DISEÑO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE CON MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL(MAN) EN LAS VIAS VEHICULARES DEL CONJUNTO RESIDENCIAL PORTAL DEL LAGO EN EL MUNICIPIO DEL CARMEN DE APICALÁ.

CARLOS ANDRES CRUZ GARAY

COD. 430057111

MANUEL GERMÁN FERRO ESCAMILLA

COD. 21610376

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA S.A.M.

FACULTAD DE INGENIERIA

ESP. DISEÑO Y CONSTRUCCION DE VIAS

GIRARDOT

2023

DISEÑO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE CON MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL COMO CAPA DE RODADURA DE 350 METROS EN EL URBANISMO PORTAL DEL LAGO ETAPA 3 EN EL CARMEN DE APICALÁ.

CARLOS ANDRES CRUZ GARAY

Código. 430057111

MANUEL GERMÁN FERRO ESCAMILLA

Código. 21610376

Trabajo de grado para optar al título de:

ESPECIALISTA EN DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE VÍAS

Instructor

OSCAR DANIEL GUIFO ROLDAN

Ing. Civil y Magister en infraestructura vial

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA S.A.M.

FACULTAD DE INGENIERIA

ESP. DISEÑO Y CONSTRUCCION DE VIAS

GIRARDO

2023

Nota de aceptación

_____

_____

_____

_____

Firma director del proyecto

_____

Firma primer jurado

_____

Firma primer jurado

_____

TABLA DE CONTENIDO

1. Resumen 8
2. Abstract 9
3. Introducción 10
4. Problema De Investigación 12
4.1 **Pregunta De Investigación** 12
5. Justificación 13
6. Objetivos 15
6.1 **General** 15
6.2 **Específicos** 15
7. Marco De Referencias 16
5.1 Antecedentes 16
5.2 Marco teórico 18
5.2.1 Pavimento y su función 18
5.2.2 Estructura del pavimento 19
5.2.3 Asfaltos naturales 20
5.2.4 Formaciones de los asfaltos naturales 21
5.2.5 Asfalto convencional 21
5.2.6 Mezcla asfalto natural (M.A.N.) 24
5.2.7 Metodología de diseño de pavimento 26
5.2.8 Ensayos de laboratorio a practicar 27
8. Marco legal 30
8.1 Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos. I.N.V. E - 213-07. 30
8.2 Resistencia de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato MARSHALL I.N.V. E - 748 - 07. Objeto. 30
8.3 Porcentaje de vacíos de aire en mezclas asfálticas compactadas densas y abiertas I.N.V. E - 736 - 07. Objeto. 30
8.4 Análisis volumétrico de mezclas asfálticas compactadas en caliente I.N.V. E -799-07. Objeto. 31
8.5 Norma INVÍAS E-733-07. 31
8.6 norma INVÍAS e-799-07. 31

9. Marco contextual 32
9.1 marco geográfico 32
ubicación geográfica 32
climatología..... 33
9.2 marco demográfico 34
10. Diseño metodológico 35
11. costos y recursos 36
11.1 Recursos Humanos..... 36
11.2 Recursos Materiales 36
12. Desarrollo de la metodología 37
10.1 Encuesta 37
10.2 metodología AASHTO 93 44
12.3 método INVIAS 58
13. CONCLUSIONES 69
14. RECOMENDACIONES..... 70
15. BIBLIOGRAFIA 71
16. Referencias..... 73
17. ANEXOS 74
17.1. CBR..... 74

Ilustraciones

Ilustración 1 localización 33

Ilustración 2 planos del proyecto 34

Ilustración 3 fases del proyecto 35

Ilustración 4 respuestas pregunta 1 37

Ilustración 5 respuestas pregunta residencia 38

Ilustración 6 respuestas pregunta edad 39

Ilustración 7 respuestas medio de transporte 40

Ilustración 8 respuestas pregunta pavimento con menos impacto ambiental 41

Ilustración 9 respuestas mejor pavimento para el proyecto 42

Ilustración 10 respuesta imagen del proyecto 43

Ilustración 11 hoja de cálculo método AASHTO 93 53

Ilustración 12PAV-NT1 67

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 periodo de diseño AASHTO 93 44

Tabla 2 nivel de confiabilidad 45

Tabla 3 modulo e Mpa 46

Tabla 4 MODULO R 47

Tabla 5 número de vehículos por día 49

Tabla 6 espesores mínimos 50

Tabla 7 clases 50

Tabla 8 transito promedio diario 51

Tabla 9 Nivel de transito 58

Tabla 10 tasa de crecimiento 59

Tabla 11 comportamiento de la subrasante 59

Tabla 12 transito promedio diario 60

Tabla 13 factor de daño 61

Tabla 14 factor direccional 62

Tabla 15 rangos tránsito por carril 63

Tabla 16 regiones climáticas 64

Tabla 17 entornos de resistencia 65

Tabla 18 parámetros de diseño 66

1. Resumen

Colombia es un país el cual se encuentra en un auge en cuanto el desarrollo de la infraestructura vial, haciendo que este sus inversiones en cada uno de sus departamentos generen consigo una mejora en el sector económico y así mismo reducir tiempos de movilización.

El proyecto busca generar una alternativa de diseño en la estructura de un pavimento flexible mediante la aplicación de mezcla asfáltica natural la cual es extraída de la mina San Pedro ubicada en el municipio de Armero esto con el fin de comprobar sus características y así mismo poder incluirse en el diseño de un pavimento de una vía nueva a intervenir para con ello poder demostrar su comportamiento en bajos volúmenes de transito como lo es el caso a estudio.

2. Abstract

Colombia is a country which is experiencing a boom in the development of road infrastructure, making its investments in each of its departments generate an improvement in the economic sector and likewise reduce mobilization times.

The project seeks to generate a design alternative in the structure of a flexible pavement through the application of natural asphalt mix which is extracted from the San Pedro mine located in the municipality of Armero, this in order to verify its characteristics and likewise be able to be included. in the design of a pavement of a new road to intervene in order to demonstrate its behavior in low volumes of traffic, as is the case study.

3. Introducción

En Colombia actualmente es un pilar importante tener en condiciones óptimas la red vial con el fin de tener un fortalecimiento y competitividad en referencia a la economía y calidad de transporte. Esto también permite generar una mejor comunicación y movilidad vial, de acuerdo con lo anterior surge la necesidad de implementar métodos y procedimientos distintos a los del común que sean novedosos y al mismo tiempo efectivos, donde la utilización de materiales nuevos y eficientes permite generar una reducción de costos y así mismo la reducción de tiempos.

El municipio del Carmen de Apicalá cuanta con una extensión en vías de las cuales el mayor porcentaje de ellas se encuentran en deterioro y/o se presentan en afirmado natural siendo esto una deficiencia para la movilización dentro de la ciudad es por ende que al plasmarse la construcción del conjunto residencial en mención se hace necesario intervenir la vía interna de este proyecto que defina los parámetros fundamentales del diseño.

El asfalto natural es un material no convencional el cual se presentan en abundancia en el país haciendo que su obtención sea fácil y así mismo permite positivamente ayudar al ambiente, se presenta como alternativa y a través de este proyecto de investigación se busca promover la utilización de este material mediante el estudio de sus características físicas de una mezcla de asfalto natural extraída de la mina San Pedro ubicada en el municipio de armero y además observar el desempeño de esta mezcla asfáltica en el lugar de estudio.

Concluyendo lo anterior, se pretende verificar la viabilidad de esta mezcla asfáltica natural de tal manera que esta cumpla con los parámetros establecidos por la normatividad INVIAS y así mismo la realización de una comparación con la metodología AASHTO 93.

4. Problema De Investigación

El proyecto se basa en el diseño de un pavimento flexible mediante la aplicación de una mezcla asfáltica natural como capa de rodadura para el urbanismo portal del lago etapa 3. el principal problema que se presenta es el estado del tramo de vía a intervenir debido a los problemas por fallos de humedad presentados en el sitio ocasionando fisuras y daños en la capa de rodadura, por ende los mantenimientos que se han realizado no han generado una solución a largo plazo es por ello que mediante el diseño de un pavimento flexible se busca generar una solución a ello y así mismo poner en evidencia el comportamiento del asfalto natural, realizando una comparación con el asfalto tradicional.

4.1 Pregunta De Investigación

¿de qué forma beneficiara la implementación del diseño de un pavimento flexible con mezcla asfáltica natural en la pavimentación, reducción de costos y mitigación de impactos ambientales del tramo de vía a intervenir?

5. Justificación

Los países en todo el mundo que se encuentran en desarrollo debido al incremento de la economía mundial y debido al crecimiento de la tasa de habitantes, surge la necesidad de tener mayor cobertura en cuanto se refiera la infraestructura vial como lo es el caso de Colombia, para así poder generar una mejor competencia y alcance de los recursos del estado.

Para el caso de las inversiones de la infraestructura vial se debe tomar en referencia el tema de costo beneficio y así mismo la vida útil de dichas obras. Por lo tanto, realizando la búsqueda de materiales nuevos los cuales estén acompañados de procesos más eficaces y al mismo tiempo menos económicos, se presenta un material como lo es el asfalto natural el cual se logra encontrar en varios lugares del territorio.

Con base a los resultados de investigaciones y experiencias del asfalto natural en la pavimentación de vías, a lo largo de los años, el INVIAS expidió la resolución número 10099 del 27 de diciembre de 2017 (Vías-INVIAS., 2017) donde se adoptan las Especificaciones Particulares de Construcción como alternativas de pavimentación utilizando asfalto natural en vías con bajos volúmenes de tránsito, categoría NT1, por considerar estos materiales, aunque son no convencionales, pueden llegar a ser implementados en la pavimentación de vías terciarias de la Red Vial Nacional. (Vías-INVIAS., 2017)

La presente investigación busca conocer el comportamiento de este material extraído de minas cercanas al sitio tomando como referencia la mina San Pedro ubicada en armero Tolima aplicándose a un terreno el cual se presentan en afirmado natural exponiendo fallas por humedad hecho que busca exponer la funcionalidad de este material ante este tipo de problemática, además, proporcionar una comparación a manera de estudio con la aplicación de asfalto tradicional, con ello para poder exponer la viabilidad de este ante la aplicación en este tramo.

6. Objetivos

6.1 General

Diseñar la estructura de un pavimento flexible con mezcla asfáltica natural en las vías vehiculares del conjunto residencial portal del lago en el municipio del Carmen de Apicalá.

6.2 Específicos

- Realizar la identificación de la zona de estudio para establecer los parámetros de diseño del pavimento
- Caracterizar el contenido del asfalto natural a implementar realizando un análisis comparativo con el asfalto convencional.
- Determinar la metodología a implementar de acuerdo con las metodologías que predominan como lo es el INVIAS y la AASHTO
- Realizar el diseño del pavimento en el diseño de pavimento y analizar técnicamente la viabilidad de implementación.

