DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO DE LA CARRERA 14 #33-70 HASTA LA CARRERA 19 #34 EN GIRARDOT.

DAVID FELIPE GONZÁLEZ TRIANA

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

GIRARDOT

2024

DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO ENTRE LA CARRERA 14 # 33 -70 HASTA LA UNIÓN CON LA CARRERA 19 CON CALLE 34 EN SENTIDO NORTE EN GIRARDOT.

DAVID FELIPE GONZÁLEZ TRIANA

David-gonzalez@upc.edu.co

Anteproyecto De Trabajo De Grado Para Optar Por El Título De Ingeniero Civil

Director

Mtr. Michael Afranio Díaz Ricardo

Ingeniero Civil

Correo: Michael-diaz1@upc.edu.co

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

GIRARDOT

2024

!

Nota de Aceptación

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

Dedico mi tesis principalmente a Dios, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta; a mis padres, por acompañarme en cada paso que doy en la búsqueda de ser mejor persona y profesional.

También se la dedico a mi abuela, que desde el cielo es esa luz que me da fuerzas para continuar. A mi hermana, por todo su apoyo incondicional, espero le sirva de ejemplo de que todo se puede lograr.

David Felipe González Triana

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. También son los que me han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos

Me gustaría agradecer a la Universidad por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de avanzar en mi carrera profesional. Su fe en mis habilidades y su disposición para ayudarme han sido fundamentales para la finalización de esta tesis.

David Felipe González Triana

CONTENIDO

GLOSARIO 9
RESUMEN 11
ABSTRACT 12
INTRODUCCIÓN 13
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 15
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 16
2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 17
3. OBJETIVOS 18
3.1. OBJETIVO GENERAL 18
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 18
4. MARCO REFERENCIAL 19
4.1. ANTECEDENTES 19
4.2. MARCO TEÓRICO 19
4.2.1 Alternativas Ambientales como una Vía para la Pavimentación 20
4.3. MARCO CONCEPTUAL 21
5. DELIMITACIÓN 24
6. METODOLOGÍA 25
6.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN 25
6.2 TIPO DE ESTUDIO 27
6.3 MÉTODO 27
7. PLAN DE TRABAJO 28
8. RESULTADOS 30
8.1 EVALUACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR 40
8.2 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE 44
8.3 FUNDAMENTACIÓN CON LOS COMPONENTES SOSTENIBLES **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
9 CONCLUSIONES 52
10 RECOMENDACIONES 53
11 BIBLIOGRAFÍA 54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. *Caracterización del Suelo CBR* 36

Tabla 2. *Cálculo CBR por el método percentil* 36

Tabla 3. *Conteo vehicular clasificado en carros, motos y buses.* 40

Tabla 4. *Participación de cada vehículo registrado* 41

Tabla 5. *Determinación y cálculo del TPHD* 41

Tabla 6. *Corrección por estacionalidad de cada mes* 42

Tabla 7. *Niveles de confiabilidad recomendados* 45

Tabla 8. *Relación entre Zr y confiabilidad en una distribución normal* 46

Tabla 9. *Coeficientes de drenaje* 47

Tabla 10. *Uso típico de las diferentes clases de subbase granular* 48

Tabla 11. *Niveles de Tránsito* 49

Tabla 12. *Datos de entrada de MR de las capas de la estructura* 49

Tabla 13. *Valores de resistencia a subrasante* 50

Tabla 14. *Datos verificación por AASHTO* 50

Tabla 15. *Datos de entrada para cálculo de SNeff* 51

Tabla 16. *Medidas de la estructura de pavimento flexible definidas.* 51

Tabla 17. *Verificación del número estructural (SN)* 52

Tabla 18. *Relación de las metas del ODS 9 con el diseño asfáltico propuesto* **¡Error! Marcador no definido.**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. *Etapas proceso de investigación cualitativa* 26

Figura 2. *Ubicación geográfica de la vía objeto de estudio* 30

Figura 3. *Registro fotográfico de la toma de apiques para el estudio en laboratorio*..... 31

Figura 4. *Evidencia fotográfica de la vía objeto de estudio* 31

Figura 5. *Registro Fotográfico del estado total de la vía objeto de estudio*..... 32

Figura 6. *Clasificación de las unidades de construcción por categorías* 34

Figura 7. *Ubicación geográfica de los apiques tomados*..... 34

Figura 8. *Composición de los 3 apiques tomados*..... 35

Figura 9. *Niveles de humedad en los sondeos realizados* 37

Figura 10. *límites de consistencia y/o Atterberg*..... 37

Figura 11. *Climograma de Girardot*..... 38

Figura 12. *Diagrama de la temperatura de Girardot* 38

Figura 13. *Zonas de amenazas sísmicas en Colombia*..... 39

Figura 14. *Datos importantes sobre el ODS 9* ..... **¡Error! Marcador no definido.**

GLOSARIO

- **Pavimento:** es el nombre con el que se hace referencia a la capa que reviste el suelo. Según Pérez y Gardey "… el pavimento puede revestirse con diferentes materiales, como piedras o maderas. El término, sin embargo, suele asociarse en algunos países al asfalto, el material utilizado para construir calles, rutas y otras vías de comunicación." (Pérez & Gardey, 2023, párr. 2)

- **Pavimento reciclado:** es la utilización de materiales reciclados para la elaboración de las capas utilizadas en el proceso de pavimentación lo cual busca generar una sostenibilidad ambiental con la reutilización de materiales. Según Coperland (2011)

  > El Pavimento Asfáltico Reciclado, mejor conocido como RAP, consiste en el material recuperado de un pavimento flexible que ha alcanzado el final de su vida de servicio; no obstante, sus características permiten reutilizarlo como parte de estructuras nuevas o rehabilitadas. La incorporación de este material en mezclas asfálticas favorece la reducción de nuevo material, generando ahorros a nivel de costos y a su vez contribuyendo a la conservación de los recursos naturales. (como se citó en Miranda & Aguiar, 2019, p. 1)

- **Estructuras viales:** es el conjunto de vías construidas para el transporte o paso de cualquier tipo de materiales, elementos o personas. "Por infraestructura vial se entiende al conjunto de medios técnicos, servicios e instalaciones que componen la vía pública, necesarios para el tránsito de personas y objetos en forma segura y confortable desde un punto a otro." (Dirección Nacional de Observatorio Vial, 2022, p. 5)

- **Composición química: t**ambién se puede denominar compuesto químico que como su nombre lo indica en la unificación de 2 o más sustancias químicas. Según Dianelys Ondarse "… es cualquier sustancia formada por la unión de dos o más tipos de elementos químicos, o sea, por átomos de dos o más tipos diferentes de elementos químicos, unidos entre sí por enlaces químicos de alguna clase." (Ondarse, 2021, párr. 2)

- **Malla vial:** es la estructura y unificación de varias vías que permiten la comunicación interna y externa de las diferentes ciudades de un lugar. Según la Secretaría Distrital de Movilidad de Colombia se define como "Conjunto de líneas que definen los ejes viales, de cada una de las vías de la ciudad. Estas líneas tienen estructurada como atributo la información de nomenclatura vial, el sentido del tránsito vehicular y su clasificación de acuerdo al tipo de tráfico que soporta." (2024, párr. 1)

- **Sostenibilidad:** es el resultado de diferentes reuniones mundiales que se han realizado para el cuidado del medio ambiente. "La sostenibilidad se basa en el principio de asegurar las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras, siempre sin renunciar a la protección del medioambiente, el crecimiento económico y el desarrollo social." (BBVA, s.f., párr. 1)

- **CBR:** Es un indicador utilizado para la realización de los diseños de vías; **"…** es un ensayo para evaluar la calidad del un material de suelo con base en su resistencia, medida a través de un ensayo de placa a escala. CBR significa en español relación de soporte California, por las siglas en inglés de «California Bearing Ratio» …" (Sánchez, 2023)

- **Coeficiente de Drenaje:** Se utiliza en la determinación del diseño del pavimento flexible por medio del método AASHTO

  El valor de este coeficiente depende de dos parámetros principales: la capacidad del drenaje, que se determina de acuerdo al tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento, y el porcentaje de tiempo durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación. (Mercado, 2019, p. 31)

- **Base Granular:** Hace referencias a una de las capas que comprenden la estructura del pavimento y "Es un material granular grueso compuesto por triturados, arena y material fino." (Cemex, s.f., pàrr. 1)

- **Subbase granular:** Es una de las capas que junto con la base granular constituyen la estructura del pavimento asfaltico flexible por medio del método AASHTO'93. Según Gravicon "Es un material granular, obtenido a partir de la mezcla de distintos materiales, producto de la trituración de roca sólida. Su graduación cumple a cabalidad con los requerimientos y especificaciones de la norma INVIAS E-123 para base granular …" (Gravicon, 2017, párr. 1)

RESUMEN

Por medio de la presente investigación se busca realizar un diseño de pavimento asfáltico sostenible como propuesta de sostenibilidad para el mejoramiento de la malla vial en Girardot tomando como referencia la vía que se encuentra entre la Carrera 14 # 33 -70 y continúa pasando por la calle 33 y calle 34 hasta la unión con la carrera 19 con calle 34 en sentido norte. La metodología aplicada para el cumplimiento de los objetivos de la investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, analizando los aspectos cualitativos del ecosistema y los valores cuantitativos de la composición asfaltica sostenible para el mejoramiento de la via objeto de estudio, a partir de ello, el tipo de estudio fue exploratorio y aplicado, con un método deductivo que parte de lo general hasta llegar a lo particular, en este caso, el análisis de la pavimentación convencional en el territorio colombiano, hasta llegar a la aplicación de la pavimentación sostenible para el mejoramiento de la malla vial en la ciudad de Girardot. Como resultado se obtuvo el diseño de la composición necesaria para el uso del pavimento asfáltico sostenible para el mejoramiento de la malla vial en Girardot, fundamentado con análisis cuantitativos y cualitativos en donde se determinó la composición adecuada para garantizar un equilibrio ambiental entre costo y beneficio, impactando positivamente en el desarrollo económico de la ciudad de Girardot, tomando como referencia la vía que se encuentra entre la Carrera 14 # 33 -70 y continúa pasando por la calle 33 y calle 34 hasta la unión con la carrera 19 con calle 34 en sentido norte.

ABSTRACT

Through this research, we seek to carry out a sustainable asphalt pavement design as a sustainability proposal for the improvement of the road network in Girardot, taking as reference the road that is between Carrera 14 # 33 -70 and continues passing through the street. 33 and 34th Street to the junction with 19th Street and 34th Street in the north direction. The methodology applied to fulfill the research objectives was developed under a mixed approach, analyzing the qualitative aspects of the ecosystem and the quantitative values of the sustainable asphalt composition for the improvement of the road under study, from this, the type of study was exploratory and applied, with a deductive method that starts from the general until reaching the particular, in this case, the analysis of the conventional paving in the Colombian territory, until reaching the application of sustainable paving for the improvement of the road network in the city of Girardot. As a result, the design of the necessary composition for the use of sustainable asphalt pavement for the improvement of the road network in Girardot was obtained, based on quantitative and qualitative analyzes where the appropriate composition was determined to guarantee an environmental balance between cost and benefit. positively impacting the economic development of the city of Girardot, taking as reference the road that is between Carrera 14 # 33 -70 and continues passing through the street. 33 and 34th Street to the junction with 19th Street and 34th Street in the north direction.

INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo imponente de la globalización y con ello el crecimiento de la industria, los corredores viales en el territorio colombiano juegan un papel indispensable en el país, pues por medio de estos canales es posible el intercambio de mercancías, suministros, transporte de personas, etc. En resumen, las vías son las venas que mantienen viva la economía y el crecimiento de un territorio. Según el Banco Mundial (2003):

> Las obras de infraestructura vial ayudan a reducir los costos en las actividades de integración de los mercados, lo cual estimula el comercio regional e internacional. La inversión en infraestructura vial es un eficaz instrumento de política para impulsar el crecimiento económico y reducir la pobreza. (Como se citó en Trujillo, 2016, p. 10)

La realización técnica, estratégica y civil de las vías del país se vienen realizando por medio de la ingeniería civil, ya que requiere de un engranaje entre durabilidad, ubicación y distribución; aun así, por factores de deterioro natural del tiempo y/o factores geotectónicos, las vías requieren de un mantenimiento continuo para garantizar su utilidad.

Entre los materiales más comunes que se utilizan en la construcción de los corredores viales se encuentran: "… el asfalto, el cemento asfáltico, el cemento, la roca, la emulsión asfáltica y asfalto rebajado, la arena, grava y el mismo suelo." (CEMIX, s.f.) Cada uno de estos compuestos vienen generando una serie de impactos ambientales y cambios en el ecosistema que ponen en peligro la salud y vida de las personas y demás seres vivos.

Según la investigación titulada *Impactos ambientales derivados del proceso de pavimentación de vías de transporte en Colombia* realizada por Archila y Aparicio (2018): "… se reconoce los peligros toxicológicos a los que se encuentra expuesto el medio ambiente y la salud humana al entrar en contacto con compuestos derivados del petróleo como el alquitrán entre otros aditivos utilizados en el proceso de pavimentación." (Archila & Aparicio, 2018). Es por ello que es indispensable el desarrollo de estudios del pavimento asfáltico sostenible en Colombia como propuesta de sostenibilidad para el mejoramiento de la malla vial de los diferentes pueblos y ciudades del país, especialmente en el municipio de Girardot, en donde se evidencia la necesidad de realizar una reestructuración vial para el acceso y movimiento interno de nuevas fuentes de inversión.

Por otro lado, uno de los aspectos importantes en los procesos de construcción de las vías es su durabilidad, siendo allí en donde se puede identificar un verdadero equilibrio entre costo/beneficio, brindando así la utilidad de una pavimentación duradera en el tiempo, lo que la hace sostenible, complementándose con productos amigables para el medio ambiente, como se explicó previamente. Según la investigación desarrollada por la Ingeniera Mariana Lucía Hiliquín Brañez:

> El periodo de vida útil en un pavimento se puede ver afectado por una serie de factores tales como el diseño y la ejecución de la vía, el volumen de tránsito, las cargas a las que es sometido, deficiencia en el mantenimiento del pavimento, obras adyacentes o emplazadas en el mismo lugar, el clima, sismos, entre otros. Esto genera que el pavimento falle y se presenten distintas anomalías empeorando el estado de la vía. Es por esto que, resulta necesario aplicar técnicas de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos; y para poder decidir adecuadamente la aplicación de estos trabajos se debe conocer el estado del pavimento y las posibles causas que lo producen. (2016, p. 1)

Es por ello que la sostenibilidad en el desarrollo de la pavimentación de vías debe evaluarse desde un plano integral en donde se unifique la sostenibilidad desde los componentes: Económicos, sociales,

ambientales y durabilidad en el tiempo, hecho que se espera aplicar en el desarrollo de la propuesta de reestructuración de la vía que se encuentra entre la Carrera 14 # 33 -70 y continúa pasando por la calle 33 y calle 34 hasta la unión con la carrera 19 con calle 34 en sentido norte, dando como resultado la composición necesaria para el uso del pavimento asfáltico sostenible que cumpla con los requisitos previamente expuestos, fundamentado toda la investigación con análisis cuantitativos y cualitativos para garantizar un equilibrio ambiental entre costo y beneficio.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El crecimiento normal de cualquier país requiere de una serie de actividades necesarias para garantizar su desarrollo, dentro de las cuales se encuentra la realización de corredores viales para el intercambio de bienes y servicios internamente en el país. Estos corredores viales sufren un proceso denominado pavimentación el cual tiene la función de garantizar el tránsito de todo tipo de vehículos con lo cual se potencializa el intercambio comercial entre los diferentes lugares del país. Esta estructura debe tener la capacidad de resistir las condiciones climáticas como la exposición al agua y el sol, junto con el desgaste que represente el tránsito de vehículos y material pesado, por esto, debe ser sostenible para garantizar una vida útil larga y amigable con la naturaleza.

Este proceso de pavimentación se realiza con diversos materiales como lo son el asfalto, el cemento, la roca, la arena, grava, el suelo en sí mismo, entre otros; los cuales, según diversas investigaciones se ha encontrado que producen una serie se impactos ambientales que dañan el ecosistema y ponen en riesgo la salud humana, como el aumento de las temperaturas y la contaminación química por la mezcla de diferentes compuestos.

Entre los impactos ambientales más frecuentes generados por el uso tradicional de materiales en la pavimentación se encuentran la contaminación del aire, el aumento del ruido, contaminación toxicológica, cambio del microclima, aumento de la temperatura, entre otros. (Archila & Aparicio, 2018, p 61 - 62). Cada uno de estos impactos ponen en riesgo la salud humana y la vida de todo el ecosistema en donde se encuentra, adicionalmente, en la mayor parte de los casos se utilizan métodos de diseños obsoletos que no tienen en cuenta las condiciones exógenas a las que se enfrentará la vía por lo cual tienden a deteriorase en el tiempo lo que genera un desgaste administrativo, financiero y operacional de los diferentes municipios.

Para poder mitigar esta problemá desde la raíz la solución directa es la eliminación de la actividad contaminante, en este caso la pavimentación, pero esto sería regresar en el tiempo generando un impacto económico, logístico, social y mercantil, pues se limitaría el desarrollo del país en todos sus sectores (comercial, industrial, tecnológico, productivo, etc), ya que las venas de un país, despues de sus rios son sus carreteras.

Ante este panorama se debe encontrar un equilibrio que permita el uso de corredores vieles realizados con materiales que tengan la capacidad de resistir las condiciones climáticas normales como el sol y el agua y, además, el desgaste que genera el transito vehicular, siendo en este panorama en donde se puede hablar de vias sostenibles que sean amigables con el medio ambiente, esto, para poder garantizar un desarrollo económico y ambiental que favoresca a todas las partes.

Desde una postura internacional, la problemática estudiada está incumpliendo con las diretrices establecidas por la *Agenda 2023 para el Desarrollo Sostenible*, propuesta por la ONU – Organizaciòn de la Naciones Unidas, en el año 2015, en donde, por medio del Objetivo 9 - *Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación* plantea que se busca:

> … construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.
>
> El crecimiento económico, el desarrollo social y la acción por el clima dependen en gran medida de las inversiones en infraestructuras, el desarrollo industrial sostenible y el progreso tecnológico. (ONU, 2015, párr. 1)

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Ante el contexto previamente expuesto, en la presente investigación se ha realizado la formulación de la siguiente pregunta problema:

¿Cuál es el diseño de pavimento asfáltico para la vía entre la carrera 14 # 33-70 hasta la unión con la Carrera 14 # 33 -70 y continúa pasando por la calle 33 y calle 34 hasta la unión con la carrera 19 con calle 34 en sentido norte en Girardot?

2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Colombia, como la mayoría de los países es un territorio comercial, industrial y productivo que fundamenta su economía en el intercambio de bienes y servicios en el territorio nacional e internacional. Para esto, el país debe contar con corredores logísticos que permitan la circulación adecuada de los diferentes suministros siendo el corredor vial el de mayor importancia, ya que es el principal medio de transporte utilizado en el país.

Con el crecimiento normal de la población y el incremento de la demanda de productos y servicios en el territorio, las vías del país están teniendo una mayor utilización, exigiendo que las mimas cada día brinden una mejor capacidad para el transporte, lamentablemente, los procesos de construcción de las mismas, como lo es la pavimentación, generan una serie de impactos que atentan contra la salud humana y el bienestar del medio ambiente.

Ante este panorama, la presente investigación se fundamenta en la necesidad de dar continuidad al crecimiento de la malla vial del país, evitando la generación de impactos en el medio ambiente y potencializando los medios para el funcionamiento normal de los corredores comerciales del país porque si se continúa con la construcción de vías bajo métodos tradicionales los impactos ambientales terminarán generando diferentes enfermedades y escases de recursos que ponen en riesgo la vida del hombre, por lo cual se debe buscar un equilibro.

Todo esto es necesario para que se pueda garantizar un desarrollo sostenible centrado en la necesidad del reconstruir la vía ubicada en Girardot entre la carrera 14 # 33-70 hasta la unión con la Carrera 14 # 33 - 70 y continúa pasando por la calle 33 y calle 34 hasta la unión con la carrera 19 con calle 34 en sentido norte, mejorando el flujo vehicular del sector y al mismo tiempo cuidando la integridad del medio ambiente.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer el diseño de pavimento asfáltico por medio del método AASHTO'93 para el mejoramiento de la vía ubicada en Girardot entre la Carrera 14 # 33 -70 que continúa pasando por la calle 33 y calle 34 hasta la unión con la carrera 19 con calle 34 en sentido norte.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar estudio de suelos para estimar el CBR
- Realizar el aforo vehicular de la vía objeto de estudio.
- Determinar el diseño del pavimento asfáltico

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. ANTECEDENTES

Con la llegada de la revolución industrial y el desarrollo de las civilizaciones las carreteras se convirtieron en un factor indispensable para el crecimiento y extensión de las poblaciones, que dieron lugar posteriormente al intercambio comercial entre diferentes lugares.

En el contexto colombiano, la construcción de las primeras vías pavimentadas se dio por medio de:

> … la dictadura de Rafael Reyes, quien crea el Ministerio de Obras Públicas -MOP- el 7 de enero de 1905 para direccionar las vías nacionales, las líneas férreas y la canalización de los ríos.
>
> Desde esa época se clasifican las vías en nacionales, departamentales y municipales, se crean las juntas de caminos, se establecen formas de financiación y se construyen carreteritas para conectar las capitales departamentales con las poblaciones vecinas. (Londoño, s.f.)

A partir de ello la construcción y el desarrollo vial por medio de la pavimentación se fue expandiendo por todo el territorio colombiano hasta llegar al desarrollo actual del sistema vía vigente en el país.

> En los últimos años se ha dado un significativo avance en la construcción de pavimentos de concreto, debido a la gran oferta de concreto premezclado en todo el país. Esta oferta de concreto está acompañada de un mejor control, no solo en su producción sino en su colocación ya que los premezcladores de concreto aportan conocimiento y herramientas para la buena ejecución de los pavimentos. (Londoño, s.f.)

