Atterberg, Penetración Dinámica de Cono PDC, los cuales permiten clasificar la Subrasante y los Materiales Granulares encontrados, determinando de esta forma la calidad relativa del material [4].

Este proceso se puede evidenciar en la fig. 3 y en la tabla II.

Esquema General
Localizacion de Apiques

Legenda
 * apique
 • Las Delicias
 ○ placahuella

apique 3
apique 2
apique 1

Google Earth

© 2021 Google
 image © 2021 Maxar Technologies
 image © 2021 CNES / Airbus

400 m

N

TABLA II
RECOLECCION DE MUESTRAS DE SUELO.



NOTA. Evidencia fotográfica de la recolección de las muestras de suelo, para cada uno de los tres apiques.

2.2.2 Perfil estratigráfico, CBR y características granulométricas y de plasticidad del material.

Las características granulométricas, humedad natural, índices de plasticidad y capacidad portante del suelo a lo largo del tramo se describen así, en el primer apique se encontraron dos estratos de suelo, el primero a una profundidad de 0 m a 0.70 m, una arena color café claro con franjas gris y rojas, arcillosa bien gradada en presencia de gravas y finos (SC-SW) y el segundo a una profundidad de 0.70 m a 1.5 m, grava en matriz arcillosa pobremente gradada en presencia de arenas color amarillo claro (GC-GP), con una capacidad portante CBR de 10.03%, presenta los siguientes valores en sus límites de consistencia: Limite liquido de 36% y un Limite plástico de 21% y por consiguiente un Índice de plasticidad de 15%, conformado por una gradación de 16.3% finos, 29.5% Arenas y 54.2% de grava.

En los siguientes 500 m se encontró dos diferentes estratos predominantes, a una profundidad de 0 m a 0.7 m una arcilla inorgánica de baja a media plasticidad (CL) y el segundo a una profundidad de 0.7 m a 1.5 m una arena arcillosa bien gradada en presencia de grava y finos (SC-SW), con una capacidad portante CBR de 7.15 %, presenta los siguientes valores en sus límites de consistencia: Limite liquido 36 % y un Limite plástico de 36 %, adicionalmente con un Índice de plasticidad de 15%; conformado por una gradación de 41 % finos, 22% Arenas y un 37 % de grava.

En el último apique se encontraron tres estratos de suelo, los cuales están conformados así, a una profundidad de 0 m a 0.5 m arena color café oscuro en presencia de arcilla de media plasticidad (SC), a una profundidad de 0.5 m a 1.0 m arcilla color café oscuro con betas rojas y grises, inorgánica de baja a media plasticidad (CL) y por último de 1.0 m a 1.5 m arena arcillosa bien gradada en presencia de gravas y finos (SC-SW), con una capacidad portante CBR de 7.65 %, presenta los siguientes valores en sus límites de consistencia: Limite liquido 39%, Limite plástico 22%, Índice de plasticidad de 18%, con una gradación de 47% Finos, 25% Arenas y 28 % Grava.

La realización de toma de muestras remoldadas se enfocó básicamente a la recuperación de muestras afectadas por algún tipo de corte el cual altera sus características naturales en campo, estas muestras generalmente se extraen por medio de hoyadoras los cuales recuperan la muestra representativa por medio de su paladraga. Para el caso de muestras inalteradas se procedió a realizar el hincado de moldes de CBR inalterado. En las diferentes exploraciones geotécnicas, las muestras tomadas fueron llevadas a laboratorio y acopiadas en lugares frescos y aireados para evitar modificar las características naturales de los materiales para posteriormente realizar los ensayos programados, esto se puede apreciar en la tabla III.