7. Marco De Referencias

5.1 Antecedentes

Para Peña (2014) la asfaltita ha sido de gran utilidad desde hace 5000 años atrás, donde sus usos se daban en revestimientos de tuberías, construcción de pavimentos, lacas, barnices, llantas y entre otros. la historia de la asfaltita se remonta hace 5000 años atrás, en donde al asfalto natural le habían dado usos en revestimientos de tuberías, impermeabilizaciones, construcción de pavimentos, barnices, llantas, entre otros. En ese entonces el asfalto era confundido en cuanto a uso con el petróleo y era utilizado por las diferentes civilizaciones de la época. Según estudios geológicos realizados mediante excavaciones arqueológicas la incorporación de la asfaltita en caminos se había presentado desde el año 3200 a 540 A.C.

Peña (2014), mediante su investigación comenta que en 1941 surge nuevamente el interés de implementar los asfaltos naturales en los pavimentos debido a que la zona de estudio en el departamento de Boyacá municipio de Tuta brindaba el apoyo de exploración y explotación de yacimientos. Según los geólogos e ingenieros que caracterizaban el material de tiempo atrás no la aprovecharon debido a la falta de conocimiento físico. Es por ello que mediante procesos de concentración, pensando en la aplicación directa del conglomerado mineral impregnado para mejoramiento de las vías para con ello lograr mejorar y realizar mantenimientos de las carreteras.

Los autores William Montealegre y Cesar Betancur (2019) proponen en su proyecto de investigación titulado “diseño de un pavimento flexible por el método AASHTO utilizando como capa de rodadura un asfalto natural y chequearlo por el método racional”. El diseño de un pavimento flexible donde se propone utilizar asfaltito o asfalto natural como capa de rodadura vía que comunica la vía el Totumo con la Vereda Llanos del Combeima, comprendido entre el K2+000 al K4+000 localizado en Ibagué departamento del Tolima, el cual presenta una longitud total de 2 km y en el cual expone memorias de cálculos y comparaciones de la utilización de los dos métodos. (Montealegre & Betancur, 2019)

También en el proyecto de investigación denominado “diseño de pavimento flexible en asfaltita natural para 1.5 km entre el sector comprendido de la vereda socavón y el chupo jurisdicción del municipio de armero guayabal Tolima”. basa en la recolección de datos en campo y laboratorio para los diferentes diseños y estudios ejecutados como los estudios de suelos, topografía, diseño geométrico, diseño de drenaje; diseño de pavimento y el respectivo presupuesto para ser entregados a la administración municipal para su respectiva financiación y/o gestión para llevar a cabo este tipo proyecto en beneficio de la comunidad. (Mape & Rubio, 2019)

5.2 Marco teórico

5.2.1 Pavimento y su función

Los pavimentos estructurales, que descansan sobre cimientos adecuados, están diseñados para proporcionar una superficie rodante que permita el movimiento seguro y cómodo de los vehículos a la velocidad de operación requerida y en todas las condiciones climáticas. Dependiendo de la demanda, existen diferentes tipos de fundas.

Las principales funciones del asfalto se describen a continuación:

Impermeabilidad: Evita que las aguas subterráneas y superficiales afecten las estructuras del pavimento, complementado con sistemas de drenaje que controlan la presencia de agua.

Resistencia: La estructura está formada por diferentes capas que absorben y distribuyen las cargas provocadas por el tráfico de automóviles, evitando deformaciones y desgastes provocados por el paso de los vehículos y el medio ambiente.

Capa de rodadura: Esta capa brinda a los usuarios seguridad, comodidad, economía y reduce el tiempo de viaje.

5.2.2 Estructura del pavimento

La estructura del pavimento flexible está compuesta por una capa superficial que es la capa de rodadura, seguida por la base y la subbase consecutivamente, lo cual en complemento se encuentra apoyado sobre la subrasante o terreno natural a donde llega una parte de la carga vehicular.

Carpeta asfáltica: está compuesta por mezclas asfálticas y materiales pétreos. Esta es la capa que recibe directamente las cargas vehiculares y los afectos atmosféricos.

Base granular: es una capa ubicada bajo la carpeta asfáltica, de material granular fraccionante para que garantice una resistencia adecuada y la permanencia de dicha resistencia ante la variación de las condiciones que puedan producirse y a su vez debe contener vacíos. Cuya función es transmitir los esfuerzos producidos por el tránsito, hacia las capas inferiores.

El material granular debe cumplir con unas características granulométricas como se indica en la tabla 330.1 del artículo 330 del manual de diseño de pavimentos asfalticos para vías con bajos volúmenes de tránsito de la norma INVIAS.

Subbase granular: es una capa granular construida con materiales de menor costo que en las capas superiores, esta capa ayuda al drenaje del agua que pueda llegar a filtrarse de la superficie o simplemente hacienda por capilaridad.

De igual manera estos agregados deben cumplir con una franja granulométrica la cual debe cumplir con lo indicado en la tabla 320.1 del artículo 320 del manual de diseño de pavimentos asfalticos para vías con bajos volúmenes de tránsito de la norma INVIAS.

Subrasante: es la superficie que soporta la estructura del pavimento, está compuesta por el terreno natural, aunque en ocasiones es necesario mejorar las características del terreno, pues de estas dependerá en gran medida el espesor total del pavimento.

5.2.3 Asfaltos naturales

El asfalto natural o nativo constituye una amplia gama de productos a base de asfáltica que se encuentran en la naturaleza. A partir de estos productos se pueden obtener adhesivos para pavimentación sin destilación.

El asfalto natural se forma por la migración de ciertos aceites naturales a la superficie terrestre, emergiendo a través de fracturas y rocas porosas, seguida o combinada con la volatilización de sus componentes más livianos y la consecuente concentración de los compuestos bituminosos existentes. Algunos se encuentran en estado casi puro, formados principalmente por sustancias hidrocarbonadas con pequeñas cantidades de minerales, aunque lo más habitual es que se mezclen con otros minerales.

5.2.4 Formaciones de los asfaltos naturales

La aparición de asfalto en la superficie puede ser en forma de flujos superficiales, en roca impregnada o en vetas rellenas de asfalto. Las formaciones de flujo superficial se clasifican de la siguiente manera: Manantiales. Sólo se encuentran petróleo y asfalto líquido, que llegan a la superficie a través de grietas o fallas. Son grandes manantiales, un ejemplo de este tipo es el lago Asfalto en Trinidad y Tobago. fuga. Esto sucede cuando la roca está sostenida por asfalto o está al pie de una montaña o roca. El peso de esta formación o el aumento de temperatura provocado por la radiación solar produce una cierta cantidad de asfalto que sale de la roca. Las vetas están cubiertas de asfalto. La dirección en la que normalmente se encuentra el asfalto duro para rellenar las grietas depende del tipo de falla.

5.2.5 Asfalto convencional

Son estructuras compuestas por superposiciones de materiales seleccionados sobre terreno natural para dispersar las cargas aplicadas por vehículos sobre la subrasante; estas estructuras de pavimento deben Proporciona una adecuada resistencia al deslizamiento, a las roderas y a las grietas, bajos niveles de ruido y niveles adecuados de reflexión de la luz.

La tarea de la estructura es distribuir la carga sobre los neumáticos del vehículo, de tal manera que no exceda la capacidad de carga del suelo.

En el pavimento flexible tradicional existen diferentes tipos, por ejemplo: Concreto Asfáltico, Superficie Asfáltica Estabilizada y Superficie Asfáltica Liviana, estas definiciones dependen de los materiales transformados en el pavimento, los cuales transmiten tensión y deformación a Las capas que componen su estructura.

La estructura típica de un pavimento consta de una subrasante, que es la topografía natural en el diseño del diseño; una subbase, un material de elección que brinda soporte estructural y mejora el drenaje, que busca reducir la contaminación de grano fino desde la subrasante hasta la parte superior capas; la base consta de una superficie dura y duradera, proporciona una distribución adicional de la carga y ayuda al drenaje; se aplica una capa de imprimación o liga la baja viscosidad en superficies absorbentes reduce el asfalto y proporciona adherencia entre capas, la superficie de rodadura es la capa que permanece en contacto con el tráfico y resiste las cargas de los vehículos, tiene una superficie regular e impermeable y es antideslizante.

El concreto asfáltico corresponde al 4% al 8% de ligante asfáltico, y 92% a 96% del agregado se calienta a aprox. 150°C luego comprimido, el porcentaje es lo que se comprueba encuentre el mejor porcentaje de asfalto.

El pavimento flexible fue previamente sometido a una serie de pruebas para determinar diferentes propiedades que permitieran adherir diferentes capas y espesores dependiendo del material cercano al área de trabajo para reducir costos de infraestructura.

Se estima que los pavimentos resilientes tienen una vida útil de 10 a 20 años, tienen un costo inicial bajo y requieren un mantenimiento constante, si no se les da el mantenimiento adecuado dará lugar a reparaciones ligeras pero continuas, se pueden agregar capas en cualquier momento, no son propiedad perdida antideslizante, admite un rango de temperatura más amplio; estos revestimientos flexibles tienen una menor capacidad de carga y actúan como una capa elástica para transferir la carga a través de la estructura granular del revestimiento.

La carga del neumático se distribuye a través de la zona de contacto en un área más amplia a través de las capas que forman la superficie de la carretera, lo que provoca deformaciones en la capa superior que se notan en la superficie de la carretera a capa superior es ondulada, hueca, etc.

Las funciones de las capas de cobertura como base y sustrato son soporte estructural, reducción del impacto del drenaje y cambios de volumen del subsuelo; una de las principales características es que se deteriora de forma continua y rápida con el tiempo, y el pavimento tiene diferentes grados de carga y no son posibles diferentes tipos de suspensión Tráfico predecible. Las propiedades del material de los pavimentos expuestos pueden cambiar debido a la lluvia, la temperatura y el envejecimiento del asfalto, lo que da como resultado daños por surcos, agrietamiento térmico, rugosidad (IRI) y olas.

La piedra utilizada en la preparación de mezclas bituminosas en caliente tiene la propiedad de que cuando se aplica una capa de material bituminoso, no se cae por los efectos combinados del agua y el tráfico.

La arena utilizada para producir estas mezclas proviene del río Cucuana en la provincia de Tolima, y las partículas de agregado fino son duras y limpias.

Agregado de Trituración del Río Cucuana en la Provincia del Tolima, lo que garantiza la calidad del agregado que el agregado grueso 3/4” queda completamente retenido en la malla de 4.75 mm (No. 4) Produce residuos duraderos, duraderos y limpios.

Los agregados en su clasificación corresponden a SP – arena mal seleccionada y Según el Sistema Unificado de Suelos GP Mal Gradada arena; la clasificación de estos materiales corresponde a la especificación de mezclas bituminosas tipo MDC-19 (art. Capítulo 450-13. 4 especificaciones generales construcción de carreteras del INVIAS).

Las características del ligante bituminoso son 60-70, del municipio de Barrancabermeja - provincia de Santander, y en el rango descrito en las especificaciones del cemento asfáltico.

5.2.6 Mezcla asfalto natural (M.A.N.)

Es un material compuesto por estructura mineral y asfalto natural. Estas mezclas pueden ser utilizadas en todo tipo de pavimentos y capas de desgaste para pavimento, sub-base y base, previo análisis granulométrico y dosificación adecuada y adición de ligantes, que pueden ser

emulsiones bituminosas o crudos pesados. También existen asfaltos naturales con una composición de grano fino que se puede ajustar al tamaño de partícula según la aplicación.