Posteriormente, con el uso indiscriminado de materiales sin un estudio de viabilidad ambiental previo, se empezaron a evidenciar en los últimos años diversos impactos ambientales generados por el desarrollo de la pavimentación por lo cual se han desarrollado diversas investigaciones que buscan mitigar dichos impactos. Ante ello Archila y Aparicio (2018) recomiendan:

> Profundizar los estudios de impacto ambiental de los diferentes proyectos viales a nivel nacional, teniendo en cuenta el ciclo de vida de compuestos y materiales, así como la disposición final de los residuos generados durante las diferentes fases del proyecto. (p. 63)

4.2. MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo de la presente investigación se deben contemplar las diversas teorías que intervienen en los procesos de construcción y pavimentación de los corredores viales, junto con el estudio de los impactos ambientales que se pueden generar y se están generando. Estas teorías son:

- **Fundamentos del comportamiento mecánico de los materiales:** A partir de esta teoría se puede evidenciar que la pavimentación de vía "… son estructuras compuestas con capas de distintos materiales colocadas de manera horizontal y con funciones y características especiales. … la de soportar las cargas del tránsito y los efectos de los agentes atmosféricos como la temperatura y la precipitación." (Coria, Domínguez, & Anguas, 2018, p. 3)
- **Presión aplicada en la superficie del pavimento:** En esta teoría se debe tener en cuenta que: "En el diseño de pavimentos, las cargas más pesadas son las que interesan debido a que son las que más deteriorar el pavimento, por ello son las más utilizadas para determinar los espesores de cada una de

las capas ...” (Coria, Domínguez, & Anguas, 2018, p. 3)

- **Respuestas estructurales en el pavimento:** Según la investigación desarrollada por Coria, Domínguez y Anguas (2018) “Cuando la carga de un neumático es aplicada en la parte superior de una estructura de pavimento, esta se flexiona originando esfuerzos y deformaciones en cada una de las capas del mismo.” (p. 17)

- **Principio de superposición aplicado al análisis estructural de pavimentos:** Este principio de aplica especialmente a los pavimentos flexibles el cual indica que la suma de **“**… los efectos que causan cada una de las fuerzas que obran sobre un elemento sólido o sobre un punto en especial teniendo en cuenta la convención de signos adoptada (por ejemplo, compresión (+) y tensión (-)).” (Coria, Domínguez, & Anguas, 2018, p. 27)

A partir de ello los procesos de pavimentación se constituyen como uno de los desarrollos de la ingeniería civil con mayor importancia puesto que permite el desarrollo económico, comercial y social entre diferentes lugares nacionales e internacionales. Es allí en donde la ingeniería suple las necesidades de comunicación terrestre de la economía y la logística, siendo este el objeto de estudio de los expertos en corredores viales, ante ello se debe tener en cuenta que:

> … no se debe perder de vista la necesidad urgente de implementar políticas y acciones encaminadas para la conservación de los caminos intervenidos, de forma que se genere una verdadera cultura al respecto dentro de las autoridades municipales, departamentales y nacionales que tienen a su cargo redes viales… (Campagnoli, 2017, p. 30)

4.2.1 Alternativas Ambientales como una Vía para la Pavimentación

Con el incremento de los procesos económicos en el territorio colombiano los impactos ambientales fueron incrementando de la mano con ellos. Aunque existe un aumento positivo en el comercio interno y externo en el país, el medio ambiente viene presentando una serie de cambios negativos que hacen un llamado a la solidaridad con el mismo.

> El crecimiento de la producción agrícola e industrial, trae como contrapartida el incremento de residuos, haciendo cada vez más difícil, costoso y ambientalmente insustentable su tratamiento y disposición final. Por ello es creciente en todo el mundo el interés en la utilización de los diversos residuos en distintas áreas, consiguiendo no sólo beneficios ambientales sino económicos. Particularmente en pavimentos se ha procurado utilizar productos residuales como estabilizantes de suelos para la construcción de subrasantes y capas de sub-base y base. (Behak & Peres, 2008, p. 34)

Esta producción de residuos en masa que se ha generado a nivel mundial han hecho que se busquen los medios para reutilizalos, siendo una de las alternativas en la realización de pavimentos. Se debe tener en cuenta que la función básica de los pavimentos es proporcionar un terreno firme y fuerte para el tránsito de todo tipo de vehículos (Familiares, de carga, de transporte, agrícolas, etc) por lo cual lo que se necesita es una composición que sea lo sufucientemente fuerte para soportar el peso de todo el tránsito junto con las condiciones climáticas normales del lugar.

Hasta el momento, para la elaboración tradicional del pavimento se han utilizado distintos materiales como lo son adoquines, grava, asfalto, hormigón, arena, etc., los cuales en su gran mayoria son responsables del ingremento de las termperaturas en distintas partes del país, y además, para la obtención de cada uno de los materiales se generan una serie de impactos. Se debe tener en cuenta que:

> Los pavimentos son elementos estructurales que intervienen en la construcción de la red vial de cada país; Dentro de los mismos podemos encontrar los pavimentos flexibles, los cuales están compuestos por las capas de sub-rasante, sub-base, base y carpeta asfáltica; cada capa una cumple con una función específica. Al llevarse a cabo un proyecto de pavimento flexible, se tiene como punto de partida el proceso de diseño del mismo, el cual se auxilia de dos normativas muy reconocidos dentro de ésta área, como lo son el método AASHTO y el Manual de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas de Chile. Posterior al diseño, se realiza la ejecución del mismo, etapa dentro de la cual se muestran las distintas aplicaciones que tienen los pavimentos flexibles. (Burgos, 2014, p 3)

Todo este proceso se condensa en el diseño de pavimentanción, en donde se estipulan los parámetros necesarios para poder cumplir con las exigencias que la vía que se pavimentará requiere, dentro de este diseño, cumpliendo con los Objetivos del Desarrollo Sostenible propuesto por la ONU – Orgaización de las Naciones Unidas, se deben contemplar los impactos ambientales que se pueden generar.

> Las mezclas asfálticas como ya hemos visto anteriormente sirven para soportar directamente las acciones de los neumáticos y transmitir las cargas a las capas inferiores, proporcionando unas condiciones adecuadas de rodadura, cuando se emplean en capas superficiales; y como material con resistencia simplemente estructural o mecánica en las demás capas de los firmes. (Bonett, 2014, p. 28)

Por esta razón, cualquier tipo de pavimento debe cumplir con la fuerza necesaria para poder soportar las exigencias de los vehículos y las condiciones climáticas.

4.3. MARCO CONCEPTUAL

Para poder tener una comprensión más alta de los fundamentos de la presente investigación, se han identificado los conceptos más importantes que se encuentran en el desarrollo de la misma, cada uno de los conceptos se han explicado a la luz de los objetivos que dan respuesta a la pregunta problema, con lo cual se complementa el marco referencial, como se muestra a continuación.

- **Pavimento:** Es el nombre con el que se hace referencia a la capa que reviste el suelo. Según Pérez y Gardey "… el pavimento puede revestirse con diferentes materiales, como piedras o maderas. El término, sin embargo, suele asociarse en algunos países al asfalto, el material utilizado para construir calles, rutas y otras vías de comunicación." (Pérez & Gardey, 2023, párr. 2)

- **Pavimento reciclado:** Es la utilización de materiales reciclados para la elaboración de las capas utilizadas en el proceso de pavimentación lo cual busca generar una sostenibilidad ambiental con la reutilización de materiales. Según Coperland (2011)

  > El Pavimento Asfáltico Reciclado, mejor conocido como RAP, consiste en el material recuperado de un pavimento flexible que ha alcanzado el final de su vida de servicio; no obstante, sus características permiten reutilizarlo como parte de estructuras nuevas o rehabilitadas. La incorporación de este material en mezclas asfálticas favorece la reducción de nuevo material, generando ahorros a nivel de costos y a su vez contribuyendo a la conservación de los recursos naturales. (como se citó en Miranda & Aguiar, 2019, p. 1)

- **Estructuras viales:** Es el conjunto de vías construidas para el transporte o paso de cualquier tipo de materiales, elementos o personas. "Por infraestructura vial se entiende al conjunto de medios técnicos, servicios e instalaciones que componen la vía pública, necesarios para el tránsito de personas y objetos en forma segura y confortable desde un punto a otro." (Dirección Nacional de Observatorio Vial, 2022, p. 5)

- **Composición química:** También se puede denominar compuesto químico que como su nombre lo indica en la unificación de 2 o más sustancias químicas. Según Dianelys Ondarse "… es cualquier sustancia formada por la unión de dos o más tipos de elementos químicos, o sea, por átomos de dos o más tipos diferentes de elementos químicos, unidos entre sí por enlaces químicos de alguna clase." (Ondarse, 2021, párr. 2)

- **Malla vial:** Es la estructura y unificación de varias vías que permiten la comunicación interna y externa de las diferentes ciudades de un lugar. Según la Secretaría Distrital de Movilidad de Colombia se define como "Conjunto de líneas que definen los ejes viales, de cada una de las vías de la ciudad. Estas líneas tienen estructurada como atributo la información de nomenclatura vial, el sentido del tránsito vehicular y su clasificación de acuerdo al tipo de tráfico que soporta." (2024, párr. 1)

- **Sostenibilidad:** Es el resultado de diferentes reuniones mundiales que se han realizado para el cuidado del medio ambiente. "La sostenibilidad se basa en el principio de asegurar las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras, siempre sin renunciar a la protección del medioambiente, el crecimiento económico y el desarrollo social." (BBVA, s.f., párr. 1)

- **Objetivos del Desarrollo Sostenible:** Fueron propuestos por la Organización de las Naciones Unidas en el año 2015 y constituyen:

  > … un llamamiento universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que para el 2030 todas las personas disfruten de paz y prosperidad.
  >
  > Los 17 ODS están integrados: reconocen que la acción en un área afectará los resultados en otras áreas y que el desarrollo debe equilibrar la sostenibilidad social, económica y ambiental. Los países se han comprometido a priorizar el progreso de los más rezagados. (ONU, 2015, párr. 1)

- **Método AASHTO 93:** Es un método utilizado para determinar el diseño asfaltico para la construcción de vías con pavimento flexible.

  > … consiste en una ecuación en donde se obtiene un numero estructural (SN), valor que indica la resistencia total requerida de la estructura de pavimento; se encuentra en función del tránsito y la confiabilidad de los datos y el CBR que mediante distintas correlaciones se puede definir el Módulo Resiliente de nuestro suelo de apoyo, además de tener en cuenta otros factores que influyen en este diseño. (Sáenz, 2019, p. 7)

- **CBR:** Es un indicador utilizado para la realización de los diseños de vías, especialmente en pavimentos flexibles por medio de la metodología de la AASHTO 93, este indicador **"…** es un ensayo para evaluar la calidad del un material de suelo con base en su resistencia, medida a través de un ensayo de placa a escala. CBR significa en español relación de soporte California, por las siglas en inglés de «California Bearing Ratio» …" (Sánchez, 2023)

- **Coeficiente de Drenaje:** Se utiliza en la determinación del diseño del pavimento flexible por medio del método AASHTO 93 y se relaciona directamente con la capacidad que tiene la estructura para evacuar los líquidos a los que se pueda exponer, en especial los provenientes de las lluvias.

  > El valor de este coeficiente depende de dos parámetros principales: la capacidad del drenaje, que se determina de acuerdo al tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento, y el porcentaje

de tiempo durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación. (Mercado, 2019, p. 31)

- **Base Granular:** Hace referencias a una de las capas que comprenden la estructura del pavimento y de ella depende la resistencia del mismo. Según la página oficial de *ABC Geotechnical Consulting,* la base granular es un

  Elemento de la estructura de una vía que consiste en una capa de material seleccionado y compactado, de espesor definido de acuerdo con un diseño previo, que se construye sobre la sub-base o sobre la sub-rasante de una vía. La base debe permitir un adecuado drenaje, transmitir y distribuir las cargas de tráfico a la sub-base y a la sub-rasante y minimizar el efecto de las heladas donde éstas se presentan. (s.f., párr. 1)

- **Subbase granular:** Es una de las capas que junto con la base granular constituyen la estructura del pavimento asfaltico flexible por medio del método AASHTO'93. Según Gravicon "Es un material granular, obtenido a partir de la mezcla de distintos materiales, producto de la trituración de roca sólida. Su graduación cumple a cabalidad con los requerimientos y especificaciones de la norma INVIAS E-123 para base granular …" (Gravicon, 2017, párr. 1)

5. DELIMITACIÓN

La investigación que se busca desarrollar se fundamenta en el diseño de la composición necesaria para el uso del pavimento asfáltico sostenible para el mejoramiento de la malla vial en Girardot, esta sostenibilidad se limita a 3 factores que son: Garantizar el desarrollo económico y social de la región; cuidar la integridad del medio ambiente y mejorar el flujo vehicular.

A partir de ello la presente investigación se limitará al análisis de los métodos tradicionales de uso de pavimento reciclado denominado RAP - Pavimento Asfáltico Reciclado el cual "… consiste en el material recuperado de un pavimento flexible que ha alcanzado el final de su vida de servicio; no obstante, sus características permiten reutilizarlo como parte de estructuras nuevas o rehabilitadas." (Coperland, 2011, como se citó en Miranda & Aguiar, 2019, p. 1).

El diseño que se propondrá se limitará al mejoramiento de la malla vial en el municipio de Girardot, tomando como referencia la continuación de la pavimentada de la Carrera 14 # 33 -70 y continúa pasando por la calle 33 y calle 34 hasta la unión con la carrera 19 con calle 34 en sentido norte.

6. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la presente investigación se aplicó una metodología bajo un enfoque mixto que integra las cualidades del medio ambiente y la cuantificación de los elementos utilizados en el uso de pavimento asfaltico sostenible, es decir, se integran los enfoques cuantitativos (número) y cualitativos (características de la información). Según Sampieri y Mendoza (2008) los estudios mixtos:

> "…representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (metainferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (como se citó en Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p. 534)

A partir de ello, la investigación desarrollada es de tipo exploratoria la cuales "…se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes" (Hernández Sampieri, Fernández Collado , & Baptista Lucio, 2006, pág. 8), en este caso la efectividad y necesidad del uso de materiales reciclables en la pavimentación sostenible para el mejoramiento de la malla vial en Girardot, tomando como referencia una vía de alto tránsito la cual se viene deteriorando desde hace unos años sin hacerle las reparaciones pertinentes; adicionalmente la investigación será aplicada ya que se realizaron apiques y pruebas de laboratorios para determinar la composición del pavimento asfaltico de la vía existente, sobre lo cual se realizará el diseño de la composición necesaria para el uso de pavimento reciclable. Según la investigación desarrollada por José Lozada

> La investigación aplicada busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. Esta se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto. (Lozada, 2014, p 34)

Por último, el método de estudio utilizado será deductivo que parte de lo general hasta llegar a lo particular, en este caso, el análisis de la pavimentación convencional en el territorio colombiano, hasta llegar a la aplicación de la pavimentación sostenible por medio del uso de material sostenible para el mejoramiento de la malla vial en la ciudad de Girardot. Según Guillermo Westreicher:

> El método deductivo consiste en extraer una conclusión con base en una premisa o a una El método deductivo consiste en extraer una conclusión con base en una premisa o a una serie de proposiciones que se asumen como verdaderas. Lo anterior quiere decir que se está usando la lógica para obtener un resultado, solo con base en un conjunto de afirmaciones que se dan por ciertas. Mediante este método, se va de lo general (como leyes o principios) a lo particular (la realidad de un caso concreto). (2020, p. 1)

6.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación de fundamenta en el uso de métodos cuantitativos y cualitativos por lo cual se define bajo un enfoque mixto:

> La investigación mixta es una metodología de investigación que consiste en recopilar, analizar e integrar tanto investigación cuantitativa como cualitativa.
>
> Este enfoque se utiliza cuando se requiere una mejor comprensión del problema de investigación, y que no te podría dar cada uno de estos métodos por separado. (Ortega, s.f.)

A partir de ellos, el apartado que comprende la investigación cuantitativa se realizará a partir de diseños experimentales lo cuales se realizan experimentos puros, definidos como aquellos "… que reúnen tres requisitos fundamentales: 1) Manipulación de una o más variables independientes; 2) Medir el efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente; y 3) Validez interna de la situación experimental." (Universidad Veracruzana, s.f.), en este caso el análisis de la composición de los materiales reciclables aplicados al pavimento.

Desde la perspectiva cualitativa se articula desde la investigación-acción la cual "… es un tipo de investigación aplicada, destinada a encontrar soluciones a problemas que tenga un grupo, una comunidad, una organización. Los propios afectados participan en la misma." (Universidad Veracruzana, s.f.) en este caso el mejoramiento de la malla vial en la ciudad de Girardot para el transito comercial y cotidiano de vehículos y personas. A partir de ello se desarrollaron los siguientes pasos que se muestran en la figura 1.

Figura 1. *Etapas proceso de investigación cualitativa*

Fuente: Elaboración propia a partir de Hernández & otros (2010, pág. 8)

6.2 TIPO DE ESTUDIO

El tipo de estudio aplicado en la presente investigación se dividen en 2: El exploratorio y el aplicado. En el primer caso se identifica que la investigación será exploratoria ya que el uso de material sostenible en la ciudad de Girardot ha sido poco estudiado, además de ello por medio del estudio se busca proponer la mejor composición para garantizar una mayor durabilidad del pavimento y un menor impacto ambiental. Según la Universidad Veracruzana la investigación exploratoria:

> … es considerada como el primer acercamiento científico a un problema. Se utiliza cuando éste aún no ha sido abordado o no ha sido suficientemente estudiado y las condiciones existentes no son aún determinantes. Recibe este nombre la investigación que se realiza con el propósito de destacar los aspectos fundamentales de una problemática determinada y encontrar los procedimientos adecuados para elaborar una investigación posterior. Es útil desarrollar este tipo de investigación porque, al contar con sus resultados, se simplifica abrir líneas de investigación y proceder a su consecuente comprobación. (s.f.)

Además de ello, la investigación tendrá un tipo de estudio aplicado ya que, a partir de las teorías y propuestas existentes sobre el uso del material sostenible en los procesos de pavimentación, se aplicarán diferentes variables y combinaciones para determinar cuál es el uso más eficiente a partir de las necesidades en la ciudad de Girardot.

6.3 MÉTODO

El método de investigación propuesto será deductivo el cual se fundamenta en el estudio de una realidad o problemática general, en este caso la necesidad del diseño de la composición necesaria para el uso del pavimento asfáltico sostenible hasta llegar a la propuesta de aplicación en la ciudad de Girardot evidenciando sus beneficios en relación a los costos, calidad y sostenibilidad. “El método deductivo es una de las aproximaciones más usadas en la investigación científica y en la investigación de mercados, ya que permiten comprobar si una hipótesis puede ser verdadera en una variedad de circunstancias.” (Narvaez, s.f.)

7. PLAN DE TRABAJO

Para el cumplimiento de los objetivos de la presente investigación el presente plan de trabajo se desarrollará en 4 meses, comprendidos desde el 01 de febrero hasta el 01 de junio del 2024, tiempo en el cual se espera culminar con la propuesta de investigación que dará como resultado la postulación de un artículo científico en una revista con comité científico. A partir de ello el presente plan de trabajo se detalla a continuación:

- **Diseño Metodológico:** Se estableció la ruta metodológica necesaria para el cumplimiento de los objetivos, esto, a partir de la identificación de un enfoque mixto (cualitativo – cuantitativo), en donde se analizaron las características estructurales de la vía objeto de estudio y los impactos sociales y económicos de su realización, bajo un tipo de investigación exploratoria, teniendo en cuenta que los métodos convencionales para el diseño de pavimentos no tienen en cuenta aspectos relevantes para garantizar la durabilidad de la vía en el tiempo y con ello garantizar su sostenibilidad, todos esto con un método deductivo en donde inicialmente se analizaron las particularidades del diseño general realizado en el país, hasta el diseño del pavimento asfaltico de la vía objeto de estudio en la ciudad de Girardot la cual se encuentra entre la Carrera 14 # 33 -70 y continúa pasando por la calle 33 y calle 34 hasta la unión con la carrera 19 con calle 34 en sentido norte.

- **Análisis de los métodos utilizados en la pavimentación tradicional:** Con el objetivo de evaluar y determinar el contexto actual de la investigación se analizarán los métodos tradicionales y los compuestos utilizados en la pavimentación de vías actualmente, especialmente los que han sido utilizados en la ciudad de Girardot. Este análisis permitirá identificar los costos asociados al proceso, su durabilidad, los riesgos generados, los impactos ambientales causados y los beneficios obtenidos.

- **Análisis de los impactos y costos por la pavimentación tradicional:** En esta paso se establecerán los diferentes presupuestos para la realización de la pavimentación de la vía que se encuentra entre la Carrera 14 # 33 -70 y continúa pasando por la calle 33 y calle 34 hasta la unión con la carrera 19 con calle 34 en sentido norte, adicionalmente, como resultado del análisis propuesto en el apartado anterior se tomará como referencia el método y los materiales más viables para la realización de la pavimentación, sobre la cual se analizarán los impactos positivos y negativos específicos que se darán por la renovación de dicha vía.

- **Estudio de propuestas para el uso de material sostenible en la pavimentación:** Este paso se fundamentará en un recopilación bibliográfica y científica inicial a partir de lo cual se identificarán las diferentes propuestas y estudios de caso en torno al uso del material reciclable como alternativa para la pavimentación, allí se tendrán en cuenta los diferentes métodos utilizados y las técnicas más usadas por los investigadores.

- **Análisis y determinación de la composición adecuada para la pavimentación con material sostenible:** A partir ítem anterior se iniciarán las pruebas de laboratorio que permitirá establecer cuál es el porcentaje adecuado para la composición asfáltica con material reciclable, haciendo una proyección de su durabilidad, costos y beneficios.

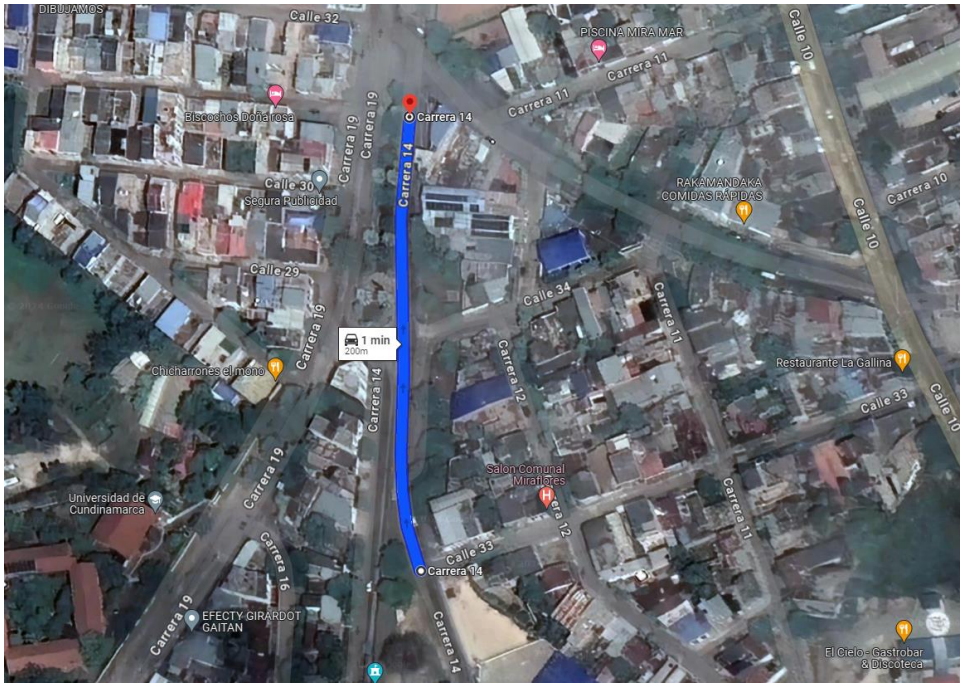
- **Diseño de la composición necesaria para el uso del pavimento asfáltico sostenible:** Como resultado final toda la información recolectada se condensará en un artículo científico que mostrará la composición necesarios para el uso del pavimento asfáltico sostenible en el mejoramiento de la malla vial de Girardot, específicamente en la distancia comprendida entre la

Carrera 14 # 33 -70 y continúa pasando por la calle 33 y calle 34 hasta la unión con la carrera 19 con calle 34 en sentido norte.

8. RESULTADOS

Para poder cumplir con el objetivo de la presente investigación de proponer el diseño de pavimento asfáltico sostenible para el mejoramiento de la malla vial de Girardot, se tomó como referencia la vía que se encuentra desde la Carrera 14 # 33 -70 y continúa pasando por la calle 33 y calle 34 hasta la unión con la carrera 19 con calle 34 en sentido norte como se evidencia en la figura 1.