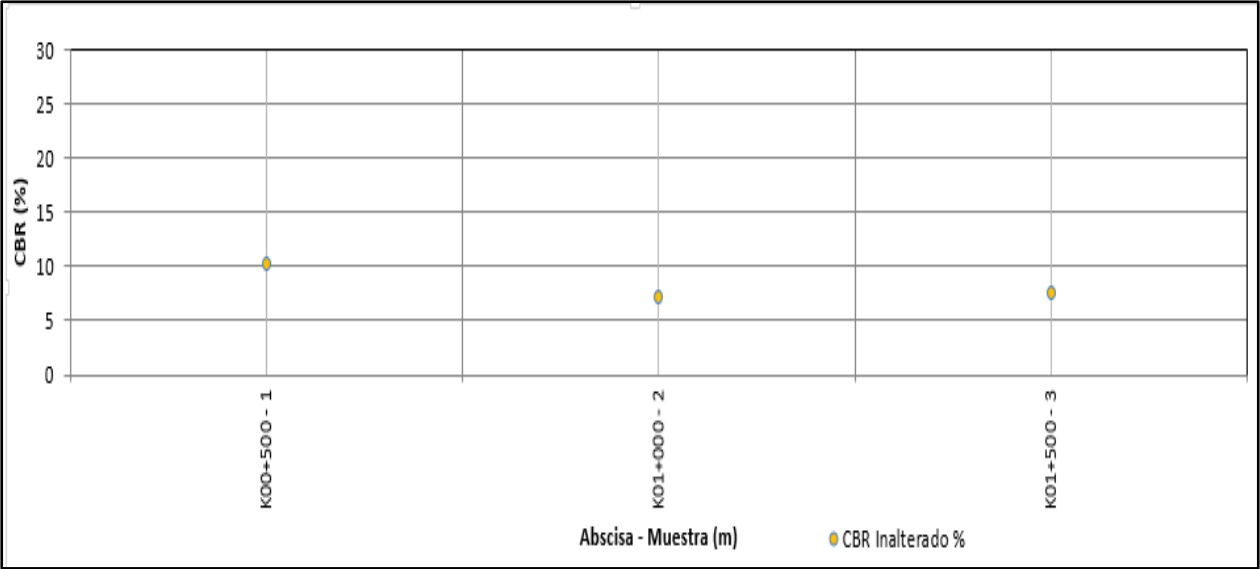
TABLA III
ENSAYO DE PDC



NOTA. Ensayo de penetrómetro dinámico de cono aplicado in situ, adicionalmente recolección de las muestras de suelo en moldes de CBR inalterados.

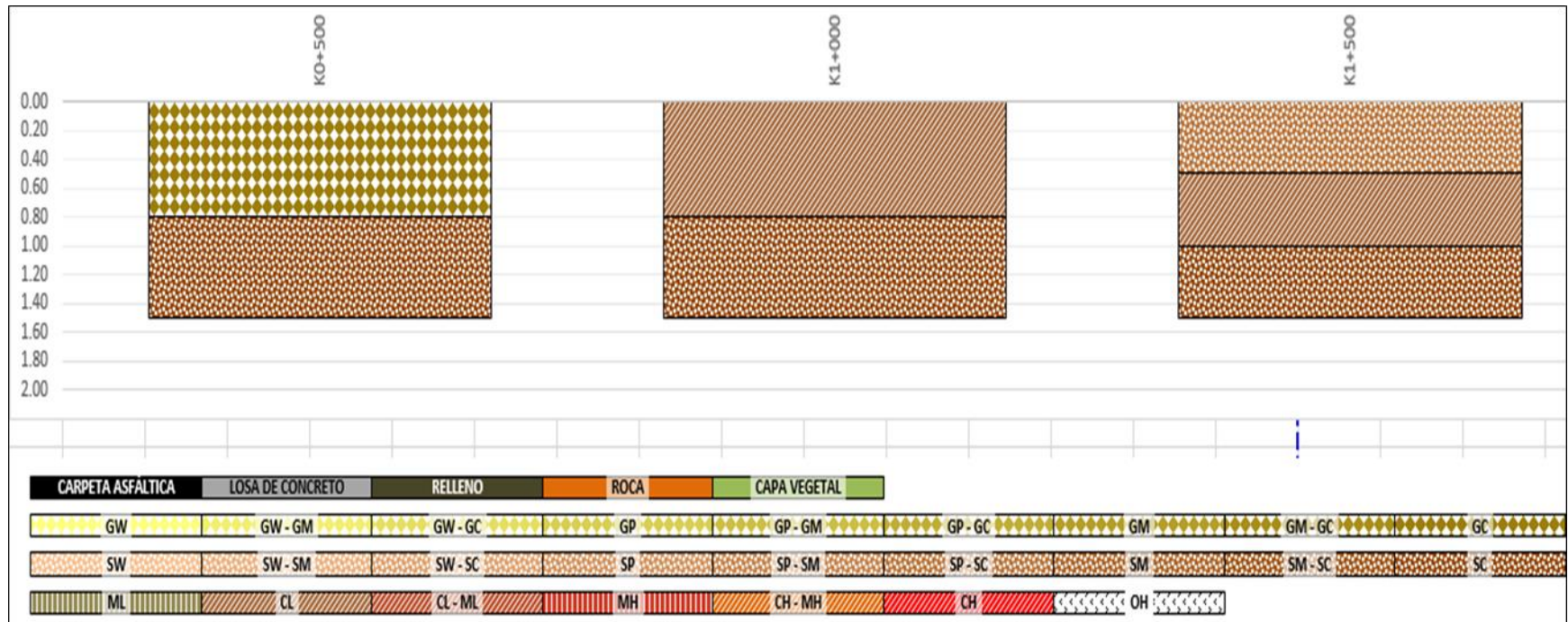
A continuación, se presenta, de forma gráfica, la capacidad portante del suelo, el perfil estratigráfico, las características granulométricas, humedad natural, índices de plasticidad.