La asfaltita son un hidrocarburo sólido derivado del petróleo que es de color negro claro a negro opaco. Es un producto mineral ligero, quebradizo, bajo en impurezas, alto poder calorífico, de aspecto resinoso y fractura cónica en fresco, y punto de fusión elevado por encima de los 110ºC. Químicamente, están compuestos por hidrocarburos con muy bajo contenido de oxígeno y parafinas cristalizables, que son compuestos de alto peso molecular. En su formación intervienen factores fisicoquímicos y procesos geológicos de carácter dinámico a diferentes escalas y tamaños, originados a partir de la metamorfosis del aceite bituminoso debida a la temperatura y aumente la presión y seguirá los pasos: aceite bituminoso, asfalto blando, asfalto duro, asfáltenos, brea de alquitrán.

Colombia tiene cuatro minas a cielo abierto con licencia legal para extraer materiales: San Pedro en Tolima Armero; La Milagrosa en Norcasia, Caldas; tártaro en Pesca Boyacá; y la mina Moan en El Paujil en Caquetá. Todos ellos tienen la garantía de conseguir esta mezcla, que se hace con una excavadora que no necesita agua para arrancar el asfalto del suelo.

5.2.7 Metodología de diseño de pavimento

Una metodología de diseño orientada al análisis de simulaciones La estructura del recubrimiento en diferentes esfuerzos y condiciones presentado para determinar su vida útil. Para ello crearon Una metodología de diseño que tiene en cuenta las diversas variables parámetros específicos de la resistencia estructural, estos parámetros son los distinguir un método de otro.

Método del invias. *Diseño* de pavimento asfáltico para vías de poco tráfico: Este método es adecuado para vías de poco tráfico y se recomienda para el diseño de caminos rurales, creando un catálogo de construcción para determinar el espesor de las capas forma la estructura vial. **(INSTITUTO NACIONAL DE INVIAS, 2018)**

método de diseño aastho 93. El método AASHTO-1993 para diseñar pavimentos flexibles se basa principalmente en determinar el "número de estructura (SN)" del pavimento que puede soportar el nivel de carga deseado. Para determinar el número de estructura, el método se basa en una ecuación que relaciona los coeficientes con su respectivo número de estructura, estos coeficientes se calculan mediante un software (AASHTO 93), que requiere de datos de entrada como el número de ejes equivalentes, el rango de aplicabilidad, fiabilidad. y el módulo de elasticidad de esa capa a analizar.

5.2.8 Ensayos de laboratorio a practicar

ensayo de granulometría (norma inv e-123). El propósito del análisis del tamaño de las partículas es cuantificar la distribución del tamaño de las partículas del suelo.

Esta norma describe un método para determinar el porcentaje de suelo que pasa los diversos tamices de la serie utilizada en la prueba hasta 75 µm (No. 200).

límites de atterberg (normas inv e-125). Albert Atterberg definió originalmente seis “Límites de consistencia" para suelos finos: límite superior de flujo viscoso, límite líquido, límite viscoso, límite cohesivo, límite plástico y límite de retracción. En el uso técnico actual, el término se refiere únicamente a los límites líquido y plástico, y en algunas referencias también al límite de contracción. Los límites líquido-plásticos del suelo (junto con el límite de contracción) a menudo se denominan límite de Atterberg. Estos límites describen diferentes estados de consistencia plástica del suelo.

relación de soporte del suelo en el laboratorio (cbr de laboratorio). Este método de prueba se utiliza para evaluar la resistencia potencial de las superficies de las carreteras, la subrasante y los materiales de cimentación, incluidos los materiales reciclados de carreteras y pistas. Los valores de CBR obtenidos en esta prueba son parte de varios métodos de recubrimiento flexible.

masa unitaria seca en los suelos (ensayo modificado de compactación inv e-142). Estos métodos de prueba se utilizan para determinar el contenido de humedad por unidad de masa de suelo compactado desde una altura de 457 mm (18 pulgadas) con un martillo de 4,54 kg (10 lb) en un molde de tamaño específico. Se proponen los siguientes cuatro procedimientos alternativos: Método A Matriz de un mm (4 pulg.) de diámetro: El material del suelo pasa a través de una malla de 4,75 mm (No. 4) Método B Boquilla de un diámetro de mm (6 pulg.): suelo cruces de material 4,75 mm (Nº 4)) Ámbitos (secciones 5 y 6). Método C Matriz de un mm (4 pulgadas) de diámetro: Material de suelo a través de un tamiz de 19,0 mm (3/4 de pulgada) Método D Matriz de un mm (6 pulgadas) de diámetro Material de suelo a través de un tamiz de 19,0 mm (3/4 de pulgada))).

extracción cuantitativa del asfalto en mezclas en caliente para pavimentos (inv e-732). Esta norma describe la cuantificación de asfalto en mezclas asfálticas en caliente y muestras de pavimento. Los agregados obtenidos por estos métodos se pueden analizar para el tamaño de partícula utilizando el estándar de prueba INV E-782.

resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores a 37.5 mm (1 ½”) por medio de la maquina de los ángeles (inv e-218). Este método se refiere al procedimiento mediante el cual se mide la resistencia de la máquina Los Ángeles para agregados gruesos menores a 37.5 mm (1½").

resistencia de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall (inv. e-748). Esta norma describe el procedimiento a seguir para la determinación de la deformación plástica de probetas cilíndricas de mezclas asfálticas utilizadas para pavimentación mediante el aparato Marshall. El programa se puede utilizar para proyectos de mezcla en el laboratorio, así como para el control de campo. Este método se aplica a mezclas de cemento asfáltico y agregado pétreo con un tamaño máximo menor o igual a 25,4 mm (1 pulgada).

8. Marco legal

8.1 Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos. I.N.V. E - 213-07.

Este método de ensayo tiene por objeto determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada progresivamente decreciente.

8.2 Resistencia de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato MARSHALL I.N.V. E - 748 - 07. Objeto.

Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para la determinación de la resistencia a la deformación plástica de especímenes cilíndricos de mezclas asfálticas para pavimentación, empleando el aparato Marshall. El procedimiento se puede emplear tanto para el proyecto de mezclas en el laboratorio como para el control en obra de estas. El método es aplicable a mezclas elaboradas con cemento asfáltico y agregados pétreos con tamaño máximo menor o igual a 25.4 mm (1").

8.3 Porcentaje de vacíos de aire en mezclas asfálticas compactadas densas y abiertas I.N.V. E - 736 - 07. Objeto.

Esta norma se refiere a la determinación del porcentaje de vacíos de aire en mezclas asfálticas densas y abiertas compactadas.

8.4 Análisis volumétrico de mezclas asfálticas compactadas en caliente I.N.V. E -799-07.

Objeto.

Esta norma proporciona los procedimientos para llevar a cabo el análisis volumétrico de especímenes de mezcla asfáltica en caliente (MAC).

8.5 Norma INVÍAS E-733-07.

Gravedad específica Bulk y densidad de mezclas asfálticas compactadas no absorbentes empleando especímenes saturados y superficie seca.

8.6 norma INVÍAS e-799-07.

Análisis volumétrico de mezclas asfálticas compactadas en caliente.

(Alarcon Peña, 2014)

9. Marco contextual

9.1 marco geográfico

ubicación geográfica.

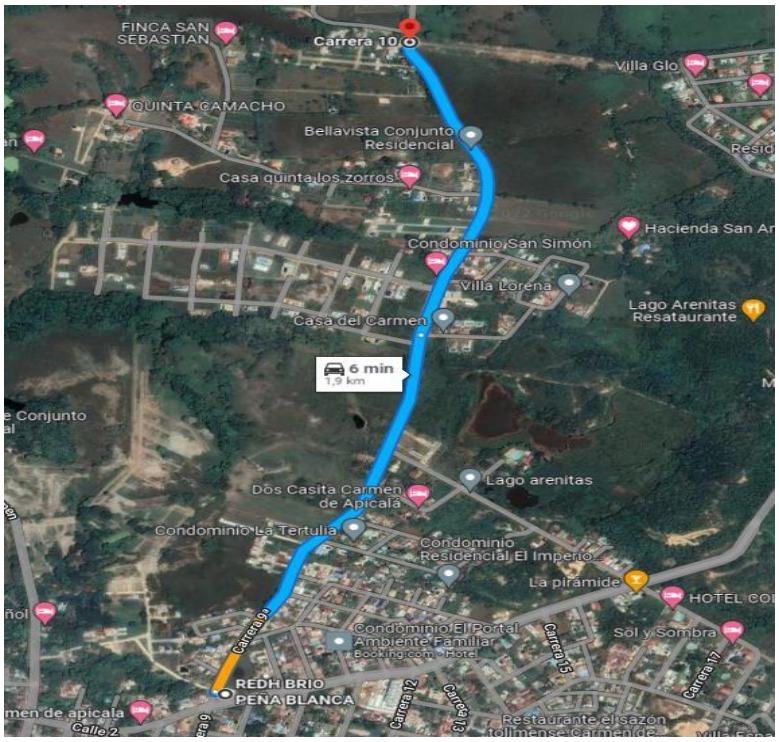
El proyecto se encuentra ubicado en el municipio de Carmen de Apicalá-Tolima culla altitud es de 328 m.s.n.m con una superficie total de 183 km2 y una densidad poblacional de 48,05 hab/km2.

El municipio de Carmen de Apicalá es un municipio turístico el cual comprende en su gran mayoría al turismo religioso ya que en este se encuentra la iglesia de la virgen de Carmen patrona de los conductores.

limites. El municipio de Carmen De Apicalá colinda con:

- Al norte con el departamento de Cundinamarca y Melgar.
- Al sur con Cunday.
- Al oriente con Melgar y Cunday.
- Al occidente con Suarez.

Ilustración 1 localización



Nota. La ilustración identifica la distancia del centro del municipio hacia el tramo de estudio. Tomado de (google maps, 2023)

climatología.

En el Carmen de Apicalá, los veranos e inviernos son generalmente cortos, la temperatura se encuentra comprendida de 23 °C a 35 °C y rara vez baja a menos de 21 °C o sube de 38 °C.