Figura 2. *Ubicación geográfica de la vía objeto de estudio*



Fuente: Google Maps (2024)

Para poder determinar la compocisión incial del terreno que comprende la vía, se realizó un estudio de laboratorio sobre las condiciones del suelo de la vía objeto de estudio, en donde como resultados principales se obtuvo que:

- La presencia no se evidencia aguas freáticas (N.A.F).
- Evaluando las características del subsuelo y el proyecto, se considera necesario un sistema de cimentación superficial para la transmisión de las cargas de la estructura.
- Con base en el perfil estratigráfico y en las características de la estructura a construir, se ha concluido que la cimentación más recomendable es la conformada por placa flotante o zapatas y vigas de cimentación, para el soporte del 100 % de las cargas, que trabajarán por fricción en los suelos arena mal gradada con pocos finos del perfil y que alcanzarán una profundidad como mínimo de 1.50 m bajo la superficie.

Dicho estudio fue realizado realizados bajo la NSR-10 título H y los ensayos bajo los parámetros de la norma INVIAS, en donde se tomaron 3 muestras para ser estudiadas en el laboratorio y así determinar la composición del suelo objeto de estudio. Dichas muestras fueron tomadas el 26 de marzo del 2024 como se evidencia en los siguientes registros fotográficos.

Figura 3. *Registro fotográfico de la toma de apiques para el estudio en laboratorio*

Fuente: Elaboración propia

En los registros fotográficos previos se evidencian los procedimientos realizados para la toma de las muestras que dieron como resultado el estudio de suelos para la construcción de la vía que se encuentra entre la Carrera 14 # 33 -70 y continúa pasando por la calle 33 y calle 34 hasta la unión con la carrera 19 con calle 34 en sentido norte.

En primera instancia se evidencia que la via se encuentra recubirta por un pavimento previo que por el desgaste de los años ha generado una superficie huecosa que impede el tránsito adecuado de los vehículos, a partir de ello, el estado actual de la via se documenta el la siguientes fotografías tomadas el día 26 de marzo del 2024.

Figura 4. *Evidencia fotográfica de la vía objeto de estudio*

Fuente: Elaboración propia

En las fotografías previas se puede encuentra el inicio de la vía objeto de estudio, en donde visualmente se evidencian diferentes puntos en donde ni siquiera hay pavimento, el cual, por el deterioro del tiempo ha sido removido, especialmente por el peso de los vehículos y el impacto de las lluvias. A continuación, se muestra el estado visual del resto de la vía:

Figura 5. *Registro Fotográfico del estado total de la vía objeto de estudio*

Fuente: Elaboración propia

Visualmente se evidencia el deficiente estado de la vía, aun cuando en diferentes partes se encuentran recubrimientos de asfalto, el mismo ha generado una superficie pedregosa, lo que genera un deficiente suelo para el tránsito de los vehículos.

Para el estudio de las características de la vía se realizaron 3 apiques lo cuales fueron llevados al laboratorio, para lo cual se debe tener en cuenta que por lo menos el 50% de todos los sondeos debe alcanzar la profundidad dada en la Tabla H.3.2-1, afectada a su vez por los siguientes criterios, los cuales deben ser justificados por el ingeniero Geotecnista, con esto, la profundidad indicativa se considerará a partir del nivel inferior de excavación para sótanos o cortes de explanación; cuando se construyan rellenos, dicha profundidad se considerará a partir del nivel original del terreno:

A) Profundidad en la que el incremento de esfuerzo vertical causado por la edificación, o conjunto de edificaciones, sobre el terreno sea el 10% del esfuerzo vertical en la interfaz suelo-cimentación.

B) 1.5 veces el ancho de la losa corrida de cimentación.

C) 2.5 veces el ancho de la zapata de mayor dimensión.

D) Longitud total del pilote más largo, más 4 veces el diámetro del pilote o 2 veces el ancho del grupo de pilotes.

E) 2.5 veces el ancho del cabezal de mayor dimensión para grupos de pilotes.

F) En el caso de excavaciones, la profundidad de los sondeos debe ser como mínimo 1.5 veces la profundidad de excavación, pero debe llegar a 2.0 veces la profundidad de excavación en suelos designados como E y F en el Título A.

G) En los casos donde se encuentre roca firme, o aglomerados rocosos o capas de suelos firmes asimilables a rocas, a profundidades inferiores a las establecidas, el 50% de los sondeos deberán alcanzar las siguientes penetraciones en material firme (material designado como A, B o C en la Tabla A.2.4.4-1 del Título A de este Reglamento.), de acuerdo con la categoría de la unidad de construcción:

(1) Categoría Baja: los sondeos pueden suspenderse al llegar a estos materiales;

(2) Categoría Media, penetrar un mínimo de 2 metros en dichos materiales, o dos veces el diámetro de los pilotes en éstos apoyados;

(3) Categoría Alta y Especial, penetrar un mínimo de 4 metros o 2.5 veces el diámetro de pilotes respectivos, siempre y cuando se verifique la continuidad de la capa o la consistencia adecuada de los materiales y su consistencia con el marco geológico local.

H) La profundidad de referencia de los sondeos se considerará a partir del nivel inferior de excavación para sótanos o cortes de explanación. Cuando se construyan rellenos, dicha profundidad se considerará a partir del nivel original del terreno.

I) Es posible que alguna de las consideraciones precedentes conduzca a sondeos de una profundidad mayor que la dada en la Tabla H.3.2-1. En tal caso, el 20% de las perforaciones debe cumplir con la mayor de las profundidades así establecidas.

J) En todo caso primará el concepto del ingeniero geotecnista, quien definirá la exploración necesaria siguiendo los lineamientos ya señalados, y en todos los casos, el 50% de las perforaciones, deberán alcanzar una profundidad por debajo del nivel de apoyo de la cimentación. En algunos casos, a juicio del Ingeniero Geotecnista responsable del estudio, se podrán reemplazar algunos sondeos por apiques o trincheras

Después de tener en cuenta la información anterior, se debe definir el número mínimo de sondeos, para lo cual se definirá inicialmente las unidades de construcción de acuerdo con las normas dadas en la figura número 5. En todos los casos el número mínimo de sondeos para un estudio será de tres (3) y para definir el número se debe aplicar el mayor número de sondeos resultante y el número de unidades de construcción.

Los sondeos realizados en la frontera entre unidades adyacentes de construcción de un mismo proyecto se pueden considerar válidos para las dos unidades siempre y cuando domine la mayor profundidad aplicable. Para proyectos con varias unidades similares, el número total de sondeos se calculará a partir de la segunda unidad de construcción y siguientes como la mitad (50%) del encontrado para la primera unidad, aumentando al número entero siguiente al aplicar la reducción.

Figura 6. *Clasificación de las unidades de construcción por categorías*

Categoría de la unidad de construcción	Según los niveles de construcción	Según las cargas máximas de servicio en columnas (kN)
Baja	Hasta 3 niveles	Menores de 800 kN
Media	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4,000 kN
Alta	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4,001 y 8,000 kN
Especial	Mayor de 20 niveles	Mayores de 8,000 kN

Fuente: Estudio de suelos para la construcción de vía (2024)

A partir de ello, como se mencionaba anteriormente, se tomaron un total de 3 apiques cumpliendo con las disposiciones normativas vigentes. La ubicación de los sondeos tomados se presenta a continuación:

Figura 7. *Ubicación geográfica de los apiques tomados*

Fuente: Estudio de suelos para la construcción de vía (2024)

Como se evidencia en la figura anterior, para tener una mayor información del terreno estudiado se tomaron los 3 apiques distanciado entre sí, por lo cual el primero fue iniciando la vía, el segundo en la mitad y el último al final, las coordenadas de cada uno de los apiques son la siguientes:

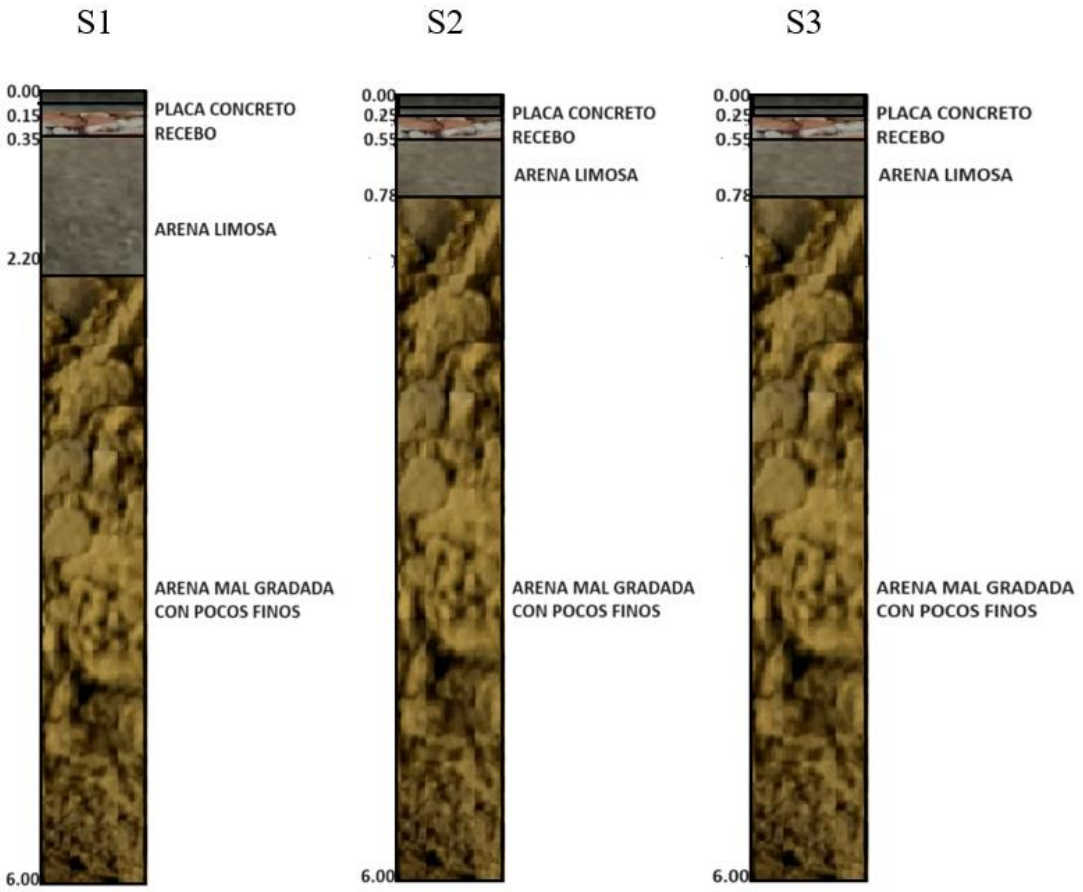
SONDEO 1: 4.306491, -74.805602

SONDEO 2: 4.307131, -74.805617

SONDEO 3: 4.308006, -74.805581

A partir de ello, cada uno de los apiques fuero llevado al laboratorio en donde se determinó su composición física y química (Ver anexo 3), como se muestra en la siguiente figura:

Figura 8. *Composición de los 3 apiques tomados*



Fuente: Estudio de suelos para la construcción de vía (2024)

La composición técnica encontrada con el análisis de suelo realizado se muestra a continuación:

- **Exploración 1 (S1):** Los suelos perforados están formados:
  - 0.00– 0.20mts, se encuentra una placa de asfalto.
  - 0.20-0.80 mts, se encuentra una capa de recebo.
  - 0.80-6.00 mts, se encuentra una capa de arena limosa de color gris.
  - 0.80-6.00 mts, se encuentra una capa de arena mal gradada con pocos finos de color habano apto para cimentación.
- **Exploración 2 (S2):** Los suelos perforados están formados:
  - 0.00– 0.20mts, se encuentra una placa asfalto
  - 0.20-0.80 mts, se encuentra una capa de recebo.
  - 0.80-6.00 mts, se encuentra una capa de arena limosa de color gris.
  - 0.80-6.00 mts, se encuentra una capa de arena mal gradada con pocos finos de color habano apto para cimentación.
- **Exploración 3:** Los suelos perforados están formados:

- 0.00– 0.20mts, se encuentra una placa asfalto.
- 0.20-0.80 mts, se encuentra una capa de recebo.
- 0.80-6.00 mts, se encuentra una capa de arena limosa de color gris.
- 0.80-6.00 mts, se encuentra una capa de arena mal gradada con pocos finos de color habano apto para cimentación.

A partir de la información obtenida con los estudios realizados, es necesario identificar la caracterización del suelo CBR (*California Bearing Ratio)* el cual es un indicador adicional que permite conocer la resistencia y fuerza que tiene el suelo objeto de estudio, este indicador se estudió independientemente en cada uno de los 3 apiques tomados, estudiados en el laboratorio cuyos resultados se encuentran en el Anexo 1 - *Ensayo de Penetrómetro de Cono Dinámico*; los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1. *Caracterización del Suelo CBR*

Proyecto:	**Diseño de pavimento asfáltico sostenible para el mejoramiento de la vía ubicada en Girardot entre la Carrera 14 # 33 -70 y continúa pasando por la calle 33 y calle 34 hasta la unión con la carrera 19 con calle 34 en sentido norte.**				
Sector:	**Girardot – Cundinamarca: Barrio Santa Isabel**		**Fecha: 26/03/2024**		
Ubicación	**Apique**	**Localización**	**Coordenadas**	**CBR %[1]**	**T °c**
Inicio	1 de 3	Girardot	4.306491, -74.805602	3,72	27.8 ° C
Centro	2 de 3	Girardot	4.307131, -74.805617	3,96	27.8 ° C
Final	3 de 3	Girardot	4.308006, -74.805581	3,85	27.8 ° C

Fuente: Elaboración propia a partir del Estudio De Suelos Para La Construcción De Vía (2024)

Esta información será utilizada para la determinación del diseño de pavimento asfaltico por medio del método AASHTO 93, desarrollado posteriormente; con esto, para determinar el CBR adecuado se utilizó el método percentil utilizando un valor de P al 50%, para determinar la media; su cálculo se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2. *Cálculo CBR por el método percentil*

No.	**CBR**
1	3,72
2	3,85

[1] Ver Anexo 1 – Ensayo de Penetrómetro de Cono Dinámico

3	3,96
P =	**50%**
Percentil	**3,85**

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente es necesario determinar la cantidad de vehículos que transitan diariamente por la vía objeto de estudio, teniendo en cuenta que esta información determinará los impactos que debe soportar el pavimento asfáltico y así establecer la composición ideal para garantizar un equilibrio entre calidad, durabilidad y costos; que se traduce al final en sostenibilidad.

Frente a la existencia de agua freáticas, no se detectó nivel freático en los sondeos realizados hasta la profundidad explorada, pero se detectó humedad en el terreno. El contenido de humedad del suelo está comprendido entre el 16.40% y 9.36%, encontrándose dentro los parámetros admisibles (N.S.R.10-2-2-2-1-a), sin que pueda afectar el comportamiento del suelo. (Ver figura 8)

Figura 9. *Niveles de humedad en los sondeos realizados*

HUMEDAD				
sondeos	muestra-1	muestra 2	muestra 3	muestra 4
sondeo 1	16,40%	14,44%	13,03%	10,10%
sondeo 2	13,95%	12,73%	11,50%	10,25%
sondeo 3	14,56%	13,45%	12,44%	9,36%

Fuente: Estudio de suelos para la construcción de vía (2024)

Frente a los límites de consistencia y/o Atterberg están comprendidos según los valores presentados en la figura 9; para estos límites se tienen la siguiente clasificación:

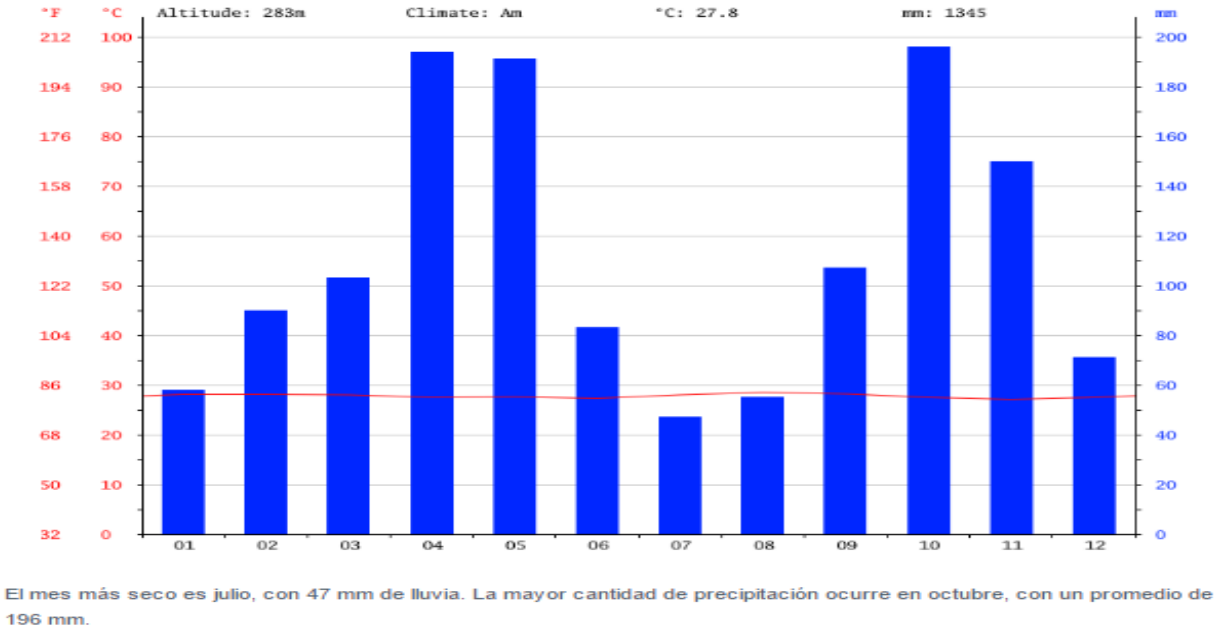
Figura 10. *límites de consistencia y/o Atterberg*

	muestra-1			muestra 2			muestra 3			muestra 4		
sondeos	LL	LP	IP	LL	LP	IP	LL	LP	IP	LL	LP	IP
sondeo 1	no presenta plasticidad											
sondeo 2	no presenta plasticidad											
sondeo 3	no presenta plasticidad											

Fuente: Estudio de suelos para la construcción de vía (2024)

Otro de los aspectos a tener en cuenta para la caracterización inicial de la vía son las características climáticas de la región en donde se evidencia un clima tropical con un flujo constante de lluvias durante todo el año, el clima se clasifica como Am por el sistema Köppen-Geiger y la temperatura es en promedio 27.8 ° C, en donde se tiene un promedio de 1.345mm de precipitaciones en un año, como se evidencia en la siguiente figura:

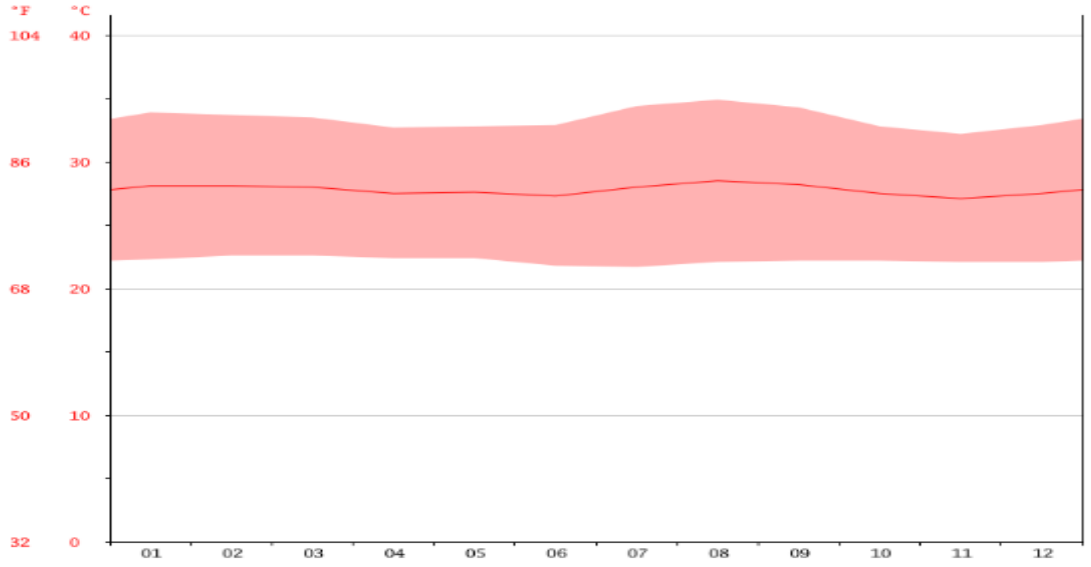
Figura 11. *Climograma de Girardot*



Fuente: Estudio de suelos para la construcción de vía (2024)

Por otro lado, frente a la temperatura predominante en la ciudad de Girardot, como se mencionaba anteriormente se encuentra una media de 27,8 ºC en donde se evidencia que el mes más cálido es agosto con promedios de 28,5 ºC y las temperaturas más bajas son en noviembre con 27,1ºC como se muestra en la siguiente figura:

Figura 12. *Diagrama de la temperatura de Girardot*



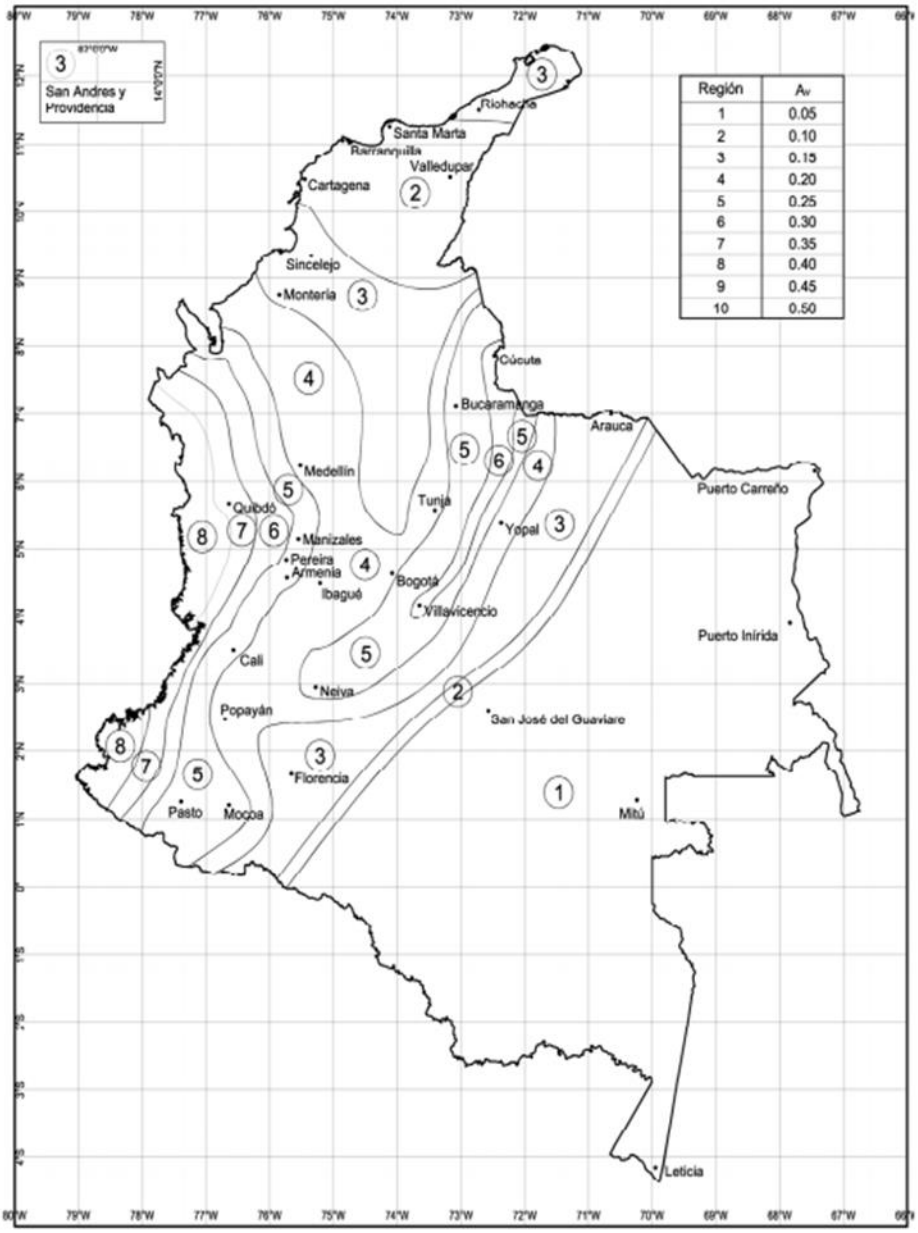
Fuente: Estudio de suelos para la construcción de vía (2024)

Frente a las condiciones sísmicas del lugar se debe tener en cuenta que el riesgo que se presenta se clasifica como intermedio y la presencia no es muy común.