Fig. 4 CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO CBR



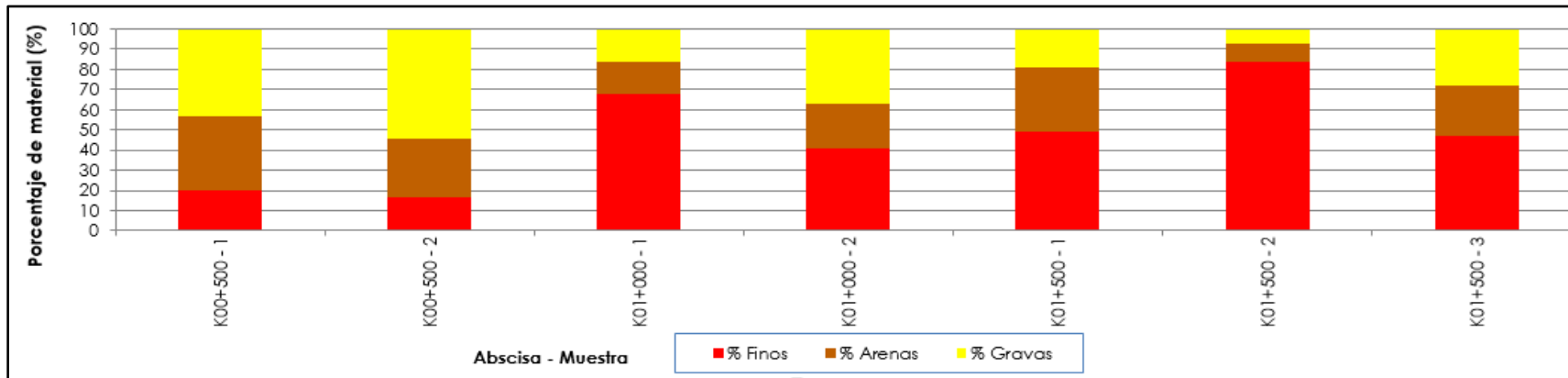
FUENTE: Propia, 2021

Fig. 5 PERFIL ESTRATIGRAFICO



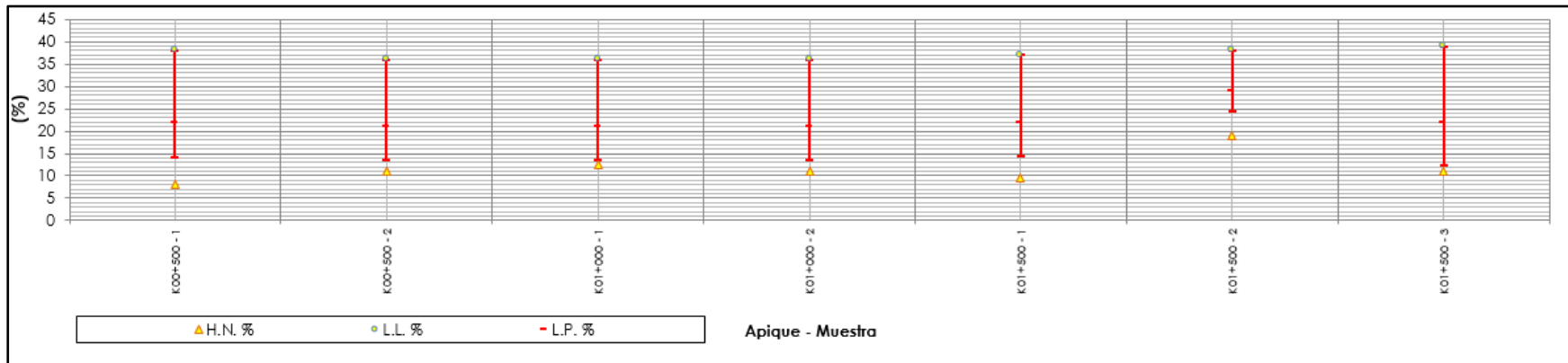
FUENTE: Propia, 2021

Fig. 6 GRANULOMETRIA DE LAS MUESTRAS.



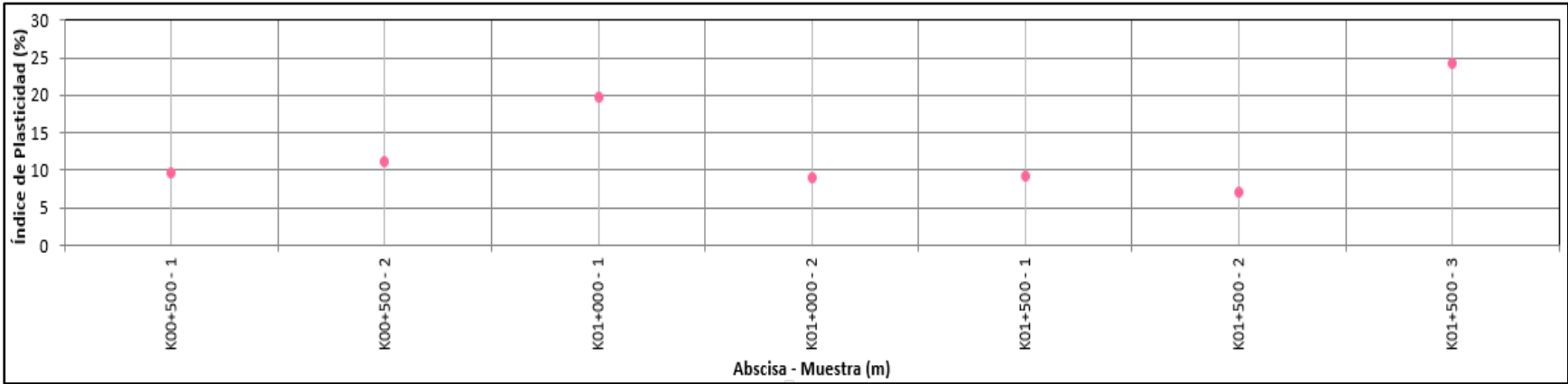
FUENTE: Propia, 2021

Fig. 7 HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE ATTERBERG.



FUENTE: Propia, 2021

Fig. 8 INDICE DE PLASTICIDAD EN EL TRAMO DE ESTUDIO.