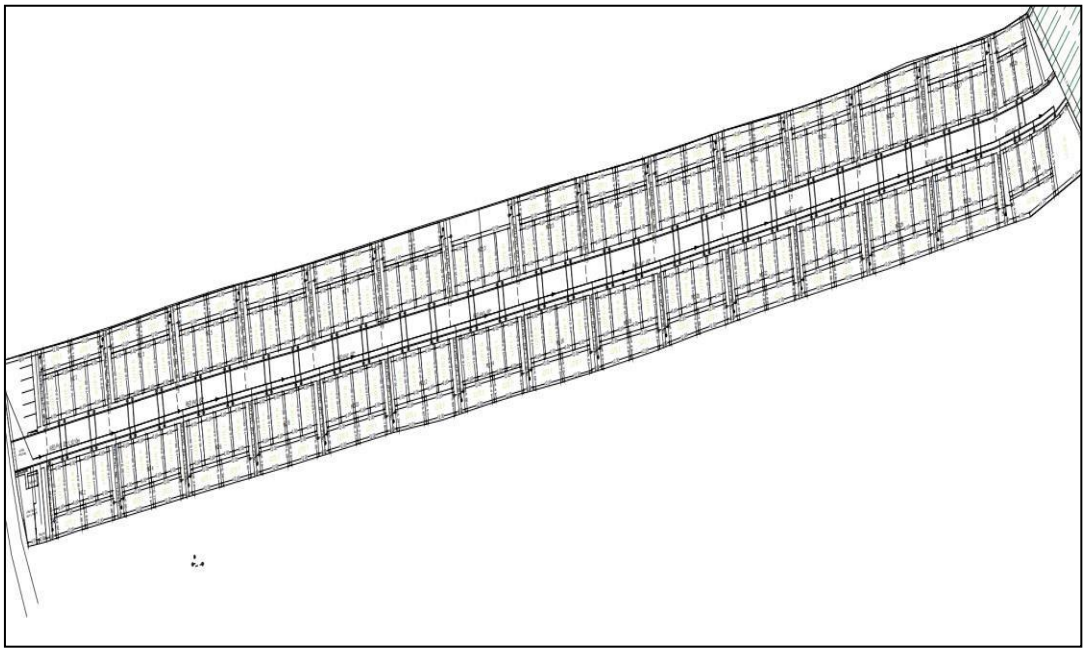
vías de acceso. El Carmen de Apicalá cuenta con tres vías de acceso como lo es la vía el paso que comunica con la ciudad de Girardot, la vía Melgar que constituye el anillo vial turístico

Bogotá-Melgar-Carmen De Apicalá y por último la vía a Cunday que comunica al centro con el Oriente del Tolima.

9.2 marco demográfico

El área de estudio está localizada en el municipio de Carmen de Apicalá, proyecto urbanístico portal del lago etapa III, vía Charcón a 1,9 km de la estación de servicio BRIO con las coordenadas 4.1662553523756465, -74.7159792303063. la población estimada es de 700 habitantes, según estimaciones por la cantidad de lotes del proyecto.

Ilustración 2 planos del proyecto

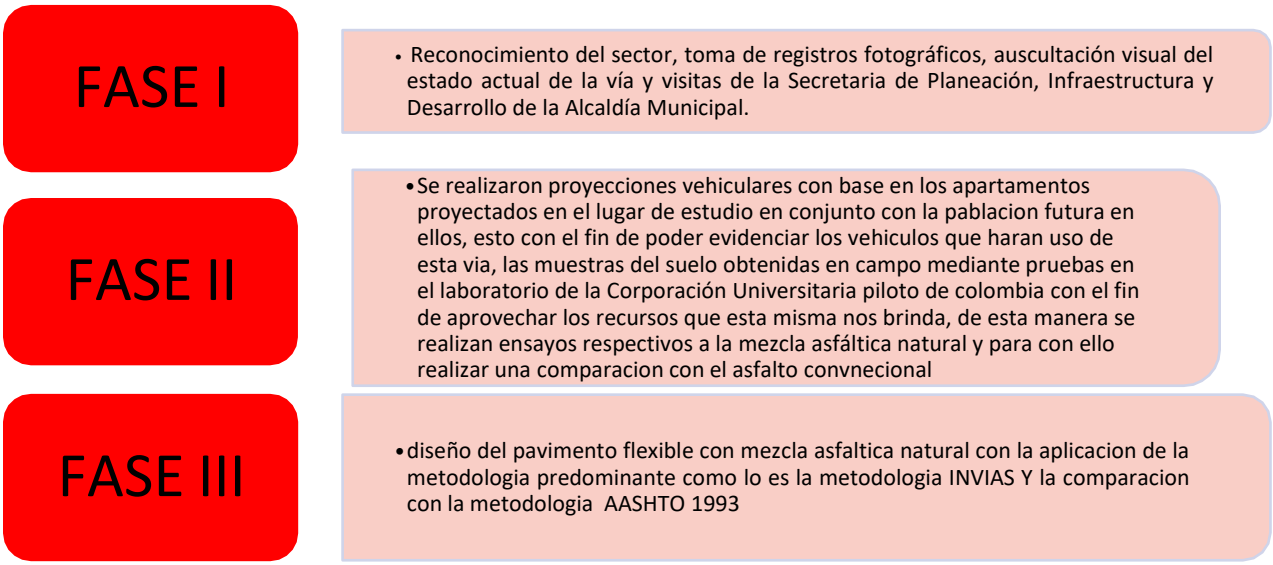


Nota. La ilustración identifica el plano en planta del proyecto en conjunto con la demarcación del tramo de la vía a intervenir. Elaboración propia.

10. Diseño metodológico

Este proyecto de investigación opta por familiarizarse con los dos métodos más utilizado dentro del diseño de este tipo de proyectos como lo es la AASTOH y el INVIAS. las características del proyecto se plantea un tipo de investigación experimental esto debido a la comparación de resultados entre los dos asfaltos tanto natural como tradicional apoyándose mediante la experiencia de análisis en proyectos similares y así mismo demostrando de manera practica mediante los laboratorios pertinentes para ello, además de ello se adiciona la metodología cualitativa y cuantitativa, la primera exponiendo las características encontradas y su comparación con las tradicionales; por otro lado en el método cuantitativo con el fin de organizar los resultados obtenidos de los laboratorios y para así cumplir con los parámetros de la norma.

Ilustración 3 fases del proyecto



Nota. La ilustración las fases que tuvo el proyecto de investigación con su debida descripción. Elaboración propia.

11. costos y recursos

Los recursos para la realización del proyecto son tanto humanos como materiales.

11.1 Recursos Humanos

- Carlos Andrés Cruz Garay (estudiante).
- Manuel Germán Ferro Escamilla (estudiante).
- Ingeniero Juan Pablo Álvarez Velandia (tutor).

11.2 Recursos Materiales

Elementos que ayudarían a realizar el proyecto.

- Computadores.
- Celulares.
- Microsoft office (Excel, Word).
- Libros virtuales.
- Sitios Web.
- Laboratorios de suelos.

12. Desarrollo de la metodología

10.1 Encuesta

Se opto por realizar una encuesta a un grupo de 100 personas mediante Google Forms el cual facilito la obtención de respuestas recolectadas por los actores viales de la zona según su opinión con referencia al proyecto ubicado en el Carmen de Apicalá.

- ¿Cuál es tu genero?

  Femenino

  Masculino

  Otro:

Ilustración 4 respuestas pregunta 1

Nota. Gráfico genero de las personas encuestadas de la zona. Fuente propia.

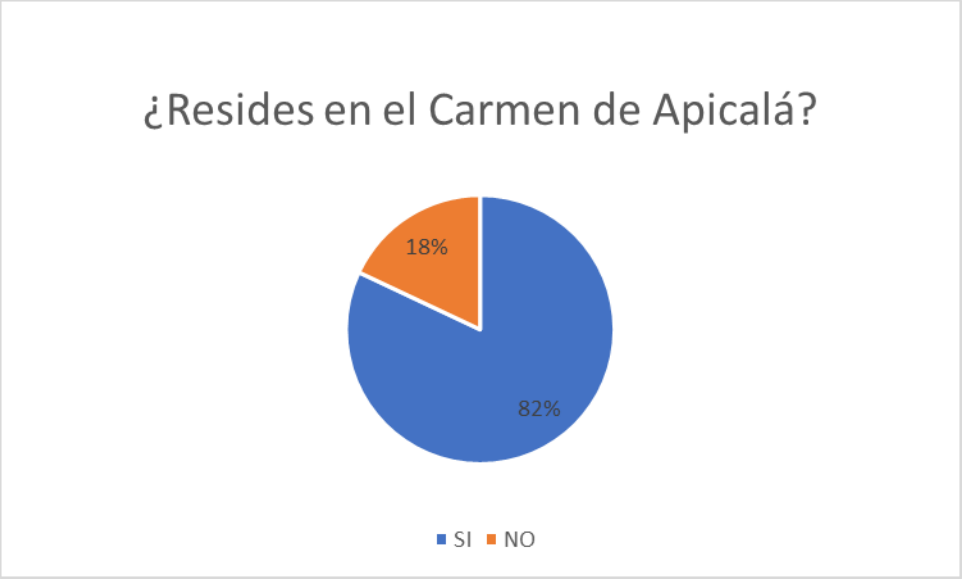
Se logro identificar que dentro de las 100 personas encuestadas el 62% correspondió a la población masculina y el 38 % correspondía a la población femenina.

- ¿Resides en el Carmen de Apicalá?

  Si

  No

Ilustración 5 respuestas pregunta residencia



Nota. Gráfico genero de las personas que residen en el Carmen de Apicalá. Fuente propia.

Se logro evidenciar que el mayor porcentaje de las personas residen en el Carmen de Apicalá con un 82 %, contra un 18% que no.

- ¿Cuál es su edad?

18 a 25

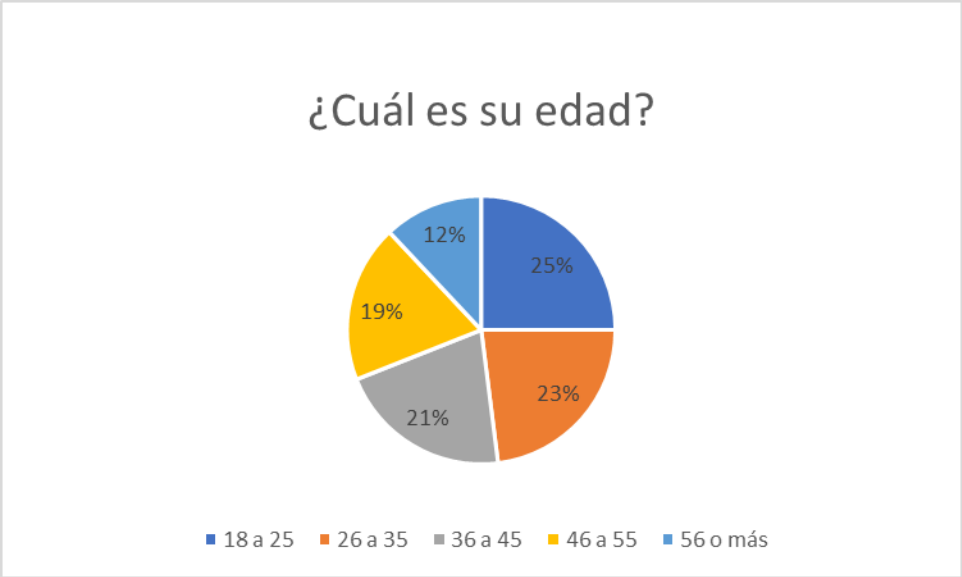
26 a 35

36 a 45

46 a 55

56 o más

Ilustración 6 respuestas pregunta edad



Nota. Gráfico de edad de las personas que realizaron la encuesta del proyecto planteado en el Carmen de Apicalá. Fuente propia.

Según las respuestas el mayor porcentaje de población que contesto la encuesta se encuentra entre un rango de edad de 26 a 35 años lo cual implica un 23% de la totalidad de las personas encuestadas.