De acuerdo con los efectos locales descritos en el NSR-10 –Diseño y Construcción Sismo Resistente, Ley 1400 de 19 decreto, decreto 926 del 19 de marzo del 2010, decreto 25decreto 092 del 17 de enero de 2011 [A.2.4 & Apéndice H-sísmica de Colombia. En el caso del terreno explorado, teniendo las características del suelo, los efectos locales de respuesta sísmica. (Estudio de suelos para la construcción de vía, 2024)

La composición sísmica del territorio colombiano se evalúa en un rango de 1 a 10, en donde Girardot se ubica en un intervalo de 4, por ello se habla de un riesgo medio (Ver figura 8)

Figura 13. *Zonas de amenazas sísmicas en Colombia*



Fuente: Estudio de suelos para la construcción de vía (2024)

8.1 EVALUACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR

Como se mencionaba previamente, para realizar la evaluación del tránsito vehicular se tomó como punto de referencia el inicio de la vía objeto de estudio, siendo este la carrera 14 # 33-70, en donde se encuentra el Cda la Estación que presta el servicio de revisión tecnomecánica. Para determinar el flujo vehicular se tomaron conteos físicos durante un lapso de 4 días de los vehículos que hicieron uso de la vía, exactamente los días martes 02, miércoles 03, jueves 04 y viernes 05 de abril del año 2024, tomando 2 muestras por día, cada una con una duración de 1 hora, siendo la primera a las 8:00 am y la segunda a las 6:00 pm.

Esta herramienta permitió identificar el comportamiento cotidiano del flujo vehicular en la vía estudiada, teniendo como base las 2 muestras tomadas por día; posteriormente se estableció el Transito Promedio Hora Diario (TPHS), lo cual permite hacer estimaciones del flujo vehicular semanal, mensual o anual que recibe la vía.

Tabla 3. *Conteo vehicular clasificado en carros, motos y buses.*

Día / Fecha	Hora	Cantidad		
		Carros	**Motos**	**Buses**
Martes 02 de abril de 2024	8:00 am	257	120	6
Martes 02 de abril de 2024	6:00 pm	321	145	8
Miércoles 03 de abril de 2024	8:00 am	298	134	7
Miércoles 03 de abril de 2024	6:00 pm	349	149	7
Jueves 04 de abril de 2024	8:00 am	281	126	9
Jueves 04 de abril de 2024	6:00 pm	380	145	8
Viernes 05 de abril de 2024	8:00 am	402	189	10
Viernes 05 de abril de 2024	6:00 pm	456	320	9

Fuente: Elaboración propia a partir del conteo manual realizado – Ver Anexo 2

Con esto, se realiza la determinación de la participación de cada uno de los vehículos identificados (carros, motos y buses) como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4. *Participación de cada vehículo registrado*

Porcentajes	**Total**	**%**
Carros	2744	66%
Motos	1328	32%
Buses	64	2%
Total	**4136**	**100%**

Fuente: Elaboración propia

A partir de la información obtenida, la misma se compiló por medio de fórmulas matemáticas para determinar con exactitud los promedios correspondientes a cada día y con ello, el promedio final diario semanal como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 5. *Determinación y cálculo del TPHD*

Día / Fecha	**Hora**	**Total**	**Promedio día**
Martes 02 de abril de 2024	8:00 am	383	429
Martes 02 de abril de 2024	6:00 pm	474	
Miércoles 03 de abril de 2024	8:00 am	439	472
Miércoles 03 de abril de 2024	6:00 pm	505	
Jueves 04 de abril de 2024	8:00 am	416	475
Jueves 04 de abril de 2024	6:00 pm	533	
Viernes 05 de abril de 2024	8:00 am	601	693
Viernes 05 de abril de 2024	6:00 pm	785	
		Total	2.069
		TPHD	518

Fuente: Elaboración propia

A partir de la información encontrada se toma como índice de referencia un TPHD de 518 vehículos, entre comerciales y privados a partir de lo cual se determinó como tránsito activo lo transcurrido entre las 7:00 am y 9:00 pm para un total de 14 horas de tránsito constante, el cual genera como resultado un Tránsito Promedio Diario Mensual (TPDM) de 7.252 vehículos.

Posteriormente, con los datos obtenidos se realizó el cálculo del número de ejes equivalentes de 80 kN acumulados en el carril de diseño durante un período de 10 años, esto, a partir del concepto de la componente normal del tránsito para poder identificar las cargas totales a la que estará expuesta la vía en el desarrollo de toda su vida útil y con ello, garantizar que la misma sea sostenible en el tiempo.

1. Conteo de tránsito: Se identificó que diariamente circulan un promedio de **7.252** vehículos de los cuales el 2% corresponde a los buses.

2. Corrección por estacionalidad: Con el objetivo de mantener una mayor fiabilidad en la estimación del tráfico vehicular, por ello, se realizaron los ajustes para cada mes a partir de los datos presentados por el Ministerio de Transporte en el documento *Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito* por medio de la siguiente tabla, en donde se obtuvo un volumen total de 7,265 vehículos TPDM, de los cuales 146 corresponden a los buses (2%):

Tabla 6. *Corrección por estacionalidad de cada mes*

Mes	Transito Promedio Diario Mensual	Factor de Corrección	Valor Final
Enero	7.252	0,88	6381,76
Febrero	7.252	1	7252
Marzo	7.252	0,9	6526,8
Abril	7.252	1,02	7397,04
Mayo	7.252	0,97	7034,44
Junio	7.252	0,97	7034,44
Julio	7.252	0,98	7106,96
Agosto	7.252	1,05	7614,6
Septiembre	7.252	1,15	8339,8
Octubre	7.252	1,11	8049,72

Noviembre	7.252	1,05	7614,6
Diciembre	7.252	0,94	6816,88
TDPM Ajustado			**7.264**

Fuente: Elaboración propia a partir del Min. Transporte (2007, p. 28)

3. Definir otros parámetros del diseño: a partir de lo anterior se estipulan otros parámetros necesarios para realizar el cálculo del tránsito vehicular que son:

   - Periodo de diseño: 10 años[2]
   - Tasa de crecimiento anual: 3%[3]
   - Ancho de la calzada: 6 mts
   - Factor direccional: 0,5
   - Composición de los vehículos:
     - Buses 2%
     - Motos 32%
     - Carros 66%
   - Factor de Daño:
     - Buses 1.0
     - Motos 0.0%
     - Carros 0.0%
   - Confiabilidad: 80% (Z = - 0,841)

4. Calcular el número de ejes equivalentes en el carril de diseño (tránsito normal) tomando como referente el año base:

$$\mathbf{N_{80kn}} = 365_{\text{dias/año}} \ \mathbf{x} \left[\sum_{i=1}^{k} (Vehículos\ comercioales\ \boldsymbol{x}\ \%\boldsymbol{Vr}\ \boldsymbol{x}\ \boldsymbol{FD}) \right] \mathbf{x}\ \text{Fd}$$

$$\mathbf{N_{80kn}} = 365 \text{ x } \left[(7.264 \text{ x } 0.02 \text{ x } 1.0) + (7.264 \text{ x } 0.32 \text{ x } 0.0) + (7.264 \text{ x } 0.66 \text{ x } 0.0) \right] \text{ x } 0.5$$

$$\mathbf{N_{80kn} = 53027}$$

5. Se calcula el número acumulado de ejes equivalentes en el carril de diseño para el período de diseño (n):

$$\mathbf{N}_{80kn(Acumulado)} = \mathbf{N_{80kn}\ x} \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

$$\mathbf{N}_{80kn(Acumulado)} = \mathbf{53.027\ x} \frac{(1+0{,}03)^{10} - 1}{0.03}$$

$$\mathbf{N_{80kn}}_{(Acumulado)} = \mathbf{607.895{,}12}$$

[2] Según lo estipulado por Ministerio de Transporte en el documento *Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito* (2007, p. 6)

[3] Según lo estipulado por Ministerio de Transporte en el documento *Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito* (2007, p. 28)

6. Cálculo del número de ejes equivalentes en el carril de diseño durante el período de diseño (tránsito normal) con el nivel de confianza dado.

$$\mathbf{N'_{80kn}}_{(Acumulado)} = \mathbf{N_{80kn}}_{(Acumulado)} \times (10^{0,05 \times Zr})$$
$$\mathbf{N'_{80kn}}_{(Acumulado)} = \mathbf{607.895,12 \times 10^{0.05 \times 0.841}}$$
$$\mathbf{N'_{80kn}}_{(Acumulado)} = 669.697,47$$

Con esto se determinó un $\mathbf{N'_{80kn}}_{(Acumulado)}$ de **669.697,47** que muestra el flujo de carga que recibirá el diseño de la vía en un estimado de 10 años.

Por otro lado, es importante tener en cuenta el tránsito atraído y generado el cual se presenta por las preferencias de las personas que al evidenciar que la vía se encuentra en buen estado preferirán utilizar la nueva ruta para llegar a sus destinos, ante ello, se debe identificar que las vía objeto de estudio únicamente se encuentra una vía que puede llegar al mismo destino, pero representa una ruta mucho más larga, por lo cual, ante las bajas probabilidades de tránsito atraído, se establece un coeficiente del 5%, y frente al tránsito generado, teniendo en cuenta que la vía actualmente es transitable, solo que está en mal estado, de identifica un coeficiente del 1% que se presenta a continuación:

- **Transito atraído:** 669.697,47 x 5% = 33.484,87
- **Transito generado:** 669.697,47 x 1% = 6.696,97

8.2 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Como se mencionaba anteriormente, para la determinación del diseño de la estructura del pavimento flexible, se hizo uso del método AASHTO 93, el cual, según la investigación realizada por la Ingeniera Katherín Sáenz Hamón titulada *Diseño de la estructura de pavimento flexible aplicando el método AASHTO 93 para la vía aeropuerto el Edén -Club campestre – Armenia en el departamento del Quindío en el k 2+000 al k 6+100,* se indicó que dicho método:

> … consiste en una ecuación en donde se obtiene un numero estructural (SN), valor que indica la resistencia total requerida de la estructura de pavimento; se encuentra en función del tránsito y la confiabilidad de los datos y el CBR que mediante distintas correlaciones se puede definir el Módulo Resiliente de nuestro suelo de apoyo, además de tener en cuenta otros factores que influyen en este diseño. (2019, pág. 7)

Para poder aplicar esta metodología se deben tener en cuenta diferentes factores y datos necesarios para la aplicación de las fórmulas que el método AASHTO 93 propone que son:

- Caracterización geotécnica
- CBR de diseño
- Diseños disponibles de mezclas de concretos asfálticos
- Factores de daño de los vehículos cuyo tránsito fue proyectado en el periodo de diseño.
- La proyección de Tránsito Promedio Diario
- Temperatura media anual ponderada del aire en la zona del proyecto.
- Determinación de los sectores de diseño
- Módulos dinámicos de concretos asfálticos

A partir de la información anterior se realizó el diseño de la estructura de pavimento flexible teniendo en cuenta las directrices estipuladas por el método previamente expuesto.

Paso 1: Determinación del módulo Resiliente a partir de CBR: Por sus siglas en Ingles *California Bearing Ratio* que significan ensayo de Relación de Soporte de California el cual se utiliza para identificar la resistencia del suelo, para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 1. *Determinación modulo suelo natural*

$$Mr\ (Mpa) = (130 \times (CBR)^{0.714})$$

Paso 2: Determinación del Número Estructural Requerido SNreq: El cual permite establecer la resistencia estructural del pavimento, su fórmula es la siguiente:

Ecuación 2: *AASHTO'93*

$$logN = ZR \times So + 9{,}36 \times \log(SNreq + 1) - 0{,}20 + \frac{\log\left[\frac{\Delta PSI}{4{,}2-1{,}5}\right]}{0.40 + \frac{1.094}{(SNreq+1)^{5{,}19}}} + 2{,}3 \times \log Mr - 8{,}07$$

Los componentes que hacer parte de la ecuación anterior son los siguientes:

- N: Ejes equivalentes a ejes simples de 8.2t, en el carril de diseño admisibles.
- ZR: Desviación estándar de la curva normal, dando un nivel de confiabilidad ®
- S0: Error estándar combinado de la proyección del tránsito y el desempeño de la estructura de pavimento.
- SN: Número estructural requerido
- ΔPSI: Reducción del índice de servicio del pavimento, que es igual a la diferencia entre el valor del índice al inicio de la vida de servicio de éste (p0) y el valor al final de dicho periodo (pt).
- Mr: Módulo Resistente de la Subrasante (psi)

Paso 3: Número estructural efectivo (SNeff): Este número se compara con el Número Estructural Requerido (SNreq) para tener una mayor confiabilidad de los datos, se obtiene por medio de la siguiente ecuación:

Ecuación 3*: Calculo de SNeff efectivo*

$$SNeff = a1D1 + a2D2m2 + a3D3m3$$

Teniendo en cuenta que en la anterior ecuación los valores: D1, D2 y D3 representan los espesores de la capa asfáltica, la base granular y subbase granular en pulgadas; a1, a2 y a3 son los Coeficientes estructurales para la capa asfáltica, la base granular y la subbase granular; y m2 y m3 son los coeficientes de drenaje para la base y subbase granular.

Paso 4: Confiabilidad: Uno de los aspectos más importantes para garantizar la sostenibilidad de el pavimento asfáltico es determinar la confiabilidad, lo cual se determinar a partir de la ubicación de la vía por medio de la siguiente tabla propuesta por el método AASHTO 93.

Tabla 7. *Niveles de confiabilidad recomendados*

Clasificación funcional de la vía	Urbana	Rural
Autopistas	85 – 99,9	80 – 99,9

Arterias principales	80 – 99	75 – 95
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: Elaboración propia a partir de la guía metodológica AASHTO (1993, p. 9)

En este caso, partiendo que la ubicación de la vía es local y se encuentra en el casco urbano la confiabilidad estimada es de 50 – 80, lo cual se lleva a la siguiente tabla para la determinación de Zr.

Tabla 8. *Relación entre Zr y confiabilidad en una distribución normal*

Confiabilidad	Desviación estándar
50%	0,000
60%	- 0,253
70%	- 0,524
75%	- 0,674
80%	- 0,841
85%	- 1,037
90%	- 1,282
91%	- 1,340
92%	- 1,405
93%	- 1,476
94%	- 1,555
95%	- 1,645
96%	- 1,751
97%	- 1,881
98%	- 2,054

99%	- 2,327
99,90%	- 3,090
99,99%	- 3,750

Fuente: Elaboración propia a partir de la guía metodológica AASHTO (1993, p. 62)

Teniendo en cuenta que la vía objeto de estudio presenta un flujo vehicular intermitente en relación con los horarios del día frente a la noche, se ha tomado el nivel de confiabilidad más alto que presente el rango de la tabla, en este caso de 80, lo que es igual a una confiabilidad de -0,841.

Paso 5. Coeficiente de drenaje: Representa la capacidad que tienen el pavimento de hacer la evacuación de las aguas a las que pueda estar expuesto, dicho coeficiente se mide a partir de las probabilidades de lluvia y de flujos de agua según las condiciones climáticas. Las calificaciones se fundamentan en los siguientes criterios a partir del tiempo que demora en evacuar el agua:

- **Excelente:** Entre 2 a 4 horas
- **Bueno:** Entre 12 a 24 horas
- **Normal:** Entre 3 a 6 días
- **Malo:** Entre 18 y 36 días
- **Muy Malo:** Más de 36 días

Según el método AASHTO'93 se presentan uno valores óptimos para el coeficiente de drenaje que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 9. *Coeficientes de drenaje*

Calidad del drenaje	**Porcentaje del tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximo a la saturación**			
	< 1 %	**1 – 5%**	**5 – 25%**	**> 25%**
Excelente	1,40 – 1,35	1,35 - 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Bueno	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,10	1,00
Normal	1,25 – 1,15	1,15 - 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Malo	1,15 - 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Muy malo	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Fuente: Elaboración propia a partir de la guía metodológica AASHTO (1993, p. 25)

Con ello, teniendo en cuenta que la vía objeto de estudio se encuentra ubicada en una posición alta respecto a las demás vías aledañas el coeficiente de drenaje se cataloga como bueno, ya que tarda entre

12 a 24 horas en eliminar toda el agua de la vía, con lo cual se determina un porcentaje entre 1% y 5%, esto, debido a las condiciones climáticas de la región, obteniendo como resultado un coeficiente de drenaje entre **1,25 y 1,15.**

Paso 6. Cálculo coeficiente estructural (a): El cual es utilizado en el paso 3 y se desarrolla por medio de las siguientes ecuaciones.

Ecuación 4. *Coeficiente estructural (a1) capa asfáltica*

$$\mathbf{a1} = 0{,}7304 - 0{,}1271\ (1n(T\ °c))$$

Ecuación 5. *Coeficiente estructural (a2) base granular*

$$\mathbf{a2} = 0{,}249\ (\log10\ EBG) - 0{,}977$$

Ecuación 6. *Coeficiente estructural (a3) subbase granular*

$$\mathbf{a3} = 0{,}227\ (\text{Log}10\ ESBG) - 0{,}839$$

Para cumplir con el cálculo de los parámetros establecidos por la AASHTO'93 en la definición de la base granular y subbase granular se debe contemplar las disposiciones contenidas en la Resolución Número 4561 de 29 de noviembre de 2022 denominada *Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022* publicada por el Instituto Nacional de Vías – INVIAS, que por medio de su artículo 220 establece que: "Se definen tres clases de subbase granular, en función de la calidad de los agregados (clases A, B y C), (…) Así mismo, se debe definir el tipo de granulometría que se va a emplear." (p. 308) por lo cual se definen tres tipos de clases para la subbase granular, a partir del nivel de tránsito determinado, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 10. *Uso típico de las diferentes clases de subbase granular*

Clase de subbase granular	Nivel de tránsito
Clase A	NT3
Clase B	NT2
Clase C	NT1

Fuente: Resolución Número 4561 – INVIAS (2022, p. 308)

Para la determinación de la clase se debe tener en cuenta el resultado del conteo vehicular el cual fue de un $\mathbf{N'_{80kn}}$(Acumulado) de **669.697,47** el cual, para convertirlo al formato de la tabla se debe dividir en 1'000.000 dando como resultado **0,67** que se lleva a la tabla propuesta por el articulo 100 de la Resolución Número 4561 que se muestra a continuación:

Tabla 11. *Niveles de Tránsito*

Nivel de tránsito	Número de ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño (N) (millones)
NT1	$N_{80kN} \leq 0,5$
NT2	$0,5 < N_{80kN} \leq 5,0$
NT3	$N_{80kN} > 5,0$

Fuente: Resolución Número 4561 – INVIAS (2022, p. 18)

Lo cual da como resultado un NT2 que representa una subbase granular tipo B lo que representa, según la tabla 320-2 *Requisitos de los agregados para subbases granulares* un CBR de 30 (p. 309).

Por otro lado, para el caso de la base granular se contemplan las disposiciones del artículo 330 de la Resolución Número 4561 del 2022 en donde a partir de la tabla propuesta se tiene una base Clase B que según lo contemplado en la tabla Tabla 330 — 2. *Requisitos de los agregados para bases granulares* de la resolución mencionada se encuentra un CBR mayor a 80 (p. 335)

Paso 7. Datos de entrada. A partir de los estudios realizados por medio de la ponderación de los resultados se identificó un CBR de 3.85, con lo cual se procede a calcular el MR.

Ecuación 7. *Cálculo MR subrasante*

$$\mathbf{MR} = 130 * CBR^{0.714}$$

$$\mathbf{MR} = 130 * 3,85^{\ 0.714}$$

$$\mathbf{MR} = 340,37\ kg/cm^2$$

Con la cual, una vez reemplazados los datos y aplicadas las fórmulas nos da un MR de 340,37 kg/cm^2, posteriormente se realiza el cálculo del MR por cada capa como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 12. *Datos de entrada de MR de las capas de la estructura*

	Kg/cm2	PSI
Mr c.a (kg/cm^2)	21.479	305.498,44
Mr BG (kg/cm^2)	5.732	81.539,40
Mr SBG (kg/cm^2)	1.740	24.755,19
Mr SR (kg/cm^2)	340,37	4.841,35

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, a partir del MR subrasante se identifica el siguiente intervalo según la tabla de valores que se presenta a continuación:

Tabla 13. *Valores de resistencia a subrasante*

Categoría	Intervalo de modulo resiliente (kg/cm2)	intervalo de CBR (%)
s1	300 – 500	3z<=CBR<5
s2	500 – 700	5<=CBR<7
s3	700 – 1000	7<=CBR<10
s4	1.000 – 1.500	10<=CBR<15
s5	> 1.500	CBR>=15

Fuente: Elaboración propia

A partir de ello se realiza el diseño de los intervalos obtenidos de la subrasante 300 kg/cm^2

Paso 8. Verificación del AASHTO: A partir de los datos obtenidos se realiza una recopilación de los valores necesarios para la aplicación del diseño, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 14. *Datos verificación por AASHTO*

Parámetro	Valor
Confiabilidad	80%
So	0.44
Psi Inicial	4.2
Psi Final	2
Módulo equivalente (kg/cm$^{2)}$	300
Módulo equivalente (psi)	4.266,90
ZR	- 0,841

Fuente: Elaboración propia con fundamento en los datos de la tabla *Datos verificación por AASHTO*[4]

[4] Tomado del documento *Diseño de pavimento para el mejoramiento de la vía Cambras – Puerto Salgar en el municipio de Guaduas – Cundinamarca (sector 1PRO+000 al PR2+000) (2023, p. 53)*

Con base en los datos previamente recolectados en la tabla se realiza el desarrollo de la ecuación 2 presente en el paso 2 en donde se obtiene como resultado un SNreq de 0,4211, posteriormente se realiza el cálculo de SNeff por medio de los datos de la siguiente tabla.