FUENTE: Propia, 2021

2.3 Material filtrante

El material drenante podrá provenir de la trituración de roca o ser de cantos rodados, o una mezcla de ambos, y estará constituido por fragmentos duros y resistentes a la acción de los agentes del intemperismo [5]. Además, deberá cumplir con los siguientes requisitos enunciados en la tabla IV

TABLA IV
REQUISITOS DEL MATERIAL GRANULAR PARA FILTROS

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INVIAS	VALOR
Desgaste los ángeles. (%)	E-219	≤ 40
Pérdidas en el ensayo de solidez (%) -Sulfato de magnesio	E-220	≤ 18
Contenido de materia orgánica (%)	E-121	Cero

NOTA. Requisitos exigidos por el artículo 673 del INVIAS para material filtrante granular.

2.3.1 Contenido de material orgánico

Este método sirve para determinar la oxidación cuantitativa de materia orgánica en tales materiales y proporciona una estimación válida del contenido orgánico. El método de la "Combustión Húmeda" (AASHTO T194) se recomienda cuando se desea determinar el material orgánico (del tipo humus) fácilmente oxidables [6]

Para la realización de este ensayo fue necesario, primero hacer un análisis granulométrico por tamizado con una porción de material obtenido en campo, el cual tiene un peso de 4.85 kg, como se puede evidenciar en la tabla V.

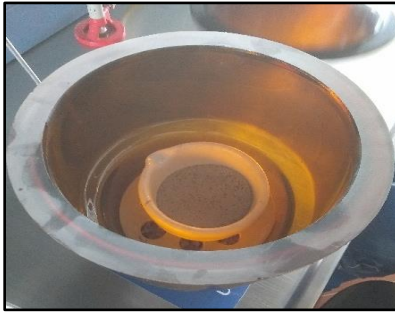
TABLA V
GRADACIÓN DE LA MUESTRA PARA EL ENSAYO.

No. TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO (kg)
1 1/2"	37.5	0.38
1"	25	0.94
3/4"	19	0.36
1/2"	12.5	0.79
3/8"	9.5	0.4
4	4.75	0.54
8	2.36	0.21
20	0.85	0.52
40	0.425	0.35
60	0.25	0.36
Peso total (kg)		4.85

NOTA. Gradación de la muestra de suelo empleada, por medio de tamizaje.

En el siguiente paso se tomó una muestra representativa de 100 g del material fino, es decir del tamiz N°8 hacia abajo, y se llevó al horno a una temperatura aproximada de 110 °C por un lapso de tiempo de media hora, y luego se puso en el desecador hasta que enfriara a temperatura ambiente como se puede ver en la fig. 9.

Fig. 9 MUESTRA SECANDO EN EL DESECADOR.



FUENTE: Propia, 2021

Luego de que se enfriara la muestra, se sacó una porción de 40 gr en un crisol previamente tarado, y seguidamente se llevó a la mufla a una temperatura de 375 °C por un lapso de 4 horas (imagen). Luego de esto se puso la muestra nuevamente en el desecador por 1 hora para finalmente obtener los resultados del ensayo.

Fig. 10 HORNO A 375° EN ENSAYO DE IGNICIÓN.



FUENTE: Propia, 2021

Según nos indica el INVIAS el contenido orgánico deberá expresarse como un porcentaje del peso del suelo secado en el horno y deberá calcularse como se muestra la Ecuación (1).

$$\% \text{ de materia organica} = \frac{A - B}{A - C} * 100$$

Ecuación (1): Cálculo del porcentaje de materia orgánica

Donde:

A: peso del crisol o plato de evaporación y del suelo seco al horno antes de la ignición

B: peso del crisol o plato de evaporación y del suelo seco después de la ignición.

C: peso del crisol o plato de evaporación, con aproximación a 0.01 gr.

A continuación, se presenta en la tabla VI, los cálculos y las evidencias fotográficas del proceso que se realizó en el laboratorio.

**TABLA VI
RESULTADOS DEL ENSAYO**

Peso del crisol con el suelo seco antes de la ignición A		343.3 gr
Peso del crisol con el suelo seco después de la ignición B		342.9 gr
Peso del crisol C		303.3 gr

NOTA. Resultados obtenidos al pesar en gramera los elementos empleados para el ensayo.

$$\% \text{ de materia organica} = \frac{343.3 - 342.9}{343.3 - 303.3} * 100 = 1\%$$

Ecuación (2): % de materia orgánica obtenido del ensayo.

2.3.2 Sanidad de los agregados frente a la acción de la solución de sulfato de magnesio.

Mediante este ensayo se puede obtener una información útil para juzgar la calidad de los agregados que han de estar sometidos a la acción de los agentes atmosféricos, sobre todo cuando no se dispone de datos sobre el comportamiento de los materiales que se van a emplear en las condiciones Climatológicas de la obra. [6]

Para la realización de este ensayo se fracciono la muestra, se separaron los agregados finos de los gruesos; se realizó el correspondiente tamizaje de tal manera que se pudiera obtener 100 g del agregado más fino.

Los tamices empleados en este ensayo se muestran en la tabla VII.

TABLA VII
TAMICES REQUERIDOS PARA EL ENSAYO.

TAMICES SERIE GRUESA		TAMICES SERIE FINA	
TAMIZ	ABERTURA (mm)	TAMIZ	ABERTURA (mm)
1"	25	4	4.75
3/4"	19	8	2.36
3/8"	9.5	16	1.18
		50	0.3

NOTA. Gradación por tamizaje, para las muestras de suelo grueso y fino

Luego de tener la muestra fraccionada en cada tamiz, se preparó lavando cada una de las fracciones y puestas a secar en el horno por 30 minutos a una temperatura de 110° C.