- ¿Cuál es su medio de transporte?

  Caminar

  Bicicleta

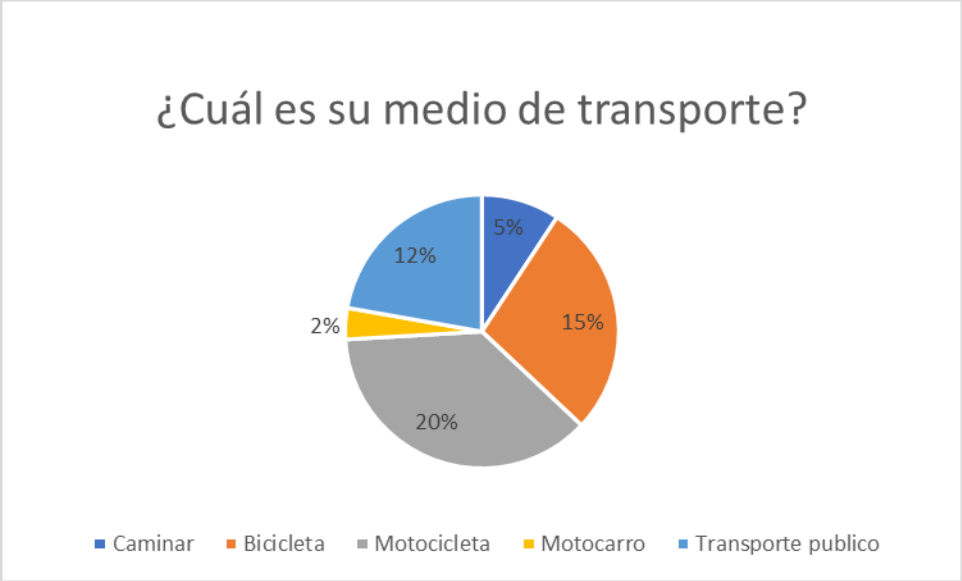
  Motocicleta

  Motocarro

  Transporte publico

  Automóvil

Ilustración 7 respuestas medio de transporte



Nota. Gráfico del medio de transporte de las personas que realizaron la encuesta del proyecto planteado en el Carmen de Apicalá. Fuente propia.

La mayor parte de la población encuestada tienen como medio de transporte automóvil

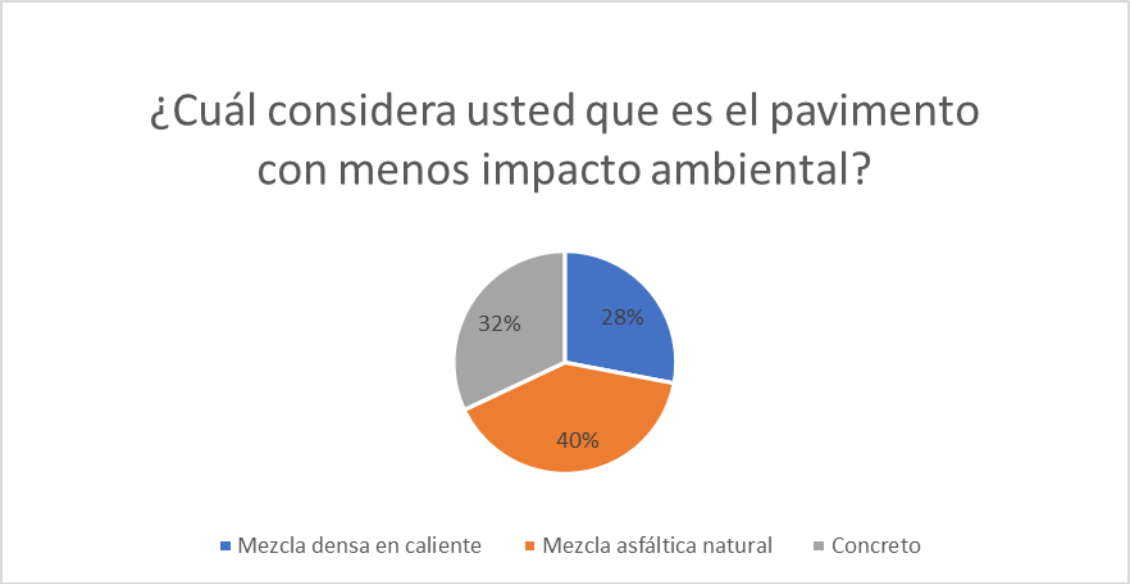
- ¿Cuál considera usted que es el pavimento con menos impacto ambiental?

  Mezcla densa en caliente

  Mezcla asfáltica natural

  Concreto

Ilustración 8 respuestas pregunta pavimento con menos impacto ambiental



Nota. Gráfico de las personas que realizaron la encuesta para opinar del pavimento con menor impacto ambiental del proyecto planteado en el Carmen de Apicalá. Fuente propia.

Se logra evidenciar que en la recolección de datos de esta pregunta la población mostro con mayor porcentaje el pavimento con asfalto natural con un 40%

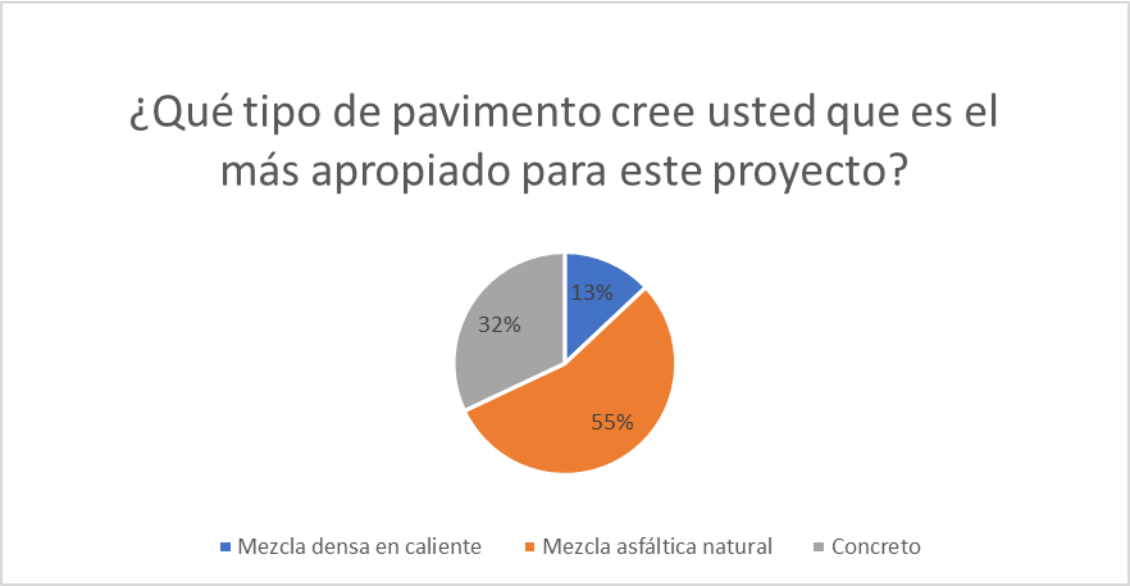
- ¿Qué tipo de pavimento cree usted que es el más apropiado para este proyecto?

  Mezcla asfáltica natural

  Mezcla densa en caliente

Concreto

Ilustración 9 respuestas mejor pavimento para el proyecto



Nota. Gráfico de las personas que realizaron la encuesta para opinar del mejor pavimento para el proyecto planteado en el Carmen de Apicalá. Fuente propia.

Se logra evidenciar que en la recolección de datos de esta pregunta la población mostro mayor interés por la aplicación del asfalto con mezcla asfáltica natural con un porcentaje de 55%

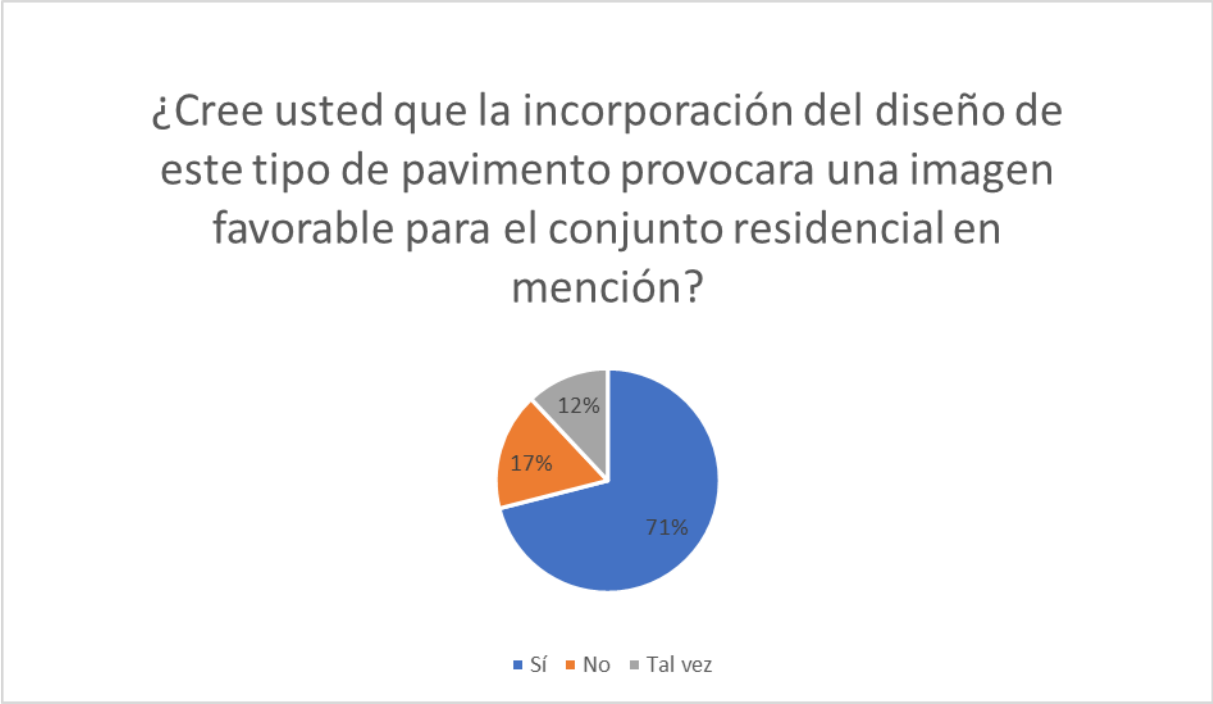
- ¿Cree usted que la incorporación del diseño de este tipo de pavimento provocara una imagen favorable para el conjunto residencial en mención?

  Sí

  No

  Tal vez

Ilustración 10 respuesta imagen del proyecto



Nota. Gráfico de las personas que realizaron la encuesta para opinar si la implementación del pavimento dará una buena imagen al proyecto en mención.

Se logra evidenciar que en la recolección de datos de esta pregunta la mayor parte de la población voto por que el proyecto tendrá una imagen favorable con un 71%.

10.2 metodología AASHTO 93

Periodo de diseño

Tabla 1 periodo de diseño AASHTO 93

Fuente: propia

En el caso estudio la vía la cual se quiere realizar el diseño se presenta como una vía la cual al ser privada y según su uso, esta misma expone un bajo volumen de tránsito tomando así un periodo de diseño de 15 a 25 años según la AASHTO.