Tabla 15. *Datos de entrada para cálculo de SNeff*

Capa	SN	a	d cm	d in	m
C.A.	1.0345699	0.312	9 cm	4.03 in	
BG	1.5025636	0.15	22 cm	6.11 in	1,15
SBG	1.9214563	0.13	32 cm	12.67 in	1,15

Fuente: Elaboración propia a partir del Software 3G DIS PAV[5] y *datos de entrada para cálculo de SNeff* [6]

A partir de la información anterior se desarrolla la ecuación número 3 del paso 3 en donde se obtiene como resultado un SNeff de 0.4812. Por último, con los resultados obtenidos se identifica el diseño propuesto a partir del parámetro dado por la resistencia **N'$_{80kn}$**(Acumulado) obtenido de 669.697,47, a partir de ello los resultados finales se presentan a continuación, otorgador por el *Software 3G DIS PAV* versión 1.4.

Tabla 16. *Medidas de la estructura de pavimento flexible definidas.*

MR sr 300 kg/cm2	
C.A	10 cm
BG	25 cm
SBG	30 cm

Fuente: Elaboración propia a partir del Software 3G DIS PAV[7]

A partir de los resultados obtenidos se realiza la verificación del número estructural (SN) la cual se fundamenta en tomar como base los parámetros mínimos establecidos por la AASHTO 93 que se comparan en la siguiente tabla:

[5] D1, D2 y D3 representan los espesores de la capa asfáltica, la base granular y subbase granular en centímetros (cm) y pulgadas (in); a1, a2 y a3 son los Coeficientes estructurales para la capa asfáltica, la base granular y la subbase granular; y m2 y m3 son los coeficientes de drenaje para la base y subbase granular.

[6] Tomado del documento *Diseño de pavimento para el mejoramiento de la vía Cambras – Puerto Salgar en el municipio de Guaduas – Cundinamarca (sector 1PRO+000 al PR2+000) (2023, p. 53)*

[7] Es de recordar que C.A. es la capa asfáltica, B.G. es la base granular y S.B.G. es la subbase granular.

Tabla 17. *Verificación del número estructural (SN)*

Capa	Resultado	Parámetro AASHTO	Cumplimiento
C.A	10 cm	No definido	Si Cumple
BG	25 cm	10 cm - 30 cm	Si Cumple
SBG	30 cm	15 cm - 30 cm	Si Cumple

Fuente: Elaboración propia a partir de la AASHTO 93

Con esto se identifica que el número estructural (SN) obtenido cumple con los parámetros mínimos establecidos por el Método AASHTO 93.

9 CONCLUSIONES

Por medio de las directrices establecidas por el método AASHTO 93 se cumple satisfactoriamente con el objetivo de la presente investigación de analizar el diseño de pavimento asfáltico sostenible para el mejoramiento de la vía ubicada en Girardot entre la Carrera 14 # 33 -70 y continúa pasando por la calle 33 y calle 34 hasta la unión con la carrera 19 con calle 34 en sentido norte, en donde se identifica una composición óptima de una capa asfáltica de 9 cm, posteriormente una base granular de 22 cm y una subbase granular de 32 cm, distribución que será sostenible en el tiempo en un periodo promedio de 10 años y que cumple con el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 9 – *Industria, innovación e infraestructura* ya que con el desarrollo del diseño asfáltico sostenible se reactiva un corredor vial importante para el desarrollo económico y social de Girardot y la Región.

Se debe resaltar que desde la ingeniería civil se tiene la capacidad de realizar proyecciones en el tiempo a partir de las condiciones climáticas y exógenas a los que se enfrentará el pavimento, en este caso, el método AASHTO 93 tiene en cuenta aspectos como las condiciones climáticas, el tránsito vehicular clasificándolo según el impacto que causa, la desviación de la vía, el nivel de confianza, las estadísticas del ministerio de transporte y demás valores estadísticos que permiten una mayor fiabilidad y exactitud en el diseño de pavimento asfáltico presentado.

En las pruebas de laboratorio realizadas a los tres apiques extraídos de la vía objeto de estudio, se identificó una capa asfáltica previa, la cual, por falta de mantenimientos y carencias en las estimaciones de su diseño ya que no se encontró una subbase granular, adicionalmente la capa asfáltica tiene un espesor de 20cm, lo que representa un excedente de 11cm en relación con los resultados obtenidos, razón por la cual se encuentra deteriorada en un 80% aproximadamente; lo que ratifica la necesidad de realizar el diseño propuesto en la presente investigación.

10 RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar la implementación del diseño asfáltico sostenible presentado en la investigación desarrollada, cumpliendo así con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 9 - *Industria, innovación e infraestructura*, mejorando la movilidad interna y externa de la ciudad de Girardot.

Se recomienda que para futuras investigaciones y diseños para pavimentaciones sostenibles se haga uso del método AASHTO 93, cuyos pasos se detallan en la presente investigación de forma dinámica y clara, teniendo en cuenta que su implementación garantiza el desarrollo de una estructura vial sostenible y duradera en el tiempo, contemplando todas las variables a las que la vía se pueda ver expuesta.

11 BIBLIOGRAFÍA

ABC Geotechnical Consulting. (s.f.). *Base o Base Granular*. Obtenido de https://geotecniaymecanicasuelosabc.com/glosario/base-o-base-granular/

Archila, A., & Aparicio, M. (2018). Impactos ambientales derivados del proceso de pavimentación de vías de transporte en Colombia. Bucaramanga, Colombia. Obtenido de https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/18318/1098694697.pdf?sequence=5&isAllowed=y

BBVA. (s.f.). *¿Qué es la sostenibilidad? Un camino urgente y sin marcha atrás*. Obtenido de https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-sostenibilidad-un-camino-urgente-y-sin-marcha-atras/

Behak, L., & Peres, W. (2008). Caracterización de un material compuesto por suelo arenoso, ceniza de cáscara de arroz y cal potencialmente útil para su uso en pavimentación. *Revista Ingeniería de Construcción Vol, 23*(1), 34 - 41.

Bonett, G. (2014). Guía De Procesos Constructivos De Una Via En Pavimento Flexible. Colombia.

Burgos, B. (2014). Análisis Comparativo Entre Un Pavimento Rígido Y Un Pavimento Flexible Para La Ruta S/R: Santa Elvira – El Arenal, En La Comuna De Valdivia. Valdivia, Chile.

Campagnoli, S. (2017). Innovación En Métodos De Pavimentación: Casos Regionales. *Revista de Ingeniería*(45), 22 - 31.

Cemex. (s.f.). Base Granular. Colombia. Obtenido de https://www.cemexcolombia.com/cotizar

CEMIX. (s.f.). *¿Cómo se construyen las carreteras y cuál es su importancia?* Obtenido de https://www.cemix.com/construccion-de-carreteras/#:~:text=Si%20bien%20los%20materiales%20para,grava%20y%20el%20mismo%20suelo.

Coria, C., Domínguez, R., & Anguas, P. (2018). Teorías para calcular esfuerzos, deformaciones y deflexiones en pavimentos flexibles: un enfoque mecanicista. México. Obtenido de https://imt.mx/archivos/Publicaciones/DocumentoTecnico/dt72.pdf

Dirección Nacional de Observatorio Vial. (2022). INFRAESTRUCTURA VIAL: FACTOR DE RIESGO DE LA SEGURIDAD VIAL. *DOSSIER*(9), 1 - 20.

Gravicon. (2017). Base Y SubBase. Obtenido de https://gravicon.com.co/productos/89-base

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado , C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la Investigación* . México : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, SA DE C.V .

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la Investigación.* Mexico: McGraw-Hill Educación.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación.* México: McGraw-Hill.

Hiliquín, M. (2016). Evaluación Del Estado De Conservación Del Pavimento, Utilizando El Método Pci, En La Av. Jorge Chávez Del Distrito De Pocollay En El Año 2016. Tacna, Perú.

INVIAS. (2022). Resolución Número 4561 de 29 de noviembre de 2022. Colombia.

Londoño, C. (s.f.). *360enconcreto*. Obtenido de https://360enconcreto.com/blog/detalle/historia-de-pavimentos-de-concreto-en-colombia/#:~:text=La%20historia%20de%20los%20pavimentos,la%20canalizaci%C3%B3n%20de%20los%20r%C3%ADos.

Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada Definición, Propiedad Intelectual e Industria. *Cienciamérica*(3), 34 - 39. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749

Medina, H. (2024). *Estudio de suelos para la construcción de vía.*

Mercado, J. (2019). Diseño de la estructura de un Pavimento Flexible Aplicando el Método AASHTO-93, para el corredor Vial comprendido entre la Diagonal 65 – Cai Boston – Cruce vía Yuma en Barrancabermeja, Santander. Bogotá D.C., Colombia. Obtenido de https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/32870/AmayaAlfonsoOmarFelipe2019.pdf?sequence=1#:~:text=El%20valor%20de%20este%20coeficiente,humedad%20pr%C3%B3ximos%20a%20la%20saturaci%C3%B3n.

Miranda, F., & Aguiar, J. (2019). Mezclas Asfálticas Con Rap: Pavimentos Asfálticos Reciclados. *PITRA-LanammeUCR*, *10*(1), 1 - 9. Obtenido de https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/1421/Boletin%201%20%20Mezclas%20asf%C3%A1lticas%20con%20RAP.pdf?sequence=1#:~:text=El%20Pavimento%20Asf%C3%A1ltico%20Reciclado%2C%20mejor,de%20estructuras%20nuevas%20o%20rehabilitadas.

Narvaez, M. (s.f.). *Método inductivo: Qué es, características y ejemplos*. Obtenido de QuestionPro: https://www.questionpro.com/blog/es/metodo-inductivo/

Ondarse, D. (2021). *Compuesto químico*. Obtenido de Concepto.de: https://concepto.de/compuesto-quimico/

ONU. (2015). *¿Qué son los Objetivos de Desarrollo Sostenible?* Obtenido de https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals

ONU. (2015). *Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación*. Obtenido de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/

Ortega, C. (s.f.). *Investigación mixta. Qué es y tipos que existen*. Obtenido de QuestionPro: https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-mixta/#:~:text=La%20investigaci%C3%B3n%20mixta%20es%20una,de%20estos%20m%C3%A9todos%20por%20separado.

Pérez, J., & Gardey, A. (2023). *Pavimento.* Obtenido de Definición.de: https://definicion.de/pavimento/

Sáenz, K. (2019). Diseño De La Estructura De Pavimento Flexible Aplicando El Método Aashto 93 Para La Vía Aeropuerto El Edén -Club Campestre – Armenia En El Departamento Del Quindío En El K 2+000 Al K 6+100. Colombia. Obtenido de https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/32150/SAENZHAMONKATHERIN%202019.PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sánchez, F. (2023). *¿Qué es el CBR?* Obtenido de Geotechtips: https://www.geotechtips.com/post/que-es-el-cbr

Secretaría Distrital de Movilidad. (07 de febrero de 2024). *Malla Vial Integral. Bogotá D.C.* Obtenido de ideca: https://www.ideca.gov.co/recursos/mapas/malla-vial-integral-bogota-dc#:~:text=Conjunto%20de%20l%C3%ADneas%20que%20definen,tipo%20de%20tr%C3%A1fico%20que%20soporta.

Trujillo, L. (2016). Impacto Económico Del Desarrollo De Infraestructura Vial En Colombia: Implementación De La Cuarta Generación De Concesiones Viales. Cali, Colombia. Obtenido de https://repository.unicatolica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12237/878/FUCLG0015638.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Las%20obras%20de%20infraestructura%20vial,econ%C3%B3mico%20y%20reducir%20la%20pobreza.

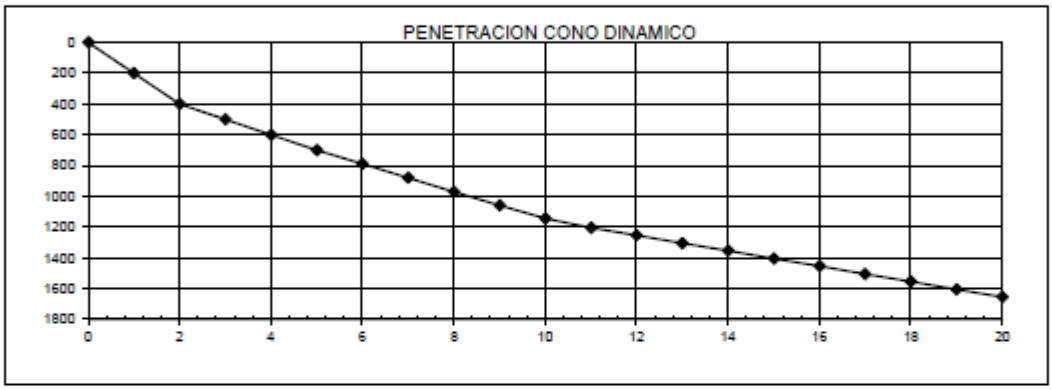
Universidad Veracruzana. (s.f.). *Descripción de los tipos de investigación*. Obtenido de https://www.uv.mx/apps/bdh/investigacion/unidad1/investigacion-tipos.html

Westreicher, G. (2020). *Economipedia*. Obtenido de https://economipedia.com/definiciones/metodo-deductivo.html

ANEXO 1

	ENSAYO DE PENETRÓMETRO DE CONO DINÁMICO	CÓDIGO:	F2-E5-PT-03
		VERSIÓN:	1
		FECHA:	2024-03-26
		PAGINA 1 DE 1	

COMPAÑIA: **HML Ingenieros Civiles**
DIRECCIÓN Of.: CALLE 34 No 10-84 B. Miraflores - Girardot
INGENIERO: **Harvey Medina Laguna**
OBRA: **Vía cr. 14 con cr. 19**
FECHA DE TOMA: **26 de marzo del 2024**
DESCRIPCIÓN: **Estudio de suelos para la construcción de via**
APIQUE No **1** UBICACIÓN: **Carrera 14** No. MUESTRA:
INFORME PC No.:



No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADO	PENETRACION (mm)	PENETRACION ACUMULADA (mm)
0	0	0	0
1	1	200	200
1	2	200	400
1	3	100	500
1	4	100	600
1	5	100	700
1	6	90	790
1	7	90	880
1	8	90	970
1	9	90	1060
1	10	85	1145
1	11	60	1205
1	12	50	1255
1	13	50	1305
1	14	50	1355
1	15	50	1405
1	16	50	1455
1	17	50	1505
1	18	50	1555
1	19	50	1605
1	20	50	1655

Número Dinámico: 82,8

FORMULA SEGUN
UNIVERSIDAD DEL CAUCA

C.B.R. : $111{,}7885*(\text{No. DINÁMICO})^{-0.7708}$

C.B.R. (%): 3,72

PENETROMETRO (kg/cm²):

OBSERVACIONES:

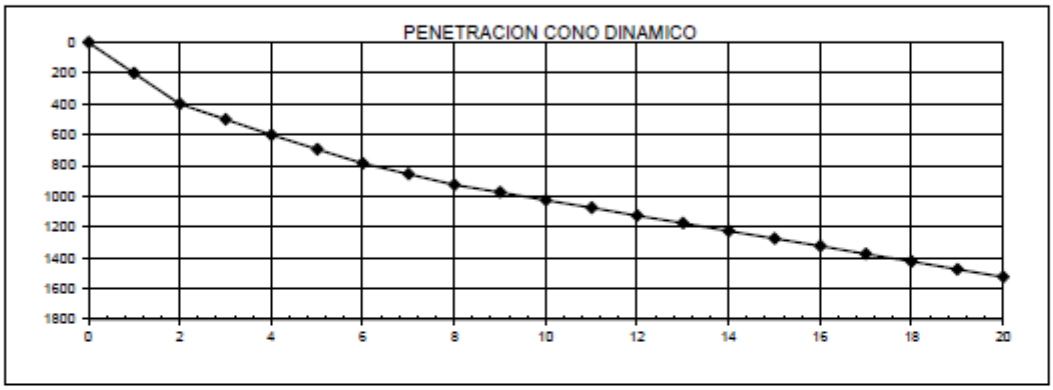
ENSAYO ELABORADO POR: Emily Sanchez

REVISADO POR: Harvey Medina Laguna

LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME CORRESPONDEN UNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS.
EL PRESENTE INFORME NO ES VALIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL.
PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DEL PRESENTE INFORME SIN AUTORIZACION DEL CONSORCIO PAVIM CONC LTDA - ENSAYOS & DISEÑOS INGENIERÍA Y EL CLIENTE.

	ENSAYO DE PENETRÓMETRO DE CONO DINÁMICO	CÓDIGO:	F2-E5-PT-03
		VERSIÓN:	1
		FECHA:	2024-03-26
		PAGINA 1 DE 1	

COMPAÑÍA: **HML Ingenieros Civiles**
DIRECCIÓN Of.: CALLE 34 No 10-84 B. Miraflores - Girardot
INGENIERO: **Harvey Medina Laguna**
OBRA: **Vía cr. 14 con cr. 19**
FECHA DE TOMA: **26 de marzo del 2024**
DESCRIPCIÓN: **Estudio de suelos para la construcción de via**
APIQUE No **2** UBICACIÓN: **Carrera 14** No. MUESTRA:
INFORME PC No.:



No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADO	PENETRACION (mm)	PENETRACION ACUMULADA (mm)
0	0	0	0
1	1	200	200
1	2	200	400
1	3	100	500
1	4	100	600
1	5	95	695
1	6	90	785
1	7	70	855
1	8	70	925
1	9	50	975
1	10	50	1025
1	11	50	1075
1	12	50	1125
1	13	50	1175
1	14	50	1225
1	15	50	1275
1	16	50	1325
1	17	50	1375
1	18	50	1425
1	19	50	1475
1	20	50	1525

Número Dinámico: 76,3

FORMULA SEGUN UNIVERSIDAD DEL CAUCA

C.B.R. : $111{,}7885 * (\text{No. DINÁMICO})^{-0.7708}$

C.B.R. (%): 3,96

PENETROMETRO (kg/cm²):

OBSERVACIONES:

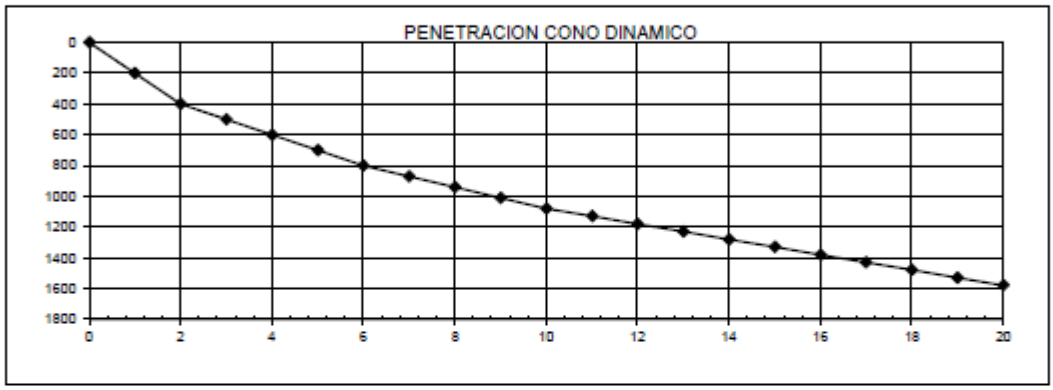
ENSAYO ELABORADO POR: Emily Sanchez

REVISADO POR: Harvey Medina Laguna

LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME CORRESPONDEN UNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS.
EL PRESENTE INFORME NO ES VALIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL.
PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DEL PRESENTE INFORME SIN AUTORIZACION DEL CONSORCIO PAVIM CONC LTDA - ENSAYOS & DISEÑOS INGENIERÍA Y EL CLIENTE.

	ENSAYO DE PENETRÓMETRO DE CONO DINÁMICO	CÓDIGO:	F2-E5-PT-03
		VERSIÓN:	1
		FECHA:	2024-03-26
		PAGINA 1 DE 1	

COMPAÑIA: **HML Ingenieros Civiles**
DIRECCIÓN Of.: CALLE 34 No 10-84 B. Miraflores - Girardot
INGENIERO: **Harvey Medina Laguna**
OBRA: **Vía cr. 14 con cr. 19**
FECHA DE TOMA: **26 de marzo del 2024**
DESCRIPCIÓN: **Estudio de suelos para la construcción de via**
APIQUE No **3** UBICACIÓN: **Carrera 14** No. MUESTRA:
INFORME PC No.:



No. GOLPES	No. GOLPES ACUMULADO	PENETRACION (mm)	PENETRACION ACUMULADA (mm)
0	0	0	0
1	1	200	200
1	2	200	400
1	3	100	500
1	4	100	600
1	5	100	700
1	6	100	800
1	7	70	870
1	8	70	940
1	9	70	1010
1	10	70	1080
1	11	50	1130
1	12	50	1180
1	13	50	1230
1	14	50	1280
1	15	50	1330
1	16	50	1380
1	17	50	1430
1	18	50	1480
1	19	50	1530
1	20	50	1580

Número Dinámico: 79,0

FORMULA SEGUN UNIVERSIDAD DEL CAUCA

C.B.R. : $111{,}7885*(\text{No. DINÁMICO})^{-0.7708}$

C.B.R. (%): 3,85

PENETROMETRO (kg/cm²):

OBSERVACIONES:

ENSAYO ELABORADO POR: Emily Sanchez

REVISADO POR: Harvey Medina Laguna

LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME CORRESPONDEN UNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS.
EL PRESENTE INFORME NO ES VALIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL.
PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DEL PRESENTE INFORME SIN AUTORIZACION DEL CONSORCIO PAVIM CONC LTDA - ENSAYOS & DISEÑOS INGENIERÍA Y EL CLIENTE.