Ya que lo norma perdida de solidez (INV – E -220) nos recomendaba dos sulfatos diferentes para la realización del ensayo, se optó por usar el sulfato de magnesio, ya que empleando el sulfato de magnesio se asegura que los resultados son más notorios, por lo que se diluyeron 350 g del sulfato por cada litro de agua obteniendo así la proporción adecuada para el ensayo.

Fig. 11 PREPARACION DE LA SOLUCION SULFATO DE MAGNESIO



FUENTE: Propia, 2021

Las muestras se sumergen en la solución de sulfato de magnesio durante un periodo de 16 horas de tal manera que, la solución cubra por completo las muestras en cada uno de los recipientes.

Fig. 12 VERTIMIENTO DE LA SOLUCIÓN EN CADA UNA DE LAS FRACCIONES DE LA MUESTRA.



FUENTE: Propia, 2021

Posteriormente a la inmersión, se deja escurrir la muestra completamente, para luego, ser llevada al horno NUEVAMENTE a una temperatura de 110°C , hasta obtener masa constante y completamente seca. Una vez se ha secado la muestra se deja enfriar a temperatura ambiente, se toma el peso y se repite el procedimiento sumergiéndolas nuevamente en la solución como se había indicado anteriormente, cabe aclarar que para este ensayo se realizaron 5 ciclos que es lo mínimo recomendado por norma.

Ya terminado el último ciclo y que la muestra se ha enfriado, se hizo un lavado hasta que la muestra quede exenta de sulfato de magnesio.

Después de eliminar todo el sulfato de magnesio, cada fracción de la muestra se seca hasta obtener una masa constante, a una temperatura de 110°C , el siguiente paso es pesar la muestra, luego se tamiza nuevamente los agregados en los correspondientes tamices, determinando así la masa del material retenido en cada tamiz y se registra la cantidad;

La diferencia entre cada una de estas cantidades y las cantidades iniciales es la perdida durante el ensayo y se debe expresar como porcentaje de la masa inicial.

A continuación, en la tabla VIII se presentan los valores obtenidos en el laboratorio:

**TABLA VIII
RESULTADOS DEL ENSAYO.**

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO INICIAL	PESO FINAL CICLO 5	GRADACIÓN ORIGINAL %	PORCENTAJE QUE PASA DESPUÉS DE ENSAYO
1"	25	0.132	0.128	10.84%	0.40%
3/4"	19	0.241	0.237	19.79%	0.40%
3/8"	9.5	0.335	0.325	27.50%	1.00%
FRACCIÓN FINA					
4	4.75	0.21	0.173	17.24%	3.70%
8	2.36	0.1	0.084	8.21%	1.60%
16	1.18	0.1	0.088	8.21%	1.20%
50	0.3	0.1	0.099	8.21%	0.10%
		1.218	1.134	100%	8%

NOTA. Resultados obtenidos en la aplicación de solución de sulfato de magnesio.

2.3.3 Resistencia al desgaste de los agregados gruesos de tamaños mayores a 19 mm (3/4") por medio de la máquina de los ángeles

Este ensayo tiene por objeto establecer la resistencia al desgaste de agregados gruesos, de tamaños mayores de 19 mm (3/4"), mediante la máquina de los Ángeles. No se requiere ninguna gradación

especial, permitiéndose el uso de fragmentos de un solo tamaño. Las partículas podrán ser angulares o redondeadas o una combinación de ellas [6].

**TABLA IX
PREPARACION DE LA MUESTRA**

Tamiz 1" (25 mm)	
Tamiz 3/4" (19,5 mm)	
Tamiz 1/2" (12.5 mm)	
Tamiz 3/8" (9.5 mm)	

NOTA. Preparación de la muestra de suelo de agregado grueso

Se hizo una revisión al tambor para comprobar que estuviese limpio y que no hubiese residuos de ensayos anteriores, la muestra y la carga abrasiva (esferas de acero) se colocaran dentro de la máquina de los ángeles y se hizo girar el cilindro a una velocidad comprendida entre 188 y 208 rad/minuto (30 y 33 r.p.m) hasta completar 1000 revoluciones. Una vez cumplido el número de revoluciones se descargó el material del cilindro y se procedió a una separación preliminar de la muestra ensayada empleando un tamiz de abertura mayor al de 1.70 mm (No 12).

La fracción fina que pasó, se tamizó utilizando el tamiz de 1.7 mm (No 12).

El material más grueso que la abertura del tamiz de 1.7 mm se lavó, y se secó en el horno a una temperatura de 110° C hasta obtener masa constante y de esa manera determinar la masa.

Fig. 13 MUESTRA EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES



FUENTE: Propia, 2021

La diferencia entre la masa inicial de la muestra seca y la masa del material seco retenido en el tamiz de 1.7 mm (No 12) luego del ensayo expresada como porcentaje de la masa inicial será el desgaste de la muestra.

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

Ecuación (3): Porcentaje de desgaste

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{5000 \text{ g} - 1824 \text{ g}}{5000 \text{ g}} * 100 = 64\%$$

Ecuación (4): Porcentaje de desgaste obtenido en el ensayo

2.4 Estudio de tránsito

El mecanismo de falla del pavimento con placa-huella, que es por carga ultima, se puede concluir que la elaboración de un estudio de tránsito traducido en un espectro de cargas resulta innecesaria. El estudio del espectro de cargas es pertinente en el diseño de un pavimento que falle estructuralmente por acumulación de fatiga no siendo este el caso del pavimento con placa huella [7].