Valor de confiabilidad R

Entre mayor sea R, mayor es el factor de seguridad, es decir mayores espesores de pavimento.

Tabla 2 nivel de confiabilidad

CLASIFICACION GENERAL	NIVELES DE CONFIABILIDAD RECOMENDADOS	
	URBANO	RURAL
AUTOPISTAS Y CARRETERAS INTERESTATALES	85-99.9	80-99.9
OTRAS ARTERIAS PRINCIPALES	80-99	75-95
COLECTORAS	80-99	75-95
LOCALES	50-80	50-80

Fuente propia

La vía para diseñar se presenta en el casco urbano del municipio del Carmen de Apicalá con la connotación de ser una vía loca la cual se expresa en un nivel de confiabilidad entre el 50 al 80%.

Desviación estándar (S_o) Para el diseño de un pavimento flexible como lo es en este caso se debe tener en cuenta una desviación estándar la cual se proporciona mediante información recolectada durante la historia de este tramo. Para el diseño de pavimento flexible con mezcla asfáltica natural en las vías vehiculares del conjunto residencial portal del lago en el municipio del Carmen de Apicalá no se presenta un análisis histórico al ser una vía nueva la cual a esto se lo acompaña que es una vía privada es por ello por lo que se recomienda utilizar los valores comprendidos dentro del siguiente intervalo:

Para pavimentos flexibles: 0.40 - 0.50

Criterios para determinar la serviciabilidad

Índice de serviciabilidad inicial:

$$p_o = 4.5\ para\ pavimentos\ rigidos$$

$$p_o = 4.2\ para\ pavimentos\ flexibles$$

Índice de serviciabilidad final:

$$p_i = 2.5\ o\ mas\ para\ caminos\ muy\ importantes$$

$$p_i = 2.0\ para\ caminos\ de\ transito\ menor$$

clase de capacidad portante del suelo. para el suelo encontrado dentro del estudio en la vía a diseñar basado a los resultados obtenidos debido al estudio de CBR el cual se muestre a continuación:

Tabla 3 modulo e Mpa

TIPO DE SUBRASANTE	CBR	Modulo E MPa
S1	CBR<5	<25
S2	5<CBR<10	50
S3	10<CBR<15	75
S4	15<CBR<30	150
S5	CBR>30	300

fuente propia

Subrasante: debido al que el ensayo de laboratorio arroja un CBR del 12% se debe emplear la siguiente ecuación:

$$Mr = 3000 * CBR^{0.65}$$

$$Mr = 3000 * 12^{0.65}$$

$$Mr = 15087\ Psi$$

Subbase granular: el método empleado es el de la guía de diseño AASHTO-93

$$Mr = 4115 * Ln(CBR) + 1119.8$$

$$Mr = 4115 * Ln(20) + 1119.8$$

$$Mr = 13447.24$$

Base granular: el módulo resiliente de la capa base depende del soporte brindado por la subrasante.

$$Mr_{BG} = K * Mr_{SG}$$

Tabla 4 MODULO R

$Mr_{SG}(Psi)$	K
3000	3.5-4.8
6000	2.4-2.7
12000	1.8-1.9
20000	1.6-1.8
30000	1.5-1.7

Fuente propia

Entonces:

$$Mr_{BG} = K * Mr_{SG}$$

$$Mr_{BG} = 1.79 * 15087$$

$$Mr_{BG} = 27004.87\ Psi$$

$$Mr_{BG} = 189.19\ Mpa$$

Con estos valores del módulo resiliente se obtienen los coeficientes estructurales por capa para los granulares y con el módulo de elasticidad de la mezcla asfáltica natural se calcula el coeficiente de la capa de rodadura.

Capa de rodadura:

$$a_1 = 0.0078 * Em^{0.441}$$

$$a_1 = 0.0078 * 620^{0.441}$$

$$a_1 = 0.133$$

Base granular:

$$a_2 = 0.032 * CBR^{0.32}$$

$$a_2 = 0.032 * 60\%^{0.441}$$

$$a_2 = 0.119$$

Subbase granular:

$$a_1 = 0.058 * CBR^{0.19}$$

$$a_1 = 0.058 * 20\%^{0.19}$$

$$a_1 = 0.102$$

Transito promedio diario. Para una duración de vía útil de 15 años donde se incluyen todo tipo de vehículos los vehículos pesados tienen una intensidad del 12% del tránsito total.

Con lo anterior se pude diagnosticar que con la proyección se puede determinar este caso ya que no existe una composición historia.

(norma invias)

Tabla 5 número de vehículos por día

CLASIFICACION DEL TRANSITO	NUMERO DE VEHICULOS POR DIA
T1	vehículos < 300
T2	300 < vehículos < 1000
T3	1000< vehículos <3000
T4	3000< vehículos <6000
T5	vehículos > 6000

Fuente propia

tránsito en números acumulado de vehículos pesados. en el proyecto es necesario la estimación del transito acumulado en vehículos pesados para cargas mayores a 5 toneladas, lo que se determina a raíz de las condiciones de la vía para el ingreso de vehículos pesados para la extracción de residuos o el abastecer de tiendas de abarrotes.

Cálculo de espesores mínimos en función del número estructural de todo el pavimento (SN). La AASHTO 93 nos recomienda los siguientes espesores mínimos:

Tabla 6 espesores mínimos

Número de ESAL´s	Capas asfálticas (cm)	Base granular (cm)
Menos de 50,000	3.0	10
50,001 – 150,000	5.0	10
150,001 – 500,000	6.5	10
500,001 – 2´000,000	7.5	15
2´000,001 – 7´000,000	9.0	15
>7´000,001	10.0	15

Fuente propia

Tabla 7 clases

Clase	tipo de vehículo	N° vehículos	%
A	Autos	140	60%
B	Buses	22	9%
C2	C2p	18	8%
	C2g	34	15%
C3	C3	20	9%
	C2-S1	0	0%
C4	C4	0	0%
	C3-S1	0	0%
	C2-S2	0	0%
C5	C3-S2	0	0%
>C5	C3-S3	0	0%

Fuente propia

Tabla 8 transito promedio diario

Clase	tipo de vehículo	N° vehículos	%	Fe	Ci*Fe
B	Buses	22	23.40	1.00	22
C2	C2p	18	19.15	1.14	20.52
	C2g	34	36.17	3.44	116.96
C3	C3	20	21.28	3.76	75.2
	C2-S1	0	0.00	3.37	0
C4	C4	0	0.00	6.73	0
	C3-S1	0	0.00	2.22	0
	C2-S2	0	0.00	3.42	0
C5	C3-S2	0	0.00	4.40	0
>C5	C3-S3	0	0.00	4.72	0
TPDS (Buses y camiones)		94	100		234.68

Fuente propia

$$N = TPD * \frac{A}{100} * \frac{B}{100} * 365 * \frac{(1+i)^n - 1}{Ln^{(i)}} * fc$$

$$N = 33 * \frac{40}{100} * \frac{60}{100} * 365 * \frac{(1+0.02)^{15} - 1}{Ln(0.02)} * 2.50$$

$$N = w_{18} = 127871$$

Después de realizar el cálculo de SN_1 (número estructural para la superficie de rodadura), aplicamos la formula siguiente:

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

$SN = Numero\ estructural$

$W_{18} = Numero\ de\ carga\ de\ ejes\ equivalentes\ de\ 18\ Kips\ (80kN)$

$Zr = Es\ el\ valor\ de\ Z\ correspondiente\ a\ la\ curva\ estandarizada\ para\ R$

$S_o = Desviacion\ estandar\ de\ todas\ las\ variables$

$\Delta Psi = Perdida\ de\ serviciabilidad$

$Mr = Modulo\ de\ resiliencia.$

Para los cálculos correspondientes se utilizó la hoja de cálculo con norma AASHTO 93 creada por Henry-HAACH con la cual al ingresar la información obtenida con los cálculos anteriores se determina que:

Ilustración 11 hoja de cálculo método AASHTO 93

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO-AASHTO 1993

Datos para calcular el numero estructural

Características de los Materiales

CBR-Sub Rasante: 12

Mr-Sub Rasante(psi): 15087

○ 1500.CBR ◉ 3000.CBR ○ 4326.Ln(CBR)+241

Mr-Sub Base(psi): 13447.24

Mr-Base (psi): 27004.87

*Mr: módulo resiliente

Características del Tráfico

EAL (ejes equiv. 8.2t)		1.28E+05
Serviciabilidad Inicial (pi)		4.2
Serviciabilidad Final (pt)		2
Confiabilidad (R)		50
Desviación Estándar Total (So)		0.4
Periodo de Diseño (años)		15

(Desplegable)

Red Rural o local entre 50 y 80
Pavimentos Flexibles entre 0.40 y 0.50

Diferencia de Serviciabilidad		2.2
Desviación Estándar Normal (Zr)		0

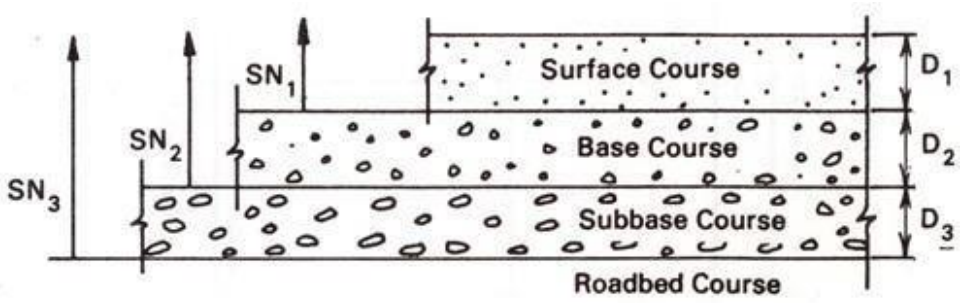
Cálculos

	Sub Rasante	Sub-Base	Base
Mr	15087	13447.24	27004.87
log (Esal)	5.10677	5.10677	5.10677
Zr x So	0.00000	0.00000	0.00000
log (Psi/(4.2-1.5))	-0.08894	-0.08894	-0.08894
2.32*log (Mr)	9.69436	9.57843	10.28095

f(x) =	1.60E-07	1.34E+00	1.61E+00

Cálculo de Números Estructurales SN

Numero Estructural



	Sub-Base	Base	Superficie	
	SN3	SN2	SN1	
SN(i) =	1.48	2.58	2.21	Revisar Valores

Superficie de rodadura	SN1>=a1.D1	SN1	2.21
Capa de Base	SN2-SN1>=a2.m2.D2	SN2	2.58
Capa de Subbase	SN3-(SN2+SN1)>=a3.m3.D3	SN3	1.48

a1 : En función al Modulo elástico del Concreto asfaltico

a2 : En función al CBR(base) v Mr (Base)

a3 : En función al CBR(sub base) v Mr (Sub Base)