ANEXO 2

	FORMATO DIGITAL DE AFORO VEHICULAR	
	CÓDIGO: PIV-FM-012	VERSIÓN: 1
	FECHA DE APLICACIÓN: 02 de Abril del 2024	

FECHA DEL AFORO:	TIPO DE AFORO:	Nº BARRIO	NOMBRE BARRIO	TIPO DE INFORMACION			
				DIRECCION			ALEDAÑO
				EJE VIAL	DESDE	HASTA	
2/04/2024	Manual	N/a	Gaitán	Cr. 14	Calle 33	Cr. 19	CDA LA ESTACIÓN

PERIODO		AUTOS	MOTOS	BUSES			CAMIONES			
HORA INICIO	HORA FIN			BUSES	VAN	BUSETAS	C2P	C2G	C3 - C4	C5 - >C5
8:00:00 a. m.	9:00:00 a. m.	257	120	4	2					
6:00:00 p. m.	7:00:00 p. m.	321	145	4	2	2				

OBSERVACIONES:

	FORMATO DIGITAL DE AFORO VEHICULAR	
	CÓDIGO: PIV-FM-012	VERSIÓN: 1
	FECHA DE APLICACIÓN: 03 de Abril del 2024	

FECHA DEL AFORO:	TIPO DE AFORO:	Nº BARRIO	NOMBRE BARRIO	TIPO DE INFORMACION			
				DIRECCION			ALEDAÑO
				EJE VIAL	DESDE	HASTA	
3/04/2024	Manual	N/a	Gaitán	Cr. 14	Calle 33	Cr. 19	CDA LA ESTACIÓN

PERIODO		AUTOS	MOTOS	BUSES			CAMIONES			
HORA INICIO	HORA FIN			BUSES	VAN	BUSETAS	C2P	C2G	C3 - C4	C5 - >C5
8:00:00 a. m.	9:00:00 a. m.	298	134	4	2	1				
6:00:00 p. m.	7:00:00 p. m.	349	149	3	1	3				

OBSERVACIONES:

	FORMATO DIGITAL DE AFORO VEHICULAR	
	CÓDIGO: PIV-FM-012	VERSIÓN: 1
	FECHA DE APLICACIÓN: 04 de Abril del 2024	

FECHA DEL AFORO:	TIPO DE AFORO:	Nº BARRIO	NOMBRE BARRIO	TIPO DE INFORMACION			
				DIRECCION			ALEDAÑO
				EJE VIAL	DESDE	HASTA	
4/04/2024	Manual	N/a	Gaitán	Cr. 14	Calle 33	Cr. 19	CDA LA ESTACIÓN

PERIODO		AUTOS	MOTOS	BUSES			CAMIONES			
HORA INICIO	HORA FIN			BUSES	VAN	BUSETAS	C2P	C2G	C3 - C4	C5 - >C5
8:00:00 a. m.	9:00:00 a. m.	281	126	5	2	2				
6:00:00 p. m.	7:00:00 p. m.	380	145	4	1	3				

OBSERVACIONES:

	FORMATO DIGITAL DE AFORO VEHICULAR	
	CÓDIGO: PIV-FM-012	VERSIÓN: 1
	FECHA DE APLICACIÓN: 05 de Abril del 2024	

FECHA DEL AFORO:	TIPO DE AFORO:	Nº BARRIO	NOMBRE BARRIO	TIPO DE INFORMACION			
				DIRECCION			ALEDAÑO
				EJE VIAL	DESDE	HASTA	
5/04/2024	Manual	N/a	Gaitán	Cr. 14	Calle 33	Cr. 19	CDA LA ESTACIÓN

PERIODO		AUTOS	MOTOS	BUSES			CAMIONES			
HORA INICIO	HORA FIN			BUSES	VAN	BUSETAS	C2P	C2G	C3 - C4	C5 - >C5
8:00:00 a. m.	9:00:00 a. m.	402	189	4	3	2	1			
6:00:00 p. m.	7:00:00 p. m.	456	320	4	3	2				

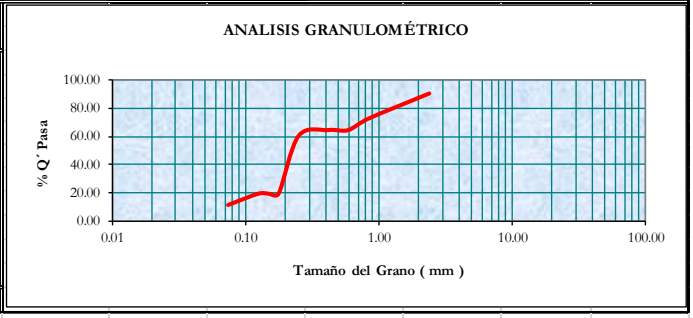
OBSERVACIONES:

ANEXO 3

Observaciones :		sondeo:	1	sondeo:	1	sondeo:	1	sondeo:	1
		muestra:	1	muestra:	2	muestra:	3	muestra:	4
		profundidad	1.5	profundida	2.50	profundida	3.50	profundida	6.00
Tara Número	**Unidades**	**1**		**2**		**3**		**1**	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	296.35		290.25		265.25		321.25	
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	255.30		254.25		235.25		292.25	
Peso de la Tara	Gr	5.00		5.00		5.00		5.00	
Peso de la Muestra Seca	Gr	250.30		249.25		230.25		287.25	
Peso del Agua	Gr	41.05		36.00		30.00		29.00	
Contenido de Humedad	%	16.40		14.44		13.03		10.10	
Observaciones :		sondeo:	2	sondeo:	2	sondeo:	2	sondeo:	2
		muestra:	1	muestra:	2	muestra:	3	muestra:	4
		profundidad	1.5	profundida	2.50	profundida	3.50	profundida	6.00
Tara Número	**Unidades**	**1**		**1**		**2**		**3**	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	362.25		360.25		286.25		299.63	
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	318.52		320.12		257.25		272.25	
Peso de la Tara	Gr	5.00		5.00		5.00		5.00	
Peso de la Muestra Seca	Gr	313.52		315.12		252.25		267.25	
Peso del Agua	Gr	43.73		40.13		29.00		27.38	
Contenido de Humedad	%	13.95		12.73		11.50		10.25	
Observaciones :		sondeo:	3	sondeo:	3	sondeo:	3	sondeo:	3
		muestra:	1	muestra:	2	muestra:	3	muestra:	4
		profundidad	1.5	profundida	2.50	profundida	3.50	profundida	6.00
Tara Número	**Unidades**	**5**		**2**		**1**		**2**	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	341.25		241.25		285.25		202.13	
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	298.52		213.25		254.25		185.25	
Peso de la Tara	Gr	5.00		5.00		5.00		5.00	
Peso de la Muestra Seca	Gr	293.52		208.25		249.25		180.25	
Peso del Agua	Gr	42.73		28.00		31.00		16.88	
Contenido de Humedad	%	14.56		13.45		12.44		9.36	

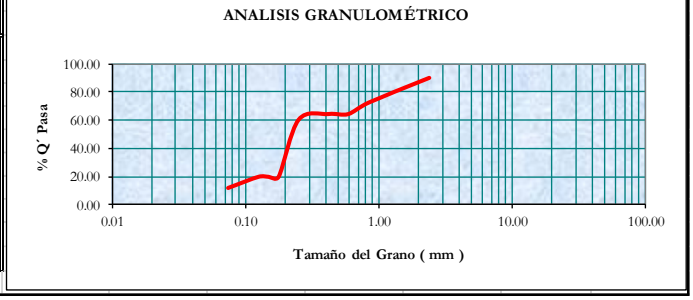
Ensayo :	***ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO***										
Norma :	INV-123-13										
Fecha de Muestreo :		0				SONDEO:	1				
Realizo:	0					MUESTRA:	3				
ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO											
Peso Inicial de la Muestra Seca				122.45	Gr	Ubicación :		D60 =	64.46	Cu =	5.642
Peso de la Muestra Despúes del Lavado				108.46	Gr	Estrato :		D30 =	60.38	Cc =	4.951
Perdida por Lavado				13.99	Gr	Potencia:		D10 =	11.42		
Tolerancia	11.43	%									

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	(%)	% Q' Pasa
8	2.380	11.76	9.60	90.40
20	0.840	21.66	17.69	72.71
30	0.590	10.10	8.25	64.46
40	0.420	0.00	0.00	64.46
60	0.250	4.99	4.08	60.38
80	0.177	50.16	40.96	19.42
100	0.149	0.00	0.00	19.42
120	0.125	0.00	0.00	19.42
200	0.074	9.79	8.00	11.42
Cazoleta		0.00	0.00	
Total Retenido :		108.46	88.58	



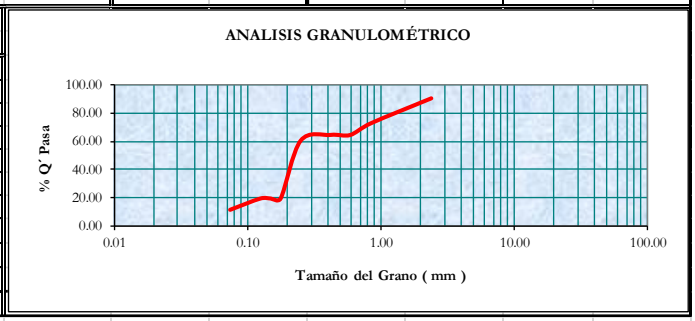
Ensayo :	***ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO***										
Norma :	INV-123-13										
Fecha de Muestreo :		0				SONDEO:	1				
Realizo:	0					MUESTRA:	4				
ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO											
Peso Inicial de la Muestra Seca				161.25	Gr	Ubicación :		D60 =	64.38	Cu =	5.741
Peso de la Muestra Despúes del Lavado				143.17	Gr	Estrato :		D30 =	60.29	Cc =	5.035
Perdida por Lavado				18.08	Gr	Potencia:		D10 =	11.21		
Tolerancia	11.21	%									

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	(%)	% Q' Pasa
8	2.380	15.52	9.63	90.37
20	0.840	28.59	17.73	72.64
30	0.590	13.33	8.27	64.38
40	0.420	0.00	0.00	64.38
60	0.250	6.59	4.09	60.29
80	0.177	66.21	41.06	19.23
100	0.149	0.00	0.00	19.23
120	0.125	0.00	0.00	19.23
200	0.074	12.93	8.02	11.21
Cazoleta		0.00	0.00	
Total Retenido :		143.17	88.79	



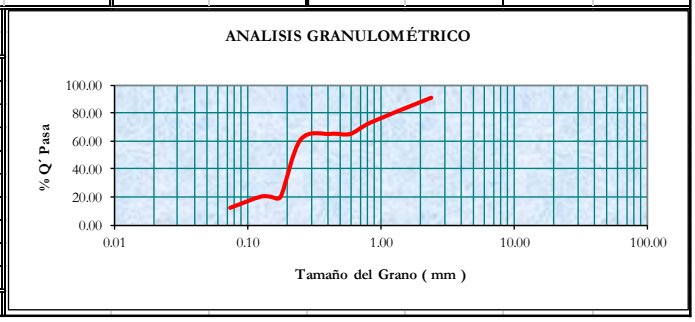
Ensayo :	***ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO***									
Norma :	INV-123-13									
Fecha de Muestreo :		0				SONDEO:	2			
Realizo:	0					MUESTRA:	1			
ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO										
Peso Inicial de la Muestra Seca				272.25	Gr	Ubicación :		D60 =	64.55	Cu = 5.539
Peso de la Muestra Despúes del Lavado				240.52	Gr	Estrato :		D30 =	60.49	Cc = 4.863
Perdida por Lavado				31.73	Gr	Potencia:		D10 =	11.65	
Tolerancia	11.65	%								

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	(%)	% Q' Pasa
8	2.380	26.08	9.58	90.42
20	0.840	48.03	17.64	72.78
30	0.590	22.40	8.23	64.55
40	0.420	0.00	0.00	64.55
60	0.250	11.07	4.07	60.49
80	0.177	111.23	40.86	19.63
100	0.149	0.00	0.00	19.63
120	0.125	0.00	0.00	19.63
200	0.074	21.71	7.98	11.65
Cazoleta		0.00	0.00	
Total Retenido :		240.52	88.35	



Ensayo :	***ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO***									
Norma :	INV-123-13									
Fecha de Muestreo :		0				SONDEO:	2			
Realizo:	0					MUESTRA:	2			
ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO										
Peso Inicial de la Muestra Seca				234.25	Gr	Ubicación :		D60 =	64.57	Cu = 5.520
Peso de la Muestra Despúes del Lavado				206.85	Gr	Estrato :		D30 =	60.51	Cc = 4.847
Perdida por Lavado				27.40	Gr	Potencia:		D10 =	11.70	
Tolerancia	11.70	%								

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	(%)	% Q' Pasa
8	2.380	22.43	9.57	90.43
20	0.840	41.30	17.63	72.79
30	0.590	19.26	8.22	64.57
40	0.420	0.00	0.00	64.57
60	0.250	9.52	4.06	60.51
80	0.177	95.66	40.84	19.67
100	0.149	0.00	0.00	19.67
120	0.125	0.00	0.00	19.67
200	0.074	18.67	7.97	11.70
Cazoleta		0.00	0.00	
Total Retenido :		206.85	88.30	

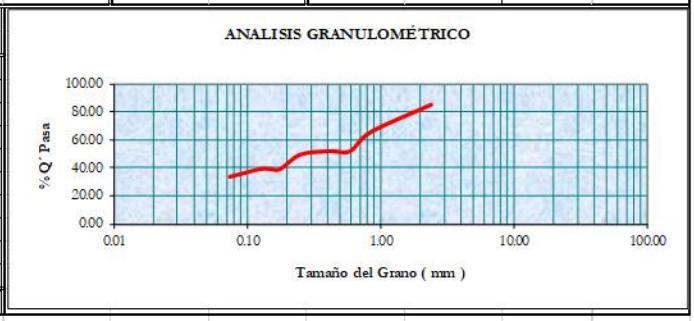


Ensayo :	*ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO*									
Norma :	INV-123-13									
Fecha de Muestreo :						SONDEO:	1			
Realizo:						MUESTRA:	1			

ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO

Peso Inicial de la Muestra Seca	186.25	Gr	Ubicación :	D60 =	51.63	Cu =	1.548
Peso de la Muestra Despúes del LaVado	124.12	Gr	Estrato :	D30 =	49.20	Cc =	1.405
Perdida por Lavado	62.13	Gr	Potencia:	D10 =	33.36		
Tolerancia 33.36 %							

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	(%)	% Q' Pasa
8	2.380	28.56	15.33	84.67
20	0.840	36.25	19.46	65.20
30	0.590	25.28	13.57	51.63
40	0.420	0.00	0.00	51.63
60	0.250	4.53	2.43	49.20
80	0.177	19.25	10.34	38.86
100	0.149	0.00	0.00	38.86
120	0.125	0.00	0.00	38.86
200	0.074	10.25	5.50	33.36
Cazoleta		0.00	0.00	
Total Retenido :		124.12	66.64	

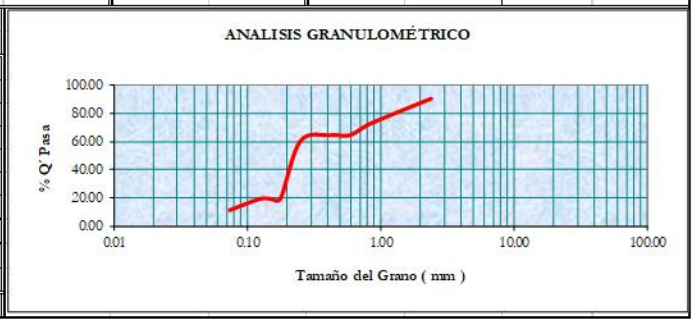


Ensayo :	*ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO*									
Norma :	INV-123-13									
Fecha de Muestreo :		0				SONDEO:	1			
Realizo:	0					MUESTRA:	2			

ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO

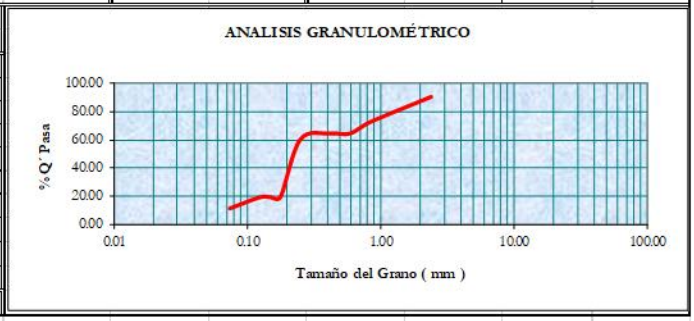
Peso Inicial de la Muestra Seca	127.25	Gr	Ubicación :	D60 =	64.38	Cu =	5.741
Peso de la Muestra Despúes del LaVado	112.98	Gr	Estrato :	D30 =	60.29	Cc =	5.035
Perdida por Lavado	14.27	Gr	Potencia:	D10 =	11.21		
Tolerancia 11.21 %							

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	(%)	% Q' Pasa
8	2.380	12.25	9.63	90.37
20	0.840	22.56	17.73	72.64
30	0.590	10.52	8.27	64.38
40	0.420	0.00	0.00	64.38
60	0.250	5.20	4.09	60.29
80	0.177	52.25	41.06	19.23
100	0.149	0.00	0.00	19.23
120	0.125	0.00	0.00	19.23
200	0.074	10.20	8.02	11.21
Cazoleta		0.00	0.00	
Total Retenido :		112.98	88.79	



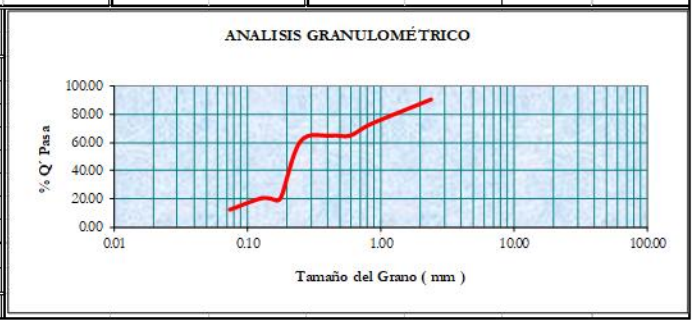
Ensayo :	***ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO***									
Norma :	INV-123-13									
Fecha de Muestreo :		0				SONDEO:	2			
Realizo:	0					MUESTRA:	3			
ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO										
Peso Inicial de la Muestra Seca				202.25	Gr	Ubicación :		D60 =	64.30	Cu =	5.834
Peso de la Muestra Despúes del Lavado				179.96	Gr	Estrato :		D30 =	60.20	Cc =	5.115
Perdida por Lavado				22.29	Gr	Potencia:		D10 =	11.02		
Tolerancia	11.02	%									

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	(%)	% Q' Pasa
8	2.380	19.51	9.65	90.35
20	0.840	35.93	17.77	72.59
30	0.590	16.76	8.29	64.30
40	0.420	0.00	0.00	64.30
60	0.250	8.28	4.10	60.20
80	0.177	83.23	41.15	19.05
100	0.149	0.00	0.00	19.05
120	0.125	0.00	0.00	19.05
200	0.074	16.25	8.03	11.02
Cazoleta		0.00	0.00	
Total Retenido :		179.96	88.98	



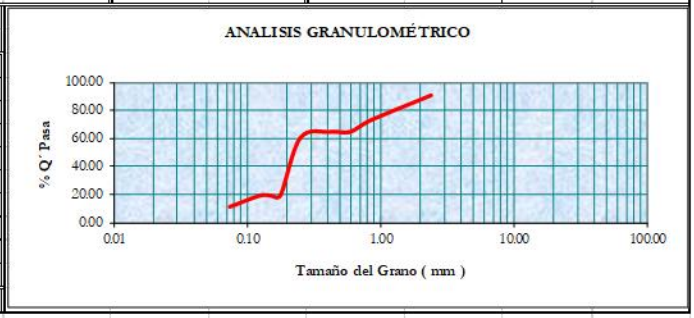
Ensayo :	***ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO***									
Norma :	INV-123-13									
Fecha de Muestreo :		0				SONDEO:	2			
Realizo:	0					MUESTRA:	4			
ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO										
Peso Inicial de la Muestra Seca				196.25	Gr	Ubicación :		D60 =	64.68	Cu =	5.404
Peso de la Muestra Despúes del Lavado				172.76	Gr	Estrato :		D30 =	60.63	Cc =	4.748
Perdida por Lavado				23.49	Gr	Potencia:		D10 =	11.97		
Tolerancia	11.97	%									

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	(%)	% Q' Pasa
8	2.380	18.73	9.54	90.46
20	0.840	34.50	17.58	72.88
30	0.590	16.09	8.20	64.68
40	0.420	0.00	0.00	64.68
60	0.250	7.95	4.05	60.63
80	0.177	79.90	40.71	19.92
100	0.149	0.00	0.00	19.92
120	0.125	0.00	0.00	19.92
200	0.074	15.60	7.95	11.97
Cazoleta		0.00	0.00	
Total Retenido :		172.76	88.03	



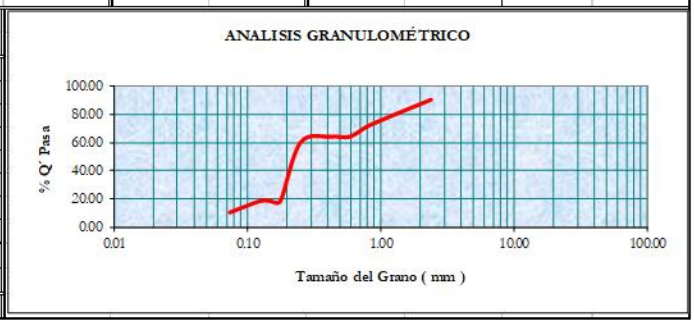
Ensayo :	*ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO*								
Norma :	INV-123-13								
Fecha de Muestreo :		0			SONDEO:	3			
Realizo:	0				MUESTRA:	1			
ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO									
Peso Inicial de la Muestra Seca			170.25	Gr	Ubicación :		D60 =	64.58	Cu = 5.512
Peso de la Muestra Despúes del Lavado			150.30	Gr	Estrato :		D30 =	60.52	Cc = 4.840
Perdida por Lavado			19.95	Gr	Potencia:		D10 =	11.72	
Tolerancia	11.72	%							

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	(%)	% Q' Pasa
8	2.380	16.30	9.57	90.43
20	0.840	30.01	17.63	72.80
30	0.590	14.00	8.22	64.58
40	0.420	0.00	0.00	64.58
60	0.250	6.92	4.06	60.52
80	0.177	69.51	40.83	19.69
100	0.149	0.00	0.00	19.69
120	0.125	0.00	0.00	19.69
200	0.074	13.57	7.97	11.72
Cazoleta		0.00	0.00	
Total Retenido :		150.30	88.28	



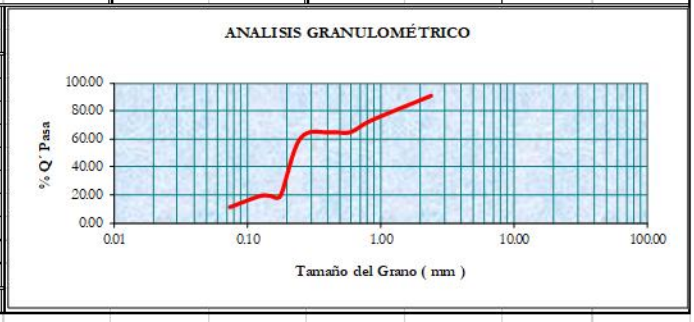
Ensayo :	*ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO*								
Norma :	INV-123-13								
Fecha de Muestreo :		0			SONDEO:	3			
Realizo:	0				MUESTRA:	2			
ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO									
Peso Inicial de la Muestra Seca			150.24	Gr	Ubicación :		D60 =	64.28	Cu = 5.863
Peso de la Muestra Despúes del Lavado			133.77	Gr	Estrato :		D30 =	60.18	Cc = 5.139
Perdida por Lavado			16.47	Gr	Potencia:		D10 =	10.96	
Tolerancia	10.96	%							

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	(%)	% Q' Pasa
8	2.380	14.50	9.65	90.35
20	0.840	26.71	17.78	72.57
30	0.590	12.46	8.29	64.28
40	0.420	0.00	0.00	64.28
60	0.250	6.16	4.10	60.18
80	0.177	61.86	41.18	19.00
100	0.149	0.00	0.00	19.00
120	0.125	0.00	0.00	19.00
200	0.074	12.08	8.04	10.96
Cazoleta		0.00	0.00	
Total Retenido :		133.77	89.04	



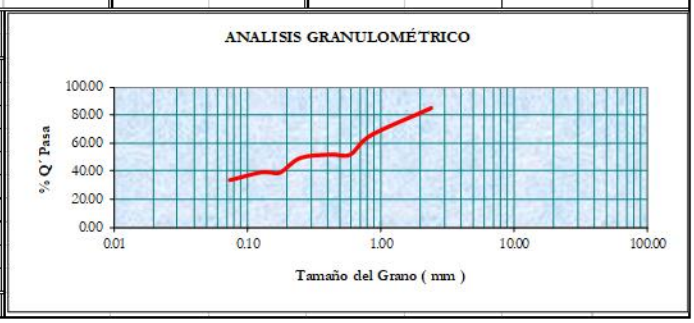
Ensayo :	*ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO*									
Norma :	INV-123-13									
Fecha de Muestreo :		0				SONDEO:	3			
Realizo:	0					MUESTRA:	3			
ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO										
Peso Inicial de la Muestra Seca				208.90	Gr	Ubicación :		D60 =	64.49	Cu = 5.607
Peso de la Muestra Despúes del Lavado				184.87	Gr	Estrato :		D30 =	60.42	Cc = 4.921
Perdida por Lavado				24.03	Gr	Potencia:		D10 =	11.50	
Tolerancia	11.50	%								