Lo relevante es la sección del vehículo de diseño, puesto que, de este, repente el peso y configuración del eje de referencia y la adecuación geométrica que se le debe construir a la vía para que dicho vehículo pueda circular adecuadamente. Tomando en consideración que la vía una vez pavimentada debe permitir la circulación de los camiones que transportan los productos agropecuarios, forestales, mineros o industriales que se extraigan o fabriquen en la zona, se ha adoptado como vehículo de diseño, el camión C₃.

2.5 Estudio de clima

Por medio del software Clima se obtuvieron los siguientes datos fundamentales para el diseño de la placa huella como lo son la precipitación media anual (PMA) y la temperatura media (T °C).

El primer paso fue hacer el trazado de la vía en Google Earth, obteniendo de esa forma las coordenadas geográficas.

El siguiente paso fue, trasladar las coordenadas geográficas al programa Clima, donde este analiza las estaciones meteorológicas cercanas a la vía para realizar el estudio de temperatura y la precipitación.

Fig. 14 ESTACIONES METEOROLOGICAS CERCANAS A LA VÍA

General

Departamento : META [50]
Municipio : VILLAVICENCIO [50001]
Categoría :

Precipitación Media Mensual (mm) **Temperatura Media Mensual (°C)**

Mínimo :
Máximo :
Año : 2020

Variables Climáticas

SELECCION ESTACIONES CLIMATICAS

Se encontraron [1] Estaciones Climáticas, confirme la selección...

☐ 10 - MAXIMOS DIARIOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)
☐ 11 - MEDIOS(V) DIARIOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

Buscar **Salir**

Ruta de Google-Earth

#	Latitud (g,m,s)	Longitud (g,m,s)
1	4,4,44.6887	-73,44,52.47
2	4,4,45.6654	-73,44,52.5232
3	4,4,46.3762	-73,44,52.7053
4	4,4,47.0454	-73,44,52.487
5	4,4,47.4079	-73,44,51.6432
6	4,4,47.9066	-73,44,50.9781
7	4,4,48.7672	-73,44,50.4416
8	4,4,49.3596	-73,44,50.0387
9	4,4,49.8146	-73,44,49.9044
10	4,4,50.5926	-73,44,49.5444
11	4,4,51.2689	-73,44,49.6349
12	4,4,51.9505	-73,44,49.4996
13	4,4,52.5581	-73,44,49.0012
14	4,4,52.7975	-73,44,48.6829
15	4,4,52.9082	-73,44,48.1811
16	4,4,53.1513	-73,44,47.8145

Forma de Rastreo

☒ Cerca a la Ruta ☐ Dentro de Ruta

Distancia Máxima (Km) : 5

FUENTE: Propia, 2021

Donde solo se encontró una estación, y era muy escasa la información, por lo que se decidió trabajar con todas las estaciones de la ciudad de Villavicencio- Meta, con una información de 11 años atrás.