Coeficiente de Capa

	Pavimento	a1 =	0.133
	Base	a2 =	0.119
	Sub-Base	a3 =	0.102

Coeficiente de Drenaje

	Base	mi =	1.00
	Sub-Base	mi =	1.00

CALCULOS DE ESPESORES DE CADA CAPA

SN y Espesores (1era estimación)			**Valores Asumidos (para efectos del aporte estructural)**		
SN(Superficie)			*(Criterio del Consultor)*		
D1 =	**16.59**	**in**	Superficie	2.75	in
SN1(corregido)*	***0.37***				
SN(Base)	2.22				
D2 =	**18.63**	**in**	Base	3.93	in
SN(Base correg.)	***0.47***		Se considera la presente sección en razón de existir estructuras de pavimento diferentes de carpeta asfáltica (como son los tratamientos superficiales), para dicho caso el aporte estructural de dicha capa es cero.		
SN(Sub Base)	0.65				
D3 =	**6.33**	**in**			
SN(Sub Base correg.)	***0.65***				

Superficie de Rodadura		7.00	cm
Base		10.00	cm
Sub Base		17.00	cm

TOTAL	34.00	cm

Para calcular el SN en la capa de rodadura

$$SN_1 = a_1 * D_1$$

$$a_1 = coeficiente\ estructural\ de\ la\ capa\ de\ rodadura$$

$$SN_1 = a_1 * D_1$$

$$SN_1 = 0.113 * 2.75in$$

$$SN_1 = 0.37$$

Para calcular el SN en la capa base granular

$$SN_2 = a_2 * D_2 * m_2$$

$$a_2 = coeficiente\ estructural\ de\ la\ capa\ de\ base$$

$$SN_2 = a_2 * D_2 * m_2$$

$$SN_2 = 0.119 * 3.93in * 1$$

$$SN_2 = 0.47$$

Para calcular el SN en la capa de subbase granular

$$SN_3 = a_3 * D_3 * m_3$$

$$a_2 = coeficiente\ estructural\ de\ la\ capa\ de\ base$$

$$SN_3 = a_3 * D_3 * m_3$$

$$SN_3 = 0.102 * 6.69in * 1$$

$$SN_3 = 0.65$$

12.3 método INVIAS

Nivel de tránsito. para el diseño de pavimento asfaltico se considera el número de ejes de 80kN en el carril de diseño.

Tabla 9 Nivel de transito

Nivel de transito	**Numero de ejes de 80kN durante el periodo de diseño en el carril de diseño**
T1	<150.000
T2	150.000-500.000

Tomada de: (ministerio de transporte y INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2007)

Se considera T1 previendo que el límite de tránsito es menor a 150.000 ejes equivalentes de 80 kN.

Tasa de crecimiento promedio de tránsito. se utiliza la información registrada en la tabla.

Tabla 10 tasa de crecimiento

Nivel de transito	**Tasa de crecimiento**
T1	2.0
T2	3.0

Tomado de: (ministerio de transporte y INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2007)

Categoría de la subrasante: tipo de subrasante para establecer la estructura del pavimento.

Tabla 11 comportamiento de la subrasante

Categoría	**CBR (%)**	**Comportamiento como subrasante**
S1	CBR<3	Malo
S2	3>CBR<5	Regular
S3	5<CBR<10	Bueno
S4	CBR>10	Muy Bueno

Tomada de (ministerio de transporte y INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2007)

Determinación del módulo resiliente. se realiza la determinación del módulo resiliente para el CBR resultante del laboratorio para la subrasante.

$$Mr = 3000 * CBR^{0.65}$$

$$Mr = 3000 * 12^{0.65}$$

$$Mr = 15087\ Psi$$

Proyección de tránsito. se realiza una proyección del tránsito con base en el número de habitantes esperados en el proyecto.

Tabla 12 transito promedio diario

Fuente propia

TPD	**Número de vehículos**						
	A	**B**	**C2P**	**C2G**	**C3-C4**	**C5**	**>C5**
33	20	3	3	4	3	0	0

$$Vc = \frac{6}{7} * B + \frac{1}{7} * C$$

$$Vc = \frac{6}{7} * 3 + \frac{1}{7} * 10$$

$$Vc = 4$$

Cálculo de volumen de vehículos pesados es:

$$Vv = Vc * Fc$$

$$Vv = 4 * 2.50$$

$$Vv = 10$$

Desviación estándar en pavimentos asfalticos:

$$s = 0.05$$

Factor de daño por tipo de vehículo. aplica para el cálculo de ejes equivalentes de 8.2 kN

Tabla 13 factor de daño

Tipo de vehículo	Factor de daño (FD)	
	Vacío	Cargado
Autos		0
Buses Grandes		1
C2p	0.1	1.01
C2g	0.08	2.72
C3-C4	0.24	3.72
C5	0.25	4.88
>C5	0.26	5.23

Fuente propia

Factor direccional (Fd). este se adopta según el ancho de la calzada que se estima entre los cinco y seis metros.

Tabla 14 factor direccional

Ancho de calzada	**Tránsito de diseño**	**Fd**
< 5 m	Total, en los dos sentidos	1.0
5 < Ancho < 6	¾ del total de los dos sentidos	0.75
>= 6	½ del total en los dos sentidos	0.50

Fuente INVIAS

Resumen de parámetros de diseño

- Periodo de diseño: 15 Años
- Tasa de crecimiento anual: 2%
- Ancho de la calzada: 6 metros
- Factor direccional: 0.50
- Precipitación anual: 4493mm
- Temperatura media anual ponderada: 23.4°C
- TDP: 33

Composición de los vehículos comerciales:

- Buses: 9.40%

- C2p: 7.69%
- C2g: 14.53%
- C3: 8.55%

- Factor de daño: tabla
- Confiabilidad: 50%
- Parámetro Zr: 0

Determinación de la estructura mediante cartillas del INVIAS

Tabla 15 rangos tránsito por carril

Rangos de tránsito contemplados en el método de diseño	
Designación	**Rangos de tránsito acumulado por carril de diseño**
T1	**0.5 – 1 *10^6**
T2	**1 – 2 *10^6**
T3	**2 – 4 *10^6**
T4	**4 – 6 *10^6**
T5	**6 – 10 *10^6**
T6	**10 – 15 *10^6**
T7	**15 – 20 *10^6**
T8	**20 – 30 *10^6**
T9	**30 – 40 *10^6**

Fuente INVIAS

Determinación de las características de la región

Tabla 16 regiones climáticas

Regiones climáticas según la temperatura y precipitación			
N°	**Región**	**Temperatura (°C)**	**Precipitación media anual (mm)**
R1	**Fría seca y fría semihúmeda**	**<13**	**<2000**
R2	**Templado seco y templado semihúmedo**	**13-20**	**<2000**
R3	**Cálido seco y cálido semihúmedo**	**20-30**	**<2000**
R4	**Templado húmedo**	**13-20**	**2000-4000**
R5	**Cálido húmedo**	**20-30**	**2000-4000**
R6	**Cálido muy húmedo**	**20-30**	**>4000**

Fuente INVIAS

Determinación del entorno de la resistencia

Tabla 17 entornos de resistencia

Entornos de la resistencia			
Categoría	**Intervalo modulo resiliente**	**Intervalo CBR %**	**Descripción**
S1	**300-500**	**3<CBR<5**	**Categoría que comprende los suelos que, por condiciones topográficas y drenaje natural, se encuentran con elevados contenidos de humedad.**
S2	**500-700**	**5<CBR<7**	**En esta categoría están los grupos de suelos conformados por cenizas volcánicas, abundantes en la zona andina con elevados contenidos de humedad.**
S3	**700-1000**	**7<CBR<10**	**En esta categoría se ubican los depósitos con altos contenidos de fragmentos de roca, ubicados en zonas relativamente secas.**
S4	**1000-1500**	**10<CBR<15**	**Suelos areno-limosos ubicados en regiones cálidas húmedas**
S5	**>1500**	**>15**	**En esta categoría están los suelos gruesos de origen ígneo, depósitos aluviales recientes, algunos depósitos de arenas eólicas**

Fuente (ministerio de transporte y INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2007)

Parámetros de diseño

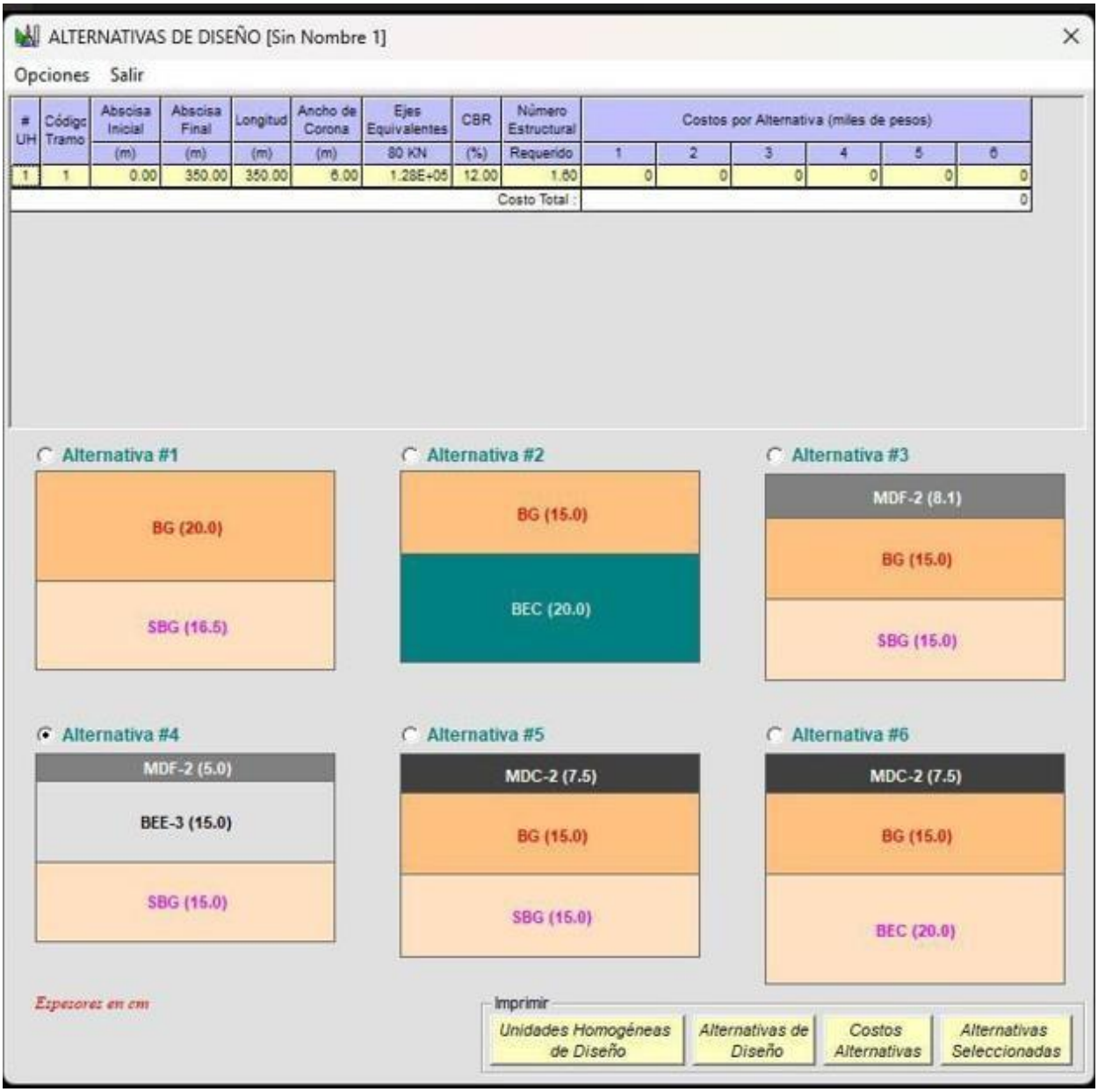
Tabla 18 parámetros de diseño

Parámetros de diseño		
Parámetros	**Valor**	**Categoría en el manual**
Modulo resiliente de la subrasante	**1060.72 Kg/Cm2**	**S4**
Transito equivalente de diseño	**127*10^-3**	**T1**
TMAP	**23.4°C**	**20°C-30°C**
Precipitación	**4493mm**	**>4000**
Carta de diseño		