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	(%)	% Q' Pasa
8	2.380	20.04	9.60	90.40
20	0.840	36.92	17.67	72.73
30	0.590	17.21	8.24	64.49
40	0.420	0.00	0.00	64.49
60	0.250	8.51	4.07	60.42
80	0.177	85.50	40.93	19.49
100	0.149	0.00	0.00	19.49
120	0.125	0.00	0.00	19.49
200	0.074	16.69	7.99	11.50
Cazoleta		0.00	0.00	
Total Retenido :		184.87	88.50	



Ensayo :	*ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO*									
Norma :	INV-123-13									
Fecha de Muestreo :		0				SONDEO:	3			
Realizo:	0					MUESTRA:	4			
ANÁLISI GRANULOMÉTRICO POR LAVADO										
Peso Inicial de la Muestra Seca				100.25	Gr	Ubicación :		D60 =	64.51	Cu = 5.589
Peso de la Muestra Despúes del Lavado				88.68	Gr	Estrato :		D30 =	60.44	Cc = 4.905
Perdida por Lavado				11.57	Gr	Potencia:		D10 =	11.54	
Tolerancia	11.54	%								

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	(%)	% Q' Pasa
8	2.380	9.62	9.59	90.41
20	0.840	17.71	17.66	72.75
30	0.590	8.26	8.24	64.51
40	0.420	0.00	0.00	64.51
60	0.250	4.08	4.07	60.44
80	0.177	41.01	40.91	19.53
100	0.149	0.00	0.00	19.53
120	0.125	0.00	0.00	19.53
200	0.074	8.01	7.99	11.54
Cazoleta		0.00	0.00	
Total Retenido :		88.68	88.46	

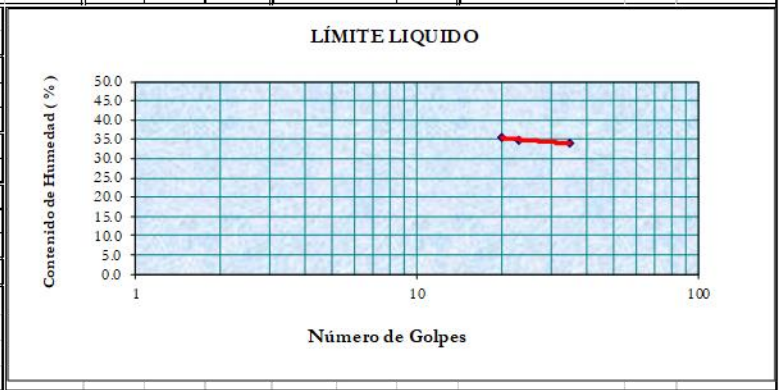


Ensayo :	**LIMITES DE CONSISTENCIA**	
LÍMITE LÍQUIDO	**Norma :**	**INV E-126-13**
LÍMITE PLÁSTICO	**Norma :**	**INV E-125-13**
Fecha de Muestreo :	0	
PROYECTO:		

LIMITES DE CONSISTENCIA	**SONDEO:**	**1**		PROFUNDIDAD: 1.00-1.50 MTS
	MUESTRA:	**1**		

		LÍMITE LÍQUIDO			**LÍMITE PLÁSTICO**			**Limites de Consistencia**		
Tara Número	**Unidades**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**				
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	22.80	23.38	22.11	10.66	8.69		Límite Líquido:	LL =	34.75%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	20.68	21.32	20.20	10.12	8.08		Límite Plástico:	LP =	20.20%
Peso de la Tara	Gr	14.70	15.40	14.57	7.50	5.00		Indice de Plasticidad :	IP =	14.55%
Peso de la Muestra Seca	Gr	5.98	5.92	5.63	2.62	3.08		Contenido de Humedad	Wn =	
Peso del Agua	Gr	2.12	2.06	1.91	0.54	0.61		Grado de Consistencia :	Kw =	2.39
Contenido de Humedad	%	35.45	34.80	33.93	20.61	19.81		Grado de Consistencia :	Media Dura , Sólida	
Número de Golpes		20	23	35	Promedio :		20.2			

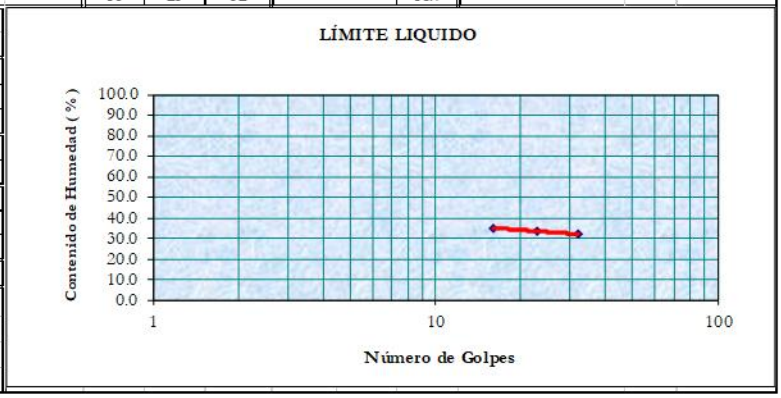
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
20	35.45
23	34.80
35	33.93
25	34.750



LIMITES DE CONSISTENCIA	**SONDEO:**	**1**		PROFUNDIDAD: 2.50-3.00 MTSS
	MUESTRA:	**2**		

		LÍMITE LÍQUIDO			**LÍMITE PLÁSTICO**			**Limites de Consistencia**		
Tara Número	**Unidades**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**				
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	24.10	22.65	28.20	10.78	10.87		Límite Líquido:	LL =	33.10%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	21.62	20.83	25.08	10.08	10.12		Límite Plástico:	LP =	18.90%
Peso de la Tara	Gr	14.55	15.37	15.36	6.50	6.00		Indice de Plasticidad :	IP =	14.20%
Peso de la Muestra Seca	Gr	7.07	5.46	9.72	3.58	4.12		Contenido de Humedad	Wn =	
Peso del Agua	Gr	2.48	1.82	3.12	0.70	0.75		Grado de Consistencia :	Kw =	2.33
Contenido de Humedad	%	35.08	33.33	32.10	19.55	18.20		Grado de Consistencia :	Media Dura , Sólida	
Número de Golpes		16	23	32	Promedio :		18.9			

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
16	35.08
23	33.33
32	32.10
25	33.097



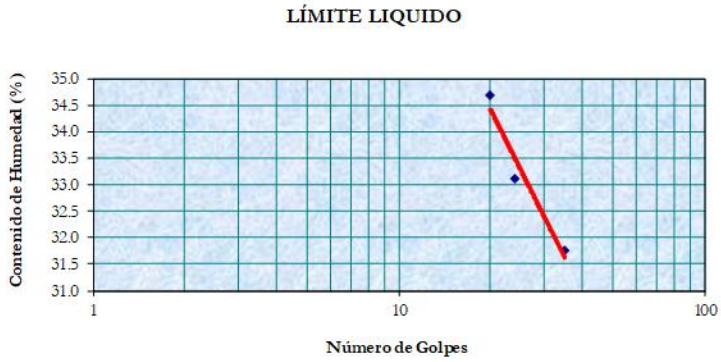
Ensayo :	**LIMITES DE CONSISTENCIA**	
LÍMITE LÍQUIDO	**Norma :**	**INV E-126-13**
LÍMITE PLÁSTICO	**Norma :**	**INV E-125-13**
Fecha de Muestreo :	0	
PROYECTO:		

LIMITES DE CONSISTENCIA	**SONDEO:**	**1**	PROFUNDIDAD: 4.00-4.50 MTS
	MUESTRA:	**3**	

		LÍMITE LÍQUIDO			**LÍMITE PLÁSTICO**		
Tara Número	**Unidades**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	25.95	23.48	22.81	10.23	9.34	
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	23.13	20.55	20.80	9.53	8.89	
Peso de la Tara	Gr	15.00	11.70	14.47	6.00	6.50	
Peso de la Muestra Seca	Gr	8.13	8.85	6.33	3.53	2.39	
Peso del Agua	Gr	2.82	2.93	2.01	0.70	0.45	
Contenido de Humedad	%	34.69	33.11	31.75	19.83	18.83	
Número de Golpes		20	24	35	Promedio :		19.3

Limites de Consistencia		
Límite Líquido:	LL =	33.30%
Límite Plástico:	LP =	19.30%
Indice de Plasticidad :	IP =	14.00%
Contenido de Humedad	Wn =	
Grado de Consistencia :	Kw =	2.38
Grado de Consistencia :	Media Dura , Sólida	

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
20	34.69
24	33.11
35	31.75
25	33.303

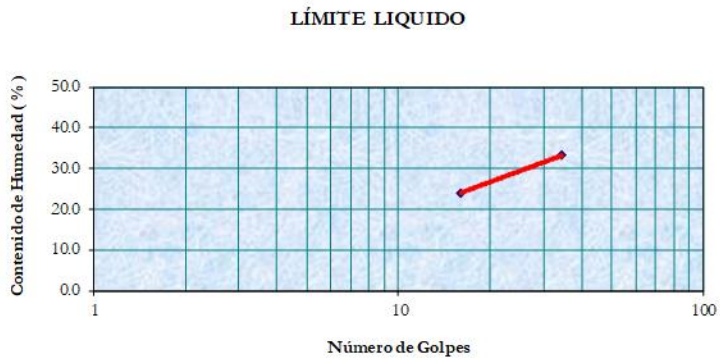


LIMITES DE CONSISTENCIA	**SONDEO:**	**1**	PROFUNDIDAD: 5.50-6.00 MTS
	MUESTRA:	**4**	

		LÍMITE LÍQUIDO			**LÍMITE PLÁSTICO**		
Tara Número	**Unidades**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	26.42	26.20	32.03	10.00	11.50	
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	23.44	23.51	27.83	9.40	10.78	
Peso de la Tara	Gr	14.78	15.40	14.51	6.20	7.00	
Peso de la Muestra Seca	Gr	8.66	8.11	13.32	3.20	3.78	
Peso del Agua	Gr	2.98	2.69	4.20	0.60	0.72	
Contenido de Humedad	%	34.41	33.17	31.53	18.75	19.05	
Número de Golpes		16	24	33	Promedio :		18.9

Limites de Consistencia		
Límite Líquido:	LL =	32.76%
Límite Plástico:	LP =	18.90%
Indice de Plasticidad :	IP =	13.86%
Contenido de Humedad	Wn =	
Grado de Consistencia :	Kw =	2.36
Grado de Consistencia :	Media Dura , Sólida	

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
16	34.41
24	33.17
33	31.53
25	32.762

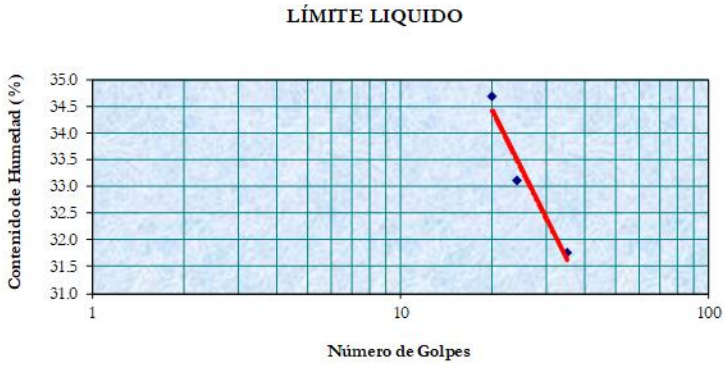


Ensayo :	**LIMITES DE CONSISTENCIA**	
LÍMITE LÍQUIDO	**Norma :**	**INV E-126-13**
LÍMITE PLÁSTICO	**Norma :**	**INV E-125-13**
Fecha de Muestreo :	0	
PROYECTO:		

LIMITES DE CONSISTENCIA		**SONDEO:**	2		PROFUNDIDAD: 1.00-1.50 MTS		
		MUESTRA:	1				
		LÍMITE LÍQUIDO			**LÍMITE PLÁSTICO**		
Tara Número	**Unidades**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	27.91	25.92	30.33	8.54	12.18	
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	23.80	22.36	26.00	8.03	11.45	
Peso de la Tara	Gr	12.00	12.00	12.00	5.40	7.20	
Peso de la Muestra Seca	Gr	11.80	10.36	14.00	2.63	4.25	
Peso del Agua	Gr	4.11	3.56	4.33	0.51	0.73	
Contenido de Humedad	%	34.83	34.36	30.93	19.39	17.18	
Número de Golpes		15	21	30	Promedio :		18.28

Limites de Consistencia		
Límite Líquido:	LL =	32.42%
Límite Plástico:	LP =	18.28%
Indice de Plasticidad :	IP =	14.14%
Contenido de Humedad	Wn =	
Grado de Consistencia :	Kw =	2.29
Grado de Consistencia :	Media Dura , Sólida	

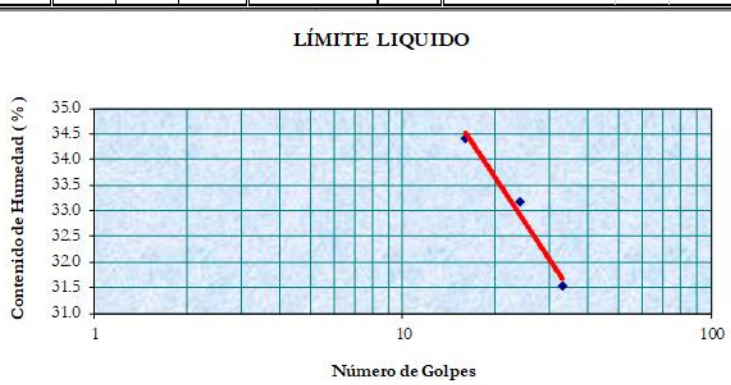
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
15	34.83
21	34.36
30	30.93
25	32.424



LIMITES DE CONSISTENCIA		**SONDEO:**	2		PROFUNDIDAD: 2.50-3.00 mts		
		MUESTRA:	2				
		LÍMITE LÍQUIDO			**LÍMITE PLÁSTICO**		
Tara Número	**Unidades**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**0**
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	30.23	27.40	27.30	9.92	9.05	
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	26.46	24.11	24.48	9.34	8.42	
Peso de la Tara	Gr	15.48	14.38	15.44	6.30	5.00	
Peso de la Muestra Seca	Gr	10.98	9.73	9.04	3.04	3.42	
Peso del Agua	Gr	3.77	3.29	2.82	0.58	0.63	
Contenido de Humedad	%	34.34	33.81	31.19	19.08	18.42	
Número de Golpes		18	25	33	Promedio :		18.8

Limites de Consistencia		
Límite Líquido:	LL =	33.03%
Límite Plástico:	LP =	18.75%
Indice de Plasticidad :	IP =	14.28%
Contenido de Humedad	Wn =	
Grado de Consistencia :	Kw =	2.31
Grado de Consistencia :	Media Dura , Sólida	

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
18	34.34
25	33.81
33	31.19
25	33.028



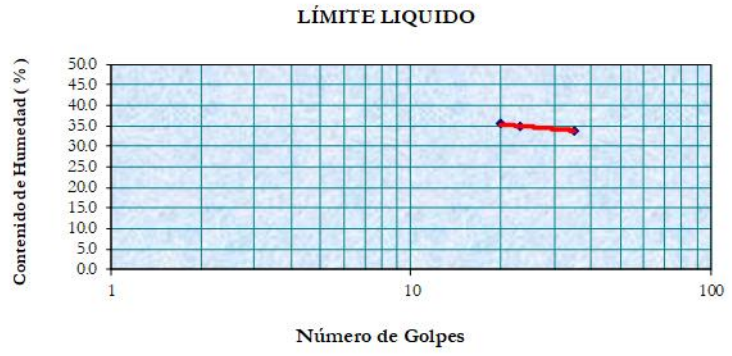
Ensayo :	**LIMITES DE CONSISTENCIA**	
LÍMITE LÍQUIDO	**Norma :**	**INV E-126-13**
LÍMITE PLÁSTICO	**Norma :**	**INV E-125-13**
Fecha de Muestreo :	0	
PROYECTO:		

LIMITES DE CONSISTENCIA	**SONDEO:** 2	PROFUNDIDAD: 4.00-4.50 MTS
	MUESTRA: 3	

		LÍMITE LÍQUIDO			**LÍMITE PLÁSTICO**		
Tara Número	**Unidades**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	23.90	23.32	19.30	10.09	10.48	
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	20.98	20.65	18.12	9.44	9.93	
Peso de la Tara	Gr	12.60	12.60	14.50	6.00	7.00	
Peso de la Muestra Seca	Gr	8.38	8.05	3.62	3.44	2.93	
Peso del Agua	Gr	2.92	2.67	1.18	0.65	0.55	
Contenido de Humedad	%	34.84	33.17	32.60	18.90	18.77	
Número de Golpes		17	21	30	Promedio :		18.8

Limites de Consistencia		
Límite Líquido:	LL =	33.07%
Límite Plástico:	LP =	18.83%
Indice de Plasticidad :	IP =	14.24%
Contenido de Humedad	Wn =	
Grado de Consistencia :	Kw =	2.32
Grado de Consistencia :	Media Dura , Sólida	

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
17	34.84
21	33.17
30	32.60
25	33.069

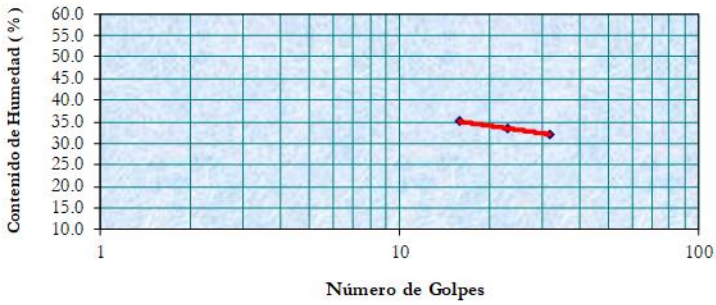


LIMITES DE CONSISTENCIA	**SONDEO:** 2	PROFUNDIDAD: 5.50-6.00 MTS
	MUESTRA: 4	

		LÍMITE LÍQUIDO			**LÍMITE PLÁSTICO**		
Tara Número	**Unidades**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	23.10	24.42	21.87	10.65	13.45	
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	20.43	22.05	20.00	10.24	12.78	
Peso de la Tara	Gr	12.60	15.00	14.00	8.00	9.00	
Peso de la Muestra Seca	Gr	7.83	7.05	6.00	2.24	3.78	
Peso del Agua	Gr	2.67	2.37	1.87	0.41	0.67	
Contenido de Humedad	%	34.10	33.62	31.17	18.30	17.72	
Número de Golpes		17	24	32	Promedio :		18.0

Limites de Consistencia		
Límite Líquido:	LL =	32.69%
Límite Plástico:	LP =	18.01%
Indice de Plasticidad :	IP =	14.68%
Contenido de Humedad	Wn =	
Grado de Consistencia :	Kw =	2.23
Grado de Consistencia :	Media Dura , Sólida	

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
17	34.10
24	33.62
32	31.17
25	32.690



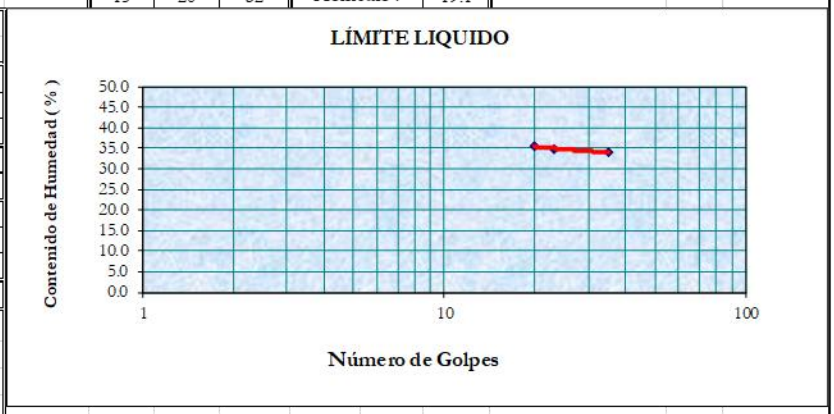
Ensayo :	**LIMITES DE CONSISTENCIA**	
LÍMITE LÍQUIDO	**Norma :**	**INV E-126-13**
LÍMITE PLÁSTICO	**Norma :**	**INV E-125-13**
Fecha de Muestreo :	0	
PROYECTO:		

LIMITES DE CONSISTENCIA	**SONDEO:**	**3**	PROFUNDIDAD: 1.00-1.50 MTS
	MUESTRA:	**1**	

		LÍMITE LÍQUIDO			**LÍMITE PLÁSTICO**		
Tara Número	**Unidades**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	22.54	29.69	25.43	9.92	11.76	
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	20.44	25.85	22.16	9.46	11.23	
Peso de la Tara	Gr	14.31	14.31	12.21	7.00	8.50	
Peso de la Muestra Seca	Gr	6.13	11.54	9.95	2.46	2.73	
Peso del Agua	Gr	2.10	3.84	3.27	0.46	0.53	
Contenido de Humedad	%	34.26	33.28	32.86	18.70	19.41	
Número de Golpes		15	20	32	Promedio :		19.1

Limites de Consistencia		
Límite Líquido:	LL =	33.18%
Límite Plástico:	LP =	19.06%
Indice de Plasticidad :	IP =	14.13%
Contenido de Humedad	Wn =	
Grado de Consistencia :	Kw =	2.35
Grado de Consistencia :	Media Dura , Sólida	

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
15	34.26
20	33.28
32	32.86
25	33.183

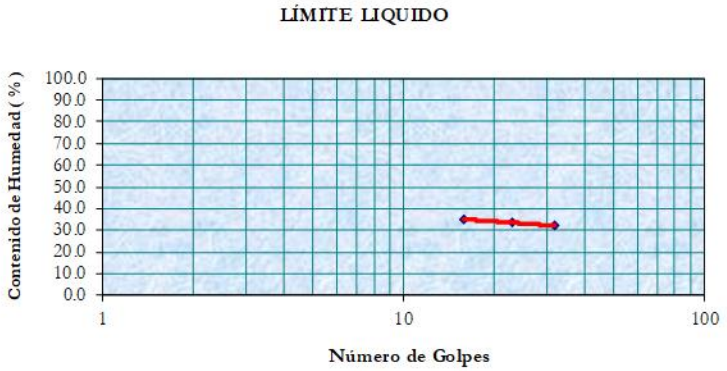


LIMITES DE CONSISTENCIA	**SONDEO:**	**3**	PROFUNDIDAD: 2.50-3.00 mts
	MUESTRA:	**2**	

		LÍMITE LÍQUIDO			**LÍMITE PLÁSTICO**		
Tara Número	**Unidades**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	28.00	25.76	20.56	7.20	10.30	
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	24.00	22.40	18.50	6.92	9.73	
Peso de la Tara	Gr	12.00	12.00	12.00	5.50	6.50	
Peso de la Muestra Seca	Gr	12.00	10.40	6.50	1.42	3.23	
Peso del Agua	Gr	4.00	3.36	2.06	0.28	0.57	
Contenido de Humedad	%	33.33	32.31	31.69	19.72	17.65	
Número de Golpes		18	21	32	Promedio :		18.7