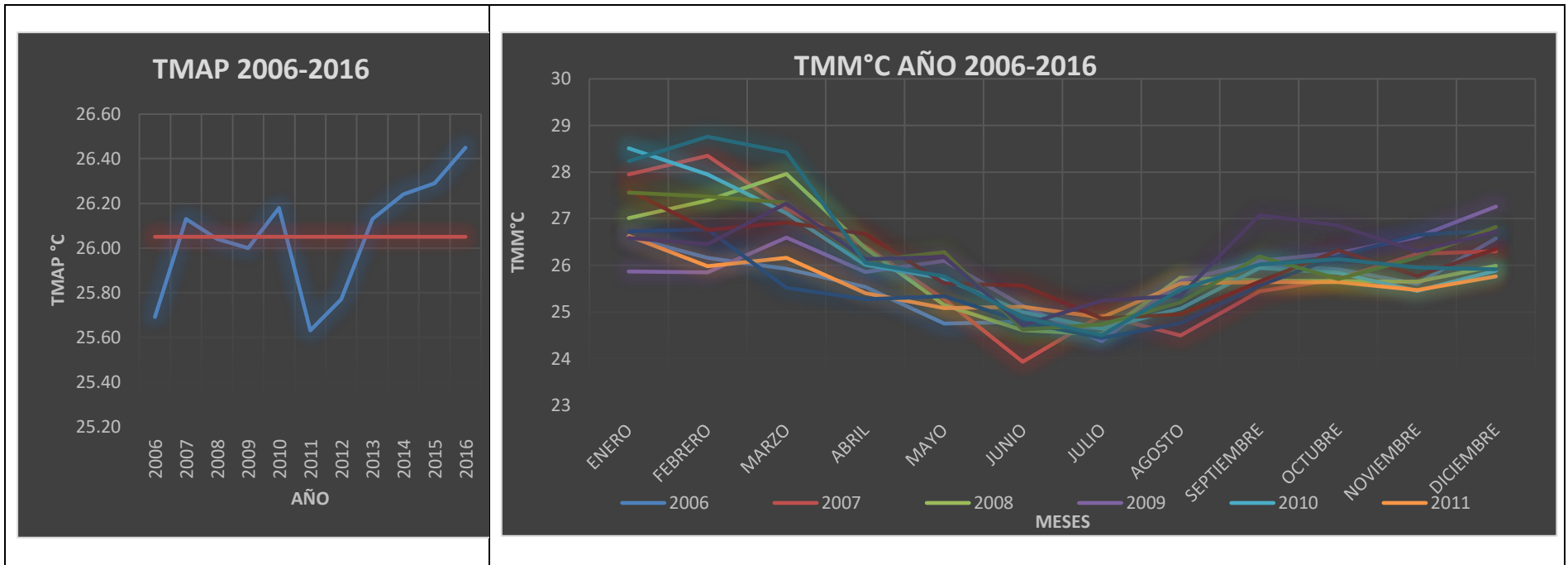
2.5.1 Temperatura media anual

TABLA X
TEMPERATURA MEDIA ANUAL

TEMPERATURA MEDIA ANUAL PONDERADA Y TEMPERATURA DE DISEÑO			
AÑO	TMAP °C	TMAP PROM	FACTOR DE PONDERACION
2006	25.69	26.05	2.01
2007	26.13	26.05	2.13
2008	26.04	26.05	2.11
2009	26.00	26.05	2.10
2010	26.18	26.05	2.15
2011	25.63	26.05	2.00
2012	25.77	26.05	2.04
2013	26.13	26.05	2.13
2014	26.24	26.05	2.17
2015	26.29	26.05	2.18
2016	26.45	26.05	2.23
TMAP DE DISEÑO (°C)		26	

NOTA. Temperatura media anual obtenida para los 11 años de estudio empleando el software clima

TABLA XI
TEMPERATURA MEDIA ANUAL EN GRÁFICAS



NOTA. Gráficas obtenidas de temperatura media anual vs los años de estudio, y temperatura media anual vs los meses del año

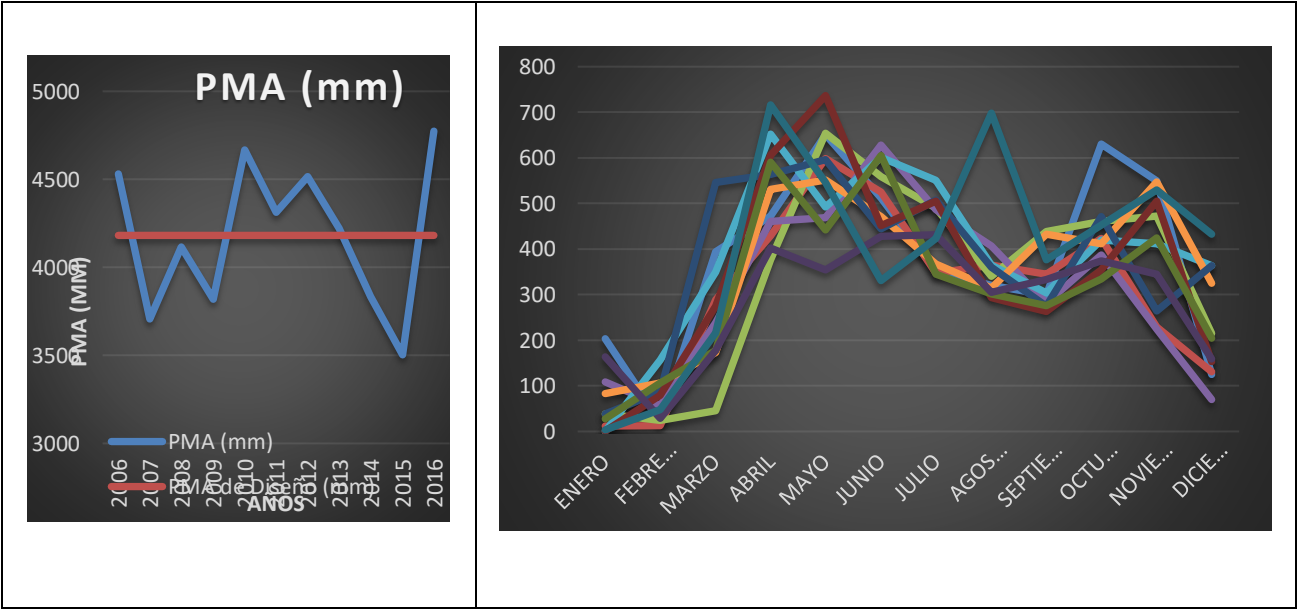
2.5.2 Precipitación media anual

TABLA XII
PRECIPITACION MEDIA ANUAL PMA (mm)

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (PMA)		
Año	PMA (mm)	PMA de Diseño (mm)
2006	4530.74	4181.82
2007	3706.94	
2008	4114.46	
2009	3817.83	
2010	4666.73	
2011	4312.75	
2012	4517.21	
2013	4221.44	
2014	3834.76	
2015	3503.35	
2016	4773.86	

NOTA. Precipitación media anual obtenida para cada uno de los años en estudio.

TABLA XIII
PRECIPITACION MEDIA ANUAL EN GRAFICA



NOTA. Gráficas obtenidas de precipitación media anual vs los años de estudio, y precipitación media anual vs los meses del año.

3. RESULTADOS

La capacidad portante del suelo (CBR) que se obtuvo del estudio de suelo, fue superior al 8.2% lo que indica que la subrasante no requiere algún tipo de mejoramiento.

El material filtrante recolectado en la zona no cumple con los criterios para ser empleado, ya que de los tres criterios exigidos por el artículo 673 sub-drenes con geo-textil y material granular solo cumple , como se describe a continuación, el porcentaje de materia orgánica que se obtuvo de la muestra analizada fue del 1%, indicando que no cumple ya que se exige que el porcentaje de materia orgánica sea de cero (0), el segundo criterio, el porcentaje de solidez de los agregados fue del 8%, indicando que si cumple ya que debe ser menor o igual al 18%, por ultimo tenemos el porcentaje de desgaste obtenido de 64%, indicando que no cumple el cual demanda debe ser menor o igual al 40%.

En el estudio del tránsito, al ser una zona con poco flujo vial se determinó emplear el camión de diseño C3.

En el estudio meteorológico, se obtuvo la precipitación y la temperatura del sitio empleado, determinándose así un sitio con bastante precipitación media anual con un valor superior a los 4000 mm y una temperatura media de 26 °C.

4. CONCLUSIONES

El %CBR de la sub-rasante es de 8.2%, el cual fue determinado a partir de correlaciones con el ensayo con el P.D.C. (Penetrómetro Dinámico de Cono), por lo cual, este tipo es apto para construir la Placa Huella sin realizar ningún tipo de mejoramiento, ya que el valor de la capacidad de soporte mínima sugerida por el INVIAS en el manual de diseño de Placa Huella es de 3%.

A través de encuestas y aforos se pudo comprobar que la mayoría del tránsito de la vereda estaba compuesto por motocicletas, por lo que se estableció un camión de diseño tipo C3.

Debido a los resultados arrojados por el estudio técnico del material filtrante, donde se evidencia que los resultados no fueron los esperados, y al no ser aptos para este propósito, es necesario realizar un análisis minucioso sobre los costos de acarrear un material que cumpla con los estándares de calidad que exige el INSTITUTO NACIONAL DE VIAS (INVIAS), y de preferencia que se puedan extraer de canteras cercanas a la zona.

De acuerdo al análisis realizado del estado actual de la vía se observaron deficiencias en el sistema de drenaje, inconveniente de transitabilidad segura en épocas de invierno.

Teniendo en cuenta las condiciones climáticas que presenta la zona de estudio demuestra que es bastante lluviosa, y por ende bastante húmeda, por lo que se podrían implementar barreras contra viento de tipo natural, lo cual ayudaría a dar solución a este problema evitando efectos nocivos que las brisas o vientos puedan ocasionar en el proceso del curado, lo que conllevaría a un fisuramiento de las losas; adicionalmente se podría mitigar y compensar el impacto ambiental generado por la invasión del espacio natural con la construcción de la placa-huella.

Haciendo énfasis en la parte socioeconómica y turística de la vereda se puede estimar que la realización del Proyecto traería un gran avance a la vereda desde cualquier punto de vista, ya que atraería una mayor cantidad de turismo local y extranjero, los habitantes de la vereda se beneficiarían en cuanto al transporte de insumos y productos de su tierra; y así mismo los niños residentes se podrían desplazar hacia la escuela sin ningún problema, aportando a la construcción de un mejor futuro para ellos.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, le agradezco a Dios por concederme la vida, y el privilegio de culminar esta etapa, ya que sin El nada sería posible. También a mis padres quienes me han brindado su apoyo incondicional y me han ayudado a forjar un mejor futuro.

A la Ingeniera Jessica Ramírez directora de la tesis, por su asesoría, tiempo, consejos y conocimientos compartidos a lo largo de este camino.

Pedro Anderson Quevedo Urrea

Primero que todo darle las gracias a Dios porque sin él no estaría, ni habría llegado hasta aquí; también gracias a las oraciones de mi madre y su apoyo incondicional, a mi padre por inculcarme valores y enseñanzas que me han abierto muchas puertas.

A nuestra directora de tesis Jesica Ramírez por su paciencia y su orientación para poder formarnos en esta etapa como ingenieros civiles.

Rafael Raúl Chávez Hernández

REFERENCIAS

- [1] INVIAS, «SISTEMA CONSTRUCTIVO DE PLACA HUELLA,» PROYECTOS TIPO, Bogotá, 2016.
- [2] H. D. Prada Torres, «SEGUIMIENTO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LAS PLACA HUELLA,» ALCALDIA DE CAJICÁ, MUNICIPIO DE CAJICÁ, 2012.
- [3] D. B. CITY, «D B CITY.COM,» 02 Abril 2021. [En línea]. Available: <https://es.db-city.com/Colombia--Meta>. [Último acceso: 15 Abril 2021].
- [4] T. D. Rodríguez, «FORMULACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO Y USO DE PLACA-HUELLA,» UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SEDE BOGOTÁ, BOGOTA, 2019.
- [5] D. Sabogal Rojas, «PRE-DISEÑO ESTRUCTURA DE PLACA HUELLA FÓMEQUE CUNDINAMARCA,» UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SEDE BOGOTÁ, BOGOTA, 2018.
- [6] INVIAS, «INVIAS,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/7714-manual-de-mantenimiento-de-carreteras-2016-v2>. [Último acceso: 11 Enero 2021].
- [7] AASHTO, «GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES,» de *GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES*, Washington D.C., 1993.
- [8] D. A. O. Niño, DRENAJE Y SUBDRENAJE EN VIAS TERRESTRES, BOGOTA : Universidad de la salle , 1991.