Tomado de (ministerio de transporte y INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2007)

Estructura software PAV-NT1

Ilustración 12PAV-NT1



Tomada de (ministerio de transporte y INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2007)

Según la normatividad INVIAS nos facilita la verificación del diseño de la estructura y según lo anterior la alternativa mas viable es la alternativa #4 mediante la incorporación de asfaltita y

emulsiones asfálticas en frio; estas se caracterizan por establecer base y subbase con un espesor de 15cm cambiando en su capa de rodadura

13. CONCLUSIONES

Al comparar los diseños de un pavimento convencional con otro utilizando la asfaltita Y Mapia como lo es el caso estudio, se observa que el módulo Resiliente del pavimento convencional para un tráfico NT1 es mayor que el natural lo que implica que esta última debe tener una capa mayor que cumpla con el requerimiento de deformaciones.

La estructura planteadas en las dos metodologías de diseño están en la capacidad de soportar niveles de tránsitos bajos las cuales constan de estructuras con espesores muy similares pero en relación a las comparaciones realizadas y tomando en cuenta el valor de la mezcla asfáltica natural el método más óptimo para la implementación de esta es el método INVIAS el cual consta con una estructura de 35 cm de los cuales 5 cm son en la capa de rodadura cumpliendo con el mínimo establecido para este tipo de mezcla.

Por ultimo se logro evidenciar que el suelo encontrado en el tramo a diseñar es una grava bien graduada la cual genera un CBR del 12 % haciendo que este suelo tenga una gran capacidad de soporte permitiendo observar espesores bajos según su requerimiento.

14. RECOMENDACIONES

En el caso de realizar la construcción del pavimento con mezcla asfáltica natural este deberá acompañarse de un buen sistema de drenaje para que se pueda garantizar el periodo de diseño proyectado, además, a la hora de realizar el proceso constructivo se debe cumplir con la normatividad en cuanto a sus correctos espesores y así mismo a su compactación por capas tal como lo indica el manual de INVIAS para que esto no genere problemas en la estructura en un tiempo corto.

15. BIBLIOGRAFIA

https://www.ingenierocivilinfo.com/2011/01/funciones-de-un-pavimento-carreteras.html

http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5711/CARTILLA.pdf?sequence=2

https://www.construmatica.com/construpedia/Asfalto_Natural

https://xdoc.mx/documents/formaciones-de-los-asfaltos-naturales-5e2368f9c1bda

https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/12013/Monograf%C3%ADa%20de%20Grado%20Luis%20Fernando%20Alarc%C3%B3n%20Mayo%20de%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

https://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/udea-noticias/udea-noticia/!ut/p/z0/fYwxC8IwFIT_iktHSaw16lgcBHFwEGmzyCON-jTJa5NUxF9vqoO4uBx3x3fHJKuYdHDHM0QkByblWorjYrnKJ2XBt1wUgpdiV8zm-Xq6P3C2YfI_kB7w2nWyZFKRi_oRWdWSj2D6RkPGIfymC1n98YOOHEVUCCHj77XDhgbqW7faIzWoCIwFC1H7jFv9VAbCGMIJTAKTdRB7D0YH1t5k_QLBuFu7/#:~:text=En%20Colombia%20hay%20cuatro%20minas,%2C%20en%20El%20Paujil%2C%20Caquet%C3%A1.

https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/12013/Monograf%C3%ADa%20de%20Grado%20Luis%20Fernando%20Alarc%C3%B3n%20Mayo%20de%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/13950/ARTICULO%20HANS.pdf?sequence=2&isAllowed=y#:~:text=Las%20metodolog%C3%ADas%20de%20dise%C3%B1o%20tienen,su%20periodo%20de%20vida%20%C3%BAtil.

https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/16959/DISE%C3%91O%20DE%20UN%20PAVIMENTO%20FLEXIBLE.pdf?sequence=1#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20dise%C3%B1o%20Racional%20tiene,%2Dbase%20y%20carpeta%20asf%C3%A1ltica)%2C

https://www.monografias.com/docs/Norma-inv-e-123-P32WJWVFCDU2Z

https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-125-13.pdf

https://www.studocu.com/co/document/universidad-la-gran-colombia/pavimentos/norma-inv-e-148-07/14820515

https://docplayer.es/26779083-Relaciones-de-humedad-masa-unitaria-seca-en-los-suelos-ensayo-modificado-de-compactacion-i-n-v-e.html

https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-732-13.pdf

https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-218-13.pdf

https://docplayer.es/30356641-Resistencia-de-mezclas-asfalticas-en-caliente-empleando-el-aparato-marshall-i-n-v-e.html

16. Referencias

Alarcon Peña, L. F. (05 de 2014). Uso de la asfáltita para pavimentos en vías terciarias en Boyacá y Cundinamarca en la República de Colombia. Bogota.

google maps. (04 de 05 de 2023). Obtenido de google maps : https://www.google.com/maps/?hl=es

INSTITUTO NACIONAL DE INVIAS. (2018). *normas y especificaiones* . BOGOTA: INVIAS.

Mape, J., & Rubio, J. (2019). DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN ASFALTITA NATURAL PARA 1.5 KM ENTRE EL SECTOR COMPRENDIDO DE LA VEREDA SOCAVÓN Y EL CHUPO JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE ARMERO GUAYABAL TOLIMA. Ibague, Tolima colombia.

ministerio de transporte y INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. (15 de 05 de 2007). *Manual de diseño de pavimentos asfalticos para vias con bajos volumenes de transito.* BOGOTA: INVIAS. Obtenido de INVIAS: https://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos

Montealegre, W., & Betancur, C. (2019). DISEÑO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL METODO AASHTO UTILIZANDO COMO CAPA DE RODADURA UN ASFALTO NATURAL Y CHEQUEARLO POR EL METODO RACIONAL. Ibague tolima, colombia .

Abraham, H. ((1960)). Clasificación de los asfaltos naturales. New Jersey, USA.: Van Nostrand Company Inc, Princeton.

Dowling, J., & Franco, R. (1973). Los asfaltos naturales del Caquetá, Estudios Materiales. Caquetá, Colombia: Ministerio de Obras Públicas y Transportes de Colombia

17. ANEXOS

17.1. CBR

ENSAYO DE PENETRACION DEL C.B.R **NORMA INV- E 148**	**VERSION**	*1*
	FECHA	*25/10/2006*
	CODIGO	*F - QC - 06*

LOCALIZACION: CARMEN DE APICALA TOLIMA.

CONTRATISTA: GUMO INGENIERIA S.A.S ☐ **FECHA T:** 24 feb 23

APIQUE: N° 1 ☑ **FECHA E:** 01 mar 23

CONSECUTIVO: 382 CBF

NORMA DE ENSAYO : E - 148

EXPANSIÓN

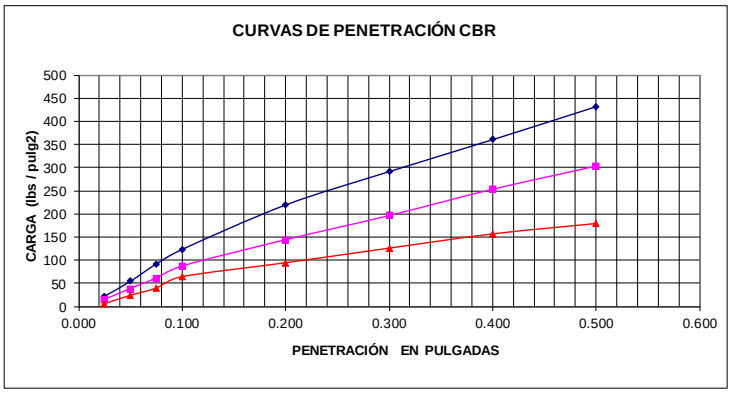
Fecha:	**ABRIL 25/2008**	**Molde No.**		1	**Molde No.**		2	**Molde No.**		3	**% EXPANSIÓN**
Hora:	03:00:00 p. m.	Lec. inicial	0.462	%expan.	Lec. inicial	0.407	%expan	Lec. inicial	0.415	%expan	**PROMEDIO**
Días transcurridos	3	Lec. final.	0.477	0.3	Lec. final.	0.422	0.3	Lec. final.	0.433	0.4	**0.3**

NOTA = altura de la muestra = 5 pulgadas = 12.70 cm

PENETRACIONES - CARGAS - C.B.R.

EQUIPO UTILIZADO: Balanza digital No. 01, prensa marshall No.01

Tiempo	Penet. en Pulg.	Molde 55 GOLPES				Molde 26 GOLPES				Molde 12 GOLPES			
		Lectura DIAL (KN)	L. Corregida	Carga lb/pul2	C.B.R.	Lectura DIAL (KN)	L. Corregida	Carga lb/pul2	C.B.R.	Lectura DIAL (KN)	L. Corregida	Carga lb/pul2	C.B.R.
30"	0.025	0.30	67	22		0.19	43	14		0.08	18	6	
60"	0.050	0.73	164	55		0.51	115	38		0.32	72	24	
1' 30"	0.075	1.23	277	92		0.81	182	61		0.53	119	40	
2'	0.100	1.65	371	124	12	1.16	261	87	9	0.86	193	64	6
4'	0.200	2.93	659	220	15	1.92	432	144	10	1.26	283	94	6
6'	0.300	3.89	875	292		2.62	589	196		1.68	378	126	
8'	0.400	4.81	1,081	360		3.38	760	253		2.09	470	157	
10'	0.500	5.76	1,295	432		4.05	910	303		2.39	537	179	
PESO FINAL CILINDRO + MUESTRA HUMEDA													
HUMEDAD FINAL													



	VALORES DE C.B.R. CORREGIDO		
	CANT GOLPES	**0.1"**	**0.2"**
○	55 Golpes/Capa	**12**	**15**
□	26 Golpes/Capa	**9**	**10**
△	12 Golpes/Capa	**6**	**6**

% GRAVAS	45.1
% ARENAS	32.6
% FINOS	22.3
L. L.	NL
IP.	NP
CLASIFICACION	USC= GM
	AASHTO= A-1-b