Limites de Consistencia		
Límite Líquido:	LL =	32.23%
Límite Plástico:	LP =	18.68%
Indice de Plasticidad :	IP =	13.54%
Contenido de Humedad	Wn =	
Grado de Consistencia :	Kw =	2.38
Grado de Consistencia :	Media Dura , Sólida	

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
18	33.33
21	32.31
32	31.69
25	32.226

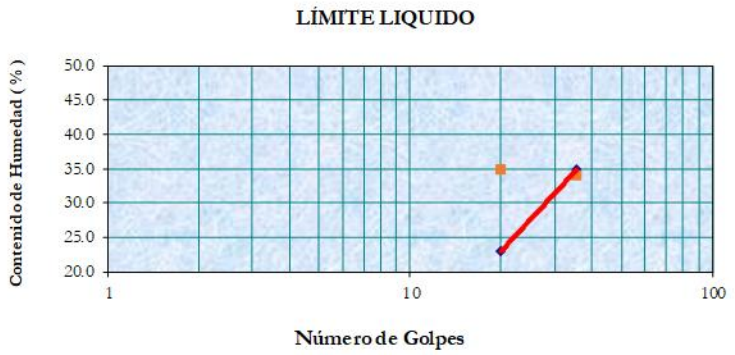


Ensayo :	**LIMITES DE CONSISTENCIA**	
LÍMITE LÍQUIDO	**Norma :**	**INV E-126-13**
LÍMITE PLÁSTICO	**Norma :**	**INV E-125-13**
Fecha de Muestreo :	0	
PROYECTO:		

LIMITES DE CONSISTENCIA	**SONDEO:**	**3**	PROFUNDIDAD: 4.00-4.50 MTS
	MUESTRA:	**3**	

		LÍMITE LÍQUIDO			**LÍMITE PLÁSTICO**			**Limites de Consistencia**		
Tara Número	**Unidades**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**				
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	25.40	20.54	24.61	8.79	12.56		Límite Líquido:	LL =	31.89%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	23.00	19.20	21.70	8.21	11.98		Límite Plástico:	LP =	18.77%
Peso de la Tara	Gr	15.60	15.00	12.50	5.00	9.00		Indice de Plasticidad :	IP =	13.13%
Peso de la Muestra Seca	Gr	7.40	4.20	9.20	3.21	2.98		Contenido de Humedad	Wn =	
Peso del Agua	Gr	2.40	1.34	2.91	0.58	0.58		Grado de Consistencia :	Kw =	2.43
Contenido de Humedad	%	32.43	31.90	31.63	18.07	19.46		Grado de Consistencia :	Media Dura , Sólida	
Número de Golpes		17	25	30	Promedio :		18.8			

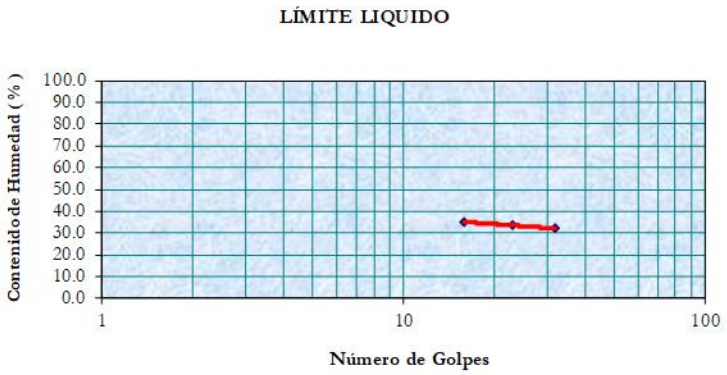
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
17	32.43
25	31.90
30	31.63
25	31.894



LIMITES DE CONSISTENCIA	**SONDEO:**	**3**	PROFUNDIDAD :5.50-6.00 mts
	MUESTRA:	**4**	

		LÍMITE LÍQUIDO			**LÍMITE PLÁSTICO**			**Limites de Consistencia**		
Tara Número	**Unidades**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**				
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	28.00	25.40	21.67	9.76	10.16		Límite Líquido:	LL =	31.17%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	24.04	22.14	19.40	9.18	9.82		Límite Plástico:	LP =	18.46%
Peso de la Tara	Gr	12.00	12.00	12.00	6.00	8.00		Indice de Plasticidad :	IP =	12.71%
Peso de la Muestra Seca	Gr	12.04	10.14	7.40	3.18	1.82		Contenido de Humedad	Wn =	
Peso del Agua	Gr	3.96	3.26	2.27	0.58	0.34		Grado de Consistencia :	Kw =	2.45
Contenido de Humedad	%	32.89	32.15	30.68	18.24	18.68		Grado de Consistencia :	Media Dura , Sólida	
Número de Golpes		15	22	26	Promedio :		18.46			

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
15	32.89
22	32.15
26	30.68
25	31.173



REALIZADO:		0				
CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S						
SONDEO:	**1**	PROFUNDIDAD:	1.00-1.50 mts			
MUESTRA:	**1**					
% Que Pasa la Malla N° 200		33.36				
% Que Pasa la Malla N° 4		84.67				
Límite Líquido	LL =	0 %	D60 =	51.63	Cu =	1.548
Límite Plástico	LP =	0 %	D30 =	49.20	Cc =	1.405
Indice de Plasticidad	IP =	0.00 %	D10 =	33.36	Suelo Bien Graduado	
Tipo de Suelo Según su Granulometría :		Suelo Grueso				
		Arena				
Tipo de Simbología :		Simbología Normal				
Tipo de Suelo :		SM , SC				
Suelo :		**SM**				
Caractrísticas del Suelo :		**SM**				
CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S						
SONDEO:	**1**	PROFUNDIDAD:	2.50-3.00 mts			
MUESTRA:	**2**					
% Que Pasa la Malla N° 200		11.21				
% Que Pasa la Malla N° 4		90.37				
Límite Líquido	LL =	0 %	D60 =	64.38	Cu =	5.741
Límite Plástico	LP =	0 %	D30 =	60.29	Cc =	5.035
Indice de Plasticidad	IP =	0.00 %	D10 =	11.21	Suelo Mal Graduado	
Tipo de Suelo Según su Granulometría :		Suelo Grueso				
		Arena				
Tipo de Simbología :		Simbología Doble				
Tipo de Suelo :		SP - SC o SP - SM				
Suelo :		**SP - SC**				
Caractrísticas del Suelo :		**SP - SC**				
CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S						
SONDEO:	**1**	PROFUNDIDAD:	4.00-4.50 mts			
MUESTRA:	**3**					
% Que Pasa la Malla N° 200		11.42				
% Que Pasa la Malla N° 4		90.40				
Límite Líquido	LL =	0.00 %	D60 =	64.46	Cu =	5.642
Límite Plástico	LP =	0 %	D30 =	60.38	Cc =	4.951
Indice de Plasticidad	IP =	0.00 %	D10 =	11.42	Suelo Mal Graduado	
Tipo de Suelo Según su Granulometría :		Suelo Grueso				
		Arena				
Tipo de Simbología :		Simbología Doble				
Tipo de Suelo :		SP - SC o SP - SM				
Suelo :		**SP - SC**				
Caractrísticas del Suelo :		**SP - SC**				

REALIZADO:		0				
CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S						
SONDEO:	**1**	PROFUNDIDAD:	5.50-6.00 mts			
MUESTRA:	**4**					
% Que Pasa la Malla N° 200		11.21				
% Que Pasa la Malla N° 4		90.37				
Límite Líquido	LL =	0 %	D60 =	64.38	Cu =	5.741
Límite Plástico	LP =	0 %	D30 =	60.29	Cc =	5.035
Indice de Plasticidad	IP =	0.00 %	D10 =	11.21	Suelo Mal Graduado	
Tipo de Suelo Según su Granulometría		Suelo Grueso				
		Arena				
Tipo de Simbología :		Simbología Doble				
Tipo de Suelo :		SP - SC o SP - SM				
Suelo :		**SP - SC**				
Caractrísticas del Suelo :		**SP - SC**				
CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S						
SONDEO:	2	PROFUNDIDAD:	1.00-1.50 mts			
MUESTRA:	**1**					
% Que Pasa la Malla N° 200		11.65				
% Que Pasa la Malla N° 4		90.42				
Límite Líquido	LL =	0 %	D60 =	64.55	Cu =	5.539
Límite Plástico	LP =	0 %	D30 =	60.49	Cc =	4.863
Indice de Plasticidad	IP =	0.00 %	D10 =	11.65	Suelo Mal Graduado	
Tipo de Suelo Según su Granulometría		Suelo Grueso				
		Arena				
Tipo de Simbología :		Simbología Doble				
Tipo de Suelo :		SP - SC o SP - SM				
Suelo :		**SP - SC**				
Caractrísticas del Suelo :		**SP - SC**				
CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S						
SONDEO:	2	PROFUNDIDAD:	2.50-3.00 mts			
MUESTRA:	2					
% Que Pasa la Malla N° 200		11.70				
% Que Pasa la Malla N° 4		90.43				
Límite Líquido	LL =	0.00 %	D60 =	64.57	Cu =	5.520
Límite Plástico	LP =	0 %	D30 =	60.51	Cc =	4.847
Indice de Plasticidad	IP =	0.00 %	D10 =	11.70	Suelo Mal Graduado	
Tipo de Suelo Según su Granulometría		Suelo Grueso				
		Arena				
Tipo de Simbología :		Simbología Doble				
Tipo de Suelo :		SP - SC o SP - SM				
Suelo :		**SP - SC**				
Caractrísticas del Suelo :		**SP - SC**				

REALIZADO:		0				
CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S						
SONDEO:	2	PROFUNDID	4.00-4.50 mts			
MUESTRA:	3					
% Que Pasa la Malla N° 200		11.02				
% Que Pasa la Malla N° 4		90.35				
Límite Líquido	LL =	0 %	D60 =	64.30	Cu =	5.834
Límite Plástico	LP =	0 %	D30 =	60.20	Cc =	5.115
Indice de Plasticidad	IP =	0.00 %	D10 =	11.02	Suelo Mal Graduado	
Tipo de Suelo Según su Granulometría :		Suelo Grueso				
		Arena				
Tipo de Simbología :		Simbología Doble				
Tipo de Suelo :		SP - SC o SP - SM				
Suelo :		**SP - SC**				
Caractrísticas del Suelo :		**SP - SC**				
CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S						
SONDEO:	2	PROFUNDID	5.50-6.00 mts			
MUESTRA:	4					
% Que Pasa la Malla N° 200		11.97				
% Que Pasa la Malla N° 4		90.46				
Límite Líquido	LL =	0 %	D60 =	64.6801	Cu =	5.404
Límite Plástico	LP =	0 %	D30 =	60.63	Cc =	4.748
Indice de Plasticidad	IP =	0.00 %	D10 =	11.97	Suelo Mal Graduado	
Tipo de Suelo Según su Granulometría :		Suelo Grueso				
		Arena				
Tipo de Simbología :		Simbología Doble				
Tipo de Suelo :		SP - SC o SP - SM				
Suelo :		**SP - SC**				
Caractrísticas del Suelo :		**SP - SC**				
SONDEO:	3	PROFUNDID	1.00 -1.50mts			
MUESTRA:	1					
% Que Pasa la Malla N° 200		11.72				
% Que Pasa la Malla N° 4		90.43				
Límite Líquido	LL =	0 %	D60 =	64.58	Cu =	5.512
Límite Plástico	26.61	0 %	D30 =	60.52	Cc =	4.840
Indice de Plasticidad	IP =	0.00 %	D10 =	11.72	Suelo Mal Graduado	
Tipo de Suelo Según su Granulometría :		Suelo Grueso				
		Arena				
Tipo de Simbología :		Simbología Doble				
Tipo de Suelo :		SP - SC o SP - SM				
Suelo :		**SP - SC**				
Caractrísticas del Suelo :		**SP - SC**				

REALIZADO:		0				
CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S						
SONDEO:	**3**	PROFUNDIDAD:		2.50-3.00 mts		
MUESTRA:	**2**					
% Que Pasa la Malla N° 200		10.96				
% Que Pasa la Malla N° 4		90.35				
Límite Líquido	LL =	0 %	D60 =	64.28	Cu =	5.863
Límite Plástico	LP =	0 %	D30 =	60.18	Cc=	5.139
Indice de Plasticidad	IP =	0.00 %	D10 =	10.96	Suelo Mal Graduado	
Tipo de Suelo Según su Granulometría :		Suelo Grueso				
		Arena				
Tipo de Simbología :		Simbología Doble				
Tipo de Suelo :		SP - SC o SP - SM				
Suelo :		**SP - SC**				
Caractrísticas del Suelo :		**SP - SC**				
CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S						
SONDEO:	**3**	PROFUNDIDAD:	4.00-4.50 mts			
MUESTRA:	**3**					
% Que Pasa la Malla N° 200		11.50				
% Que Pasa la Malla N° 4		90.40				
Límite Líquido	LL =	0 %	D60 =	64.49	Cu =	5.607
Límite Plástico	LP =	0 %	D30 =	60.42	Cc=	4.921
Indice de Plasticidad	IP =	0.00 %	D10 =	11.50	Suelo Mal Graduado	
Tipo de Suelo Según su Granulometría :		Suelo Grueso				
		Arena				
Tipo de Simbología :		Simbología Doble				
Tipo de Suelo :		SP - SC o SP - SM				
Suelo :		**SP - SC**				
Caractrísticas del Suelo :		**SP - SC**				
CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S						
SONDEO:	**3**	PROFUNDIDAD:	5.50-6.00 mts			
MUESTRA:	**4**					
% Que Pasa la Malla N° 200		11.54				
% Que Pasa la Malla N° 4		90.41				
Límite Líquido	LL =	0 %	D60 =	64.51	Cu =	5.589
Límite Plástico	26.61	0 %	D30 =	60.44	Cc=	4.905
Indice de Plasticidad	IP =	0.00 %	D10 =	11.54	Suelo Mal Graduado	
Tipo de Suelo Según su Granulometría :		Suelo Grueso				
		Arena				
Tipo de Simbología :		Simbología Doble				
Tipo de Suelo :		SP - SC o SP - SM				
Suelo :		**SP - SC**				
Caractrísticas del Suelo :		**SP - SC**				

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN A.A.S.H.T.O.

REALIZADO: 0

CLASIFICACIÓN AASHTO

Parámetros Usados			**SONDEO:**	**1**	Profundidad: 1.00-1.50 mt	
% Que Pasa la Malla N° 200		33.36	**MUESTRA:**	**1**		
% Que Pasa la Malla N° 40		51.63	Determinación del Indice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 10		84.67	a =	0.00	IG =	0.00
Límite Líquido	LL =	0.00 %	b =	18.36		
Límite Plástico	LP =	0.00 %	c =	0.00		
Indice de Plasticidad :	IP =	0.00 %	d =	0.00		
Tipo de Suelo :	Material Granular					
Clasificación de Suelos :	A - 2					
Suelo :	**A - 2 - 4 (0)**					
Tipo de Material :	Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas					
Terreno de Fundación :	Excelente a Bueno					

CLASIFICACIÓN AASHTO

Parámetros Usados			**SONDEO:**	**1**	Profundidad: 2.50-3.00	
% Que Pasa la Malla N° 200		11.21	**MUESTRA:**	**2**		
% Que Pasa la Malla N° 40		64.38	Determinación del Indice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 10		90.37	a =	0.00	IG =	0.00
Límite Líquido	LL =	0.00 %	b =	0.00		
Límite Plástico	LP =	0.00 %	c =	0.00		
Indice de Plasticidad :	IP =	0.00 %	d =	0.00		
Tipo de Suelo :	Material Granular					
Clasificación de Suelos :	A - 2					
Suelo :	**A - 2 - 4 (0)**					
Tipo de Material :	Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas					
Terreno de Fundación :	Excelente a Bueno					

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN A.A.S.H.T.O.

REALIZADO: 0

CLASIFICACIÓN AASHTO

Parámetros Usados			**SONDEO:**	**1**	Profundidad: 4.00-4.50	
% Que Pasa la Malla N° 200		11.42	**MUESTRA:**	**3**		
% Que Pasa la Malla N° 40		64.46	Determinación del Indice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 10		90.40	a =	0.00	IG =	0.00
Límite Líquido	LL =	0.00 %	b =	0.00		
Límite Plástico	LP =	0.00 %	c =	0.00		
Indice de Plasticidad :	IP =	0.00 %	d =	0.00		
Tipo de Suelo :	Material Granular					
Clasificación de Suelos	A - 2					
Suelo :	**A - 2 - 4 (0)**					
Tipo de Material :	Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas					
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno					

CLASIFICACIÓN AASHTO

Parámetros Usados			**SONDEO:**	**1**	Profundidad: 5.50-6.00	
% Que Pasa la Malla N° 200		11.21	**MUESTRA:**	**4**		
% Que Pasa la Malla N° 40		64.38	Determinación del Indice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 10		90.37	a =	0.00	IG =	0.00
Límite Líquido	LL =	0.00 %	b =	0.00		
Límite Plástico	LP =	0.00 %	c =	0.00		
Indice de Plasticidad :	IP =	0.00 %	d =	0.00		
Tipo de Suelo :	Material Granular					
Clasificación de Suelos	A - 2					
Suelo :	**A - 2 - 4 (0)**					
Tipo de Material :	Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas					
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno					

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN A.A.S.H.T.O.

REALIZADO: 0

CLASIFICACIÓN AASHTO

Parámetros Usados			**SONDEO:**	2	Profundidad: 1.00-1.50 mt
% Que Pasa la Malla N° 200		11.65	**MUESTRA:**	**1**	
% Que Pasa la Malla N° 40		64.55	Determinación del Indice de Grupo IG		
% Que Pasa la Malla N° 10		90.42	a =	0.00	IG = 0.00
Límite Líquido	LL =	0.00 %	b =	0.00	
Límite Plástico	LP =	0.00 %	c =	0.00	
Indice de Plasticidad :	IP =	0.00 %	d =	0.00	
Tipo de Suelo :	Material Granular				
Clasificación de Suelos :	A - 2				
Suelo :	**A - 2 - 4 (0)**				
Tipo de Material :	Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas				
Terreno de Fundación :	Excelente a Bueno				

CLASIFICACIÓN AASHTO

Parámetros Usados			**SONDEO:**	2	Profundidad: 2.50-3.00
% Que Pasa la Malla N° 200		11.70	**MUESTRA:**	**2**	
% Que Pasa la Malla N° 40		64.57	Determinación del Indice de Grupo IG		
% Que Pasa la Malla N° 10		90.43	a =	0.00	IG = 0.00
Límite Líquido	LL =	0.00 %	b =	0.00	
Límite Plástico	LP =	0.00 %	c =	0.00	
Indice de Plasticidad :	IP =	0.00 %	d =	0.00	
Tipo de Suelo :	Material Granular				
Clasificación de Suelos :	A - 2				
Suelo :	**A - 2 - 4 (0)**				
Tipo de Material :	Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas				
Terreno de Fundación :	Excelente a Bueno				

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN A.A.S.H.T.O.

REALIZADO: 0

REVISADO:

CLASIFICACIÓN AASHTO

Parámetros Usados			**SONDEO:**	2	Profundidad: 4.00-4.50
% Que Pasa la Malla N° 200		11.02	**MUESTRA:**	**3**	
% Que Pasa la Malla N° 40		64.30	Determinación del Indice de Grupo IG		
% Que Pasa la Malla N° 10		90.35	a =	0.00	IG = 0.00
Límite Líquido	LL =	0.00 %	b =	0.00	
Límite Plástico	LP =	0.00 %	c =	0.00	
Indice de Plasticidad :	IP =	0.00 %	d =	0.00	
Tipo de Suelo :	Material Granular				
Clasificación de Suelos	A - 2				
Suelo :	**A - 2 - 4 (0)**				
Tipode Material :	Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas				
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno				

CLASIFICACIÓN AASHTO

Parámetros Usados			**SONDEO:**	2	Profundidad: 5.50-6.00
% Que Pasa la Malla N° 200		11.97	**MUESTRA:**	**4**	
% Que Pasa la Malla N° 40		64.68	Determinación del Indice de Grupo IG		
% Que Pasa la Malla N° 10		90.46	a =	0.00	IG = 0.00
Límite Líquido	LL =	0.00 %	b =	0.00	
Límite Plástico	LP =	0.00 %	c =	0.00	
Indice de Plasticidad :	IP =	0.00 %	d =	0.00	
Tipo de Suelo :	Material Granular				
Clasificación de Suelos	A - 2				
Suelo :	**A - 2 - 4 (0)**				
Tipode Material :	Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas				
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno				

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN A.A.S.H.T.O.

REALIZADO: 0

CLASIFICACIÓN AASHTO

Parámetros Usados			**SONDEO:**	**3**	Profundidad: 2.50-3.00	
% Que Pasa la Malla N° 200		11.72	**MUESTRA:**	**1**		
% Que Pasa la Malla N° 40		64.58	Determinación del Indice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 10		90.43	a =	0.00	IG =	0.00
Límite Líquido	LL =	0.00 %	b =	0.00		
Límite Plástico	LP =	0.00 %	c =	0.00		
Indice de Plasticidad :	IP =	0.00 %	d =	0.00		
Tipo de Suelo :	Material Granular					
Clasificación de Suelos :	A - 2					
Suelo :	**A - 2 - 4 (0)**					
Tipo de Material :	Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas					
Terreno de Fundación :	Excelente a Bueno					

CLASIFICACIÓN AASHTO

Parámetros Usados			**SONDEO:**	**3**	Profundidad: 2.00-2.50	
% Que Pasa la Malla N° 200		10.96	**MUESTRA:**	**2**		
% Que Pasa la Malla N° 40		64.28	Determinación del Indice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 10		90.35	a =	0.00	IG =	0.00
Límite Líquido	LL =	0.00 %	b =	0.00		
Límite Plástico	LP =	0.00 %	c =	0.00		
Indice de Plasticidad :	IP =	0.00 %	d =	0.00		
Tipo de Suelo :	Material Granular					
Clasificación de Suelos :	A - 2					
Suelo :	**A - 2 - 4 (0)**					
Tipode Material :	Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas					
Terreno de Fundación :	Excelente a Bueno					

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN A.A.S.H.T.O.

REALIZADO: 0

CLASIFICACIÓN AASHTO

Parámetros Usados		**0**	**SONDEO:**	**3**	Profundidad: 4.00-4.50	
% Que Pasa la Malla N° 200		11.50	**MUESTRA:**	**3**		
% Que Pasa la Malla N° 40		64.49	Determinación del Indice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 10		90.40	a =	0.00	IG =	0.00
Límite Líquido	LL =	0.00 %	b =	0.00		
Límite Plástico	LP =	0.00 %	c =	0.00		
Indice de Plasticidad :	IP =	0.00 %	d =	0.00		
Tipo de Suelo :	Material Granular					
Clasificación de Suelos	A - 2					
Suelo :	**A - 2 - 4 (0)**					
Tipode Material :	Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas					
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno					

CLASIFICACIÓN AASHTO

Parámetros Usados			**SONDEO:**	**3**	Profundidad: 5.50-6.00	
% Que Pasa la Malla N° 200		11.54	**MUESTRA:**	**4**		
% Que Pasa la Malla N° 40		64.51	Determinación del Indice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 10		90.41	a =	0.00	IG =	0.00
Límite Líquido	LL =	0.00 %	b =	0.00		
Límite Plástico	LP =	0.00 %	c =	0.00		
Indice de Plasticidad :	IP =	0.00 %	d =	0.00		
Tipo de Suelo :	Material Granular					
Clasificación de Suelos	A - 2					
Suelo :	**A - 2 - 4 (0)**					
Tipo de Material :	Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas					
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno					