

INGENIERIA CIVIL

Tesis previa a la obtención de título de
Ingeniero Civil.

AUTORAS: María Inés Cabezas Fierro
María Raquel Proaño Gallo

TUTOR: Ing. Verónica Miranda Rubio

**Análisis comparativo de los diseños de pavimento
rígido y flexible de la vía de acceso a la UIDE**

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**Tesis de grado para la obtención del
título de Ingeniero Civil**

TEMA:

“Análisis comparativo de los diseños de pavimento
rígido y flexible de la vía de acceso a la UIDE”

Autoras:

María Inés Cabezas Fierro
María Raquel Proaño Gallo

Directora:

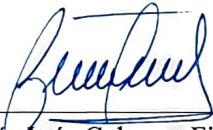
Ing. Verónica Miranda Rubio

Quito, julio de 2024

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Nosotras, María Inés Cabezas Fierro y María Raquel Proaño Gallo declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, Reglamento y Leyes.



María Inés Cabezas Fierro



María Raquel Proaño Gallo

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo Verónica Miranda Rubio, certifico que conozco a las autoras del presente trabajo de titulación denominado “Análisis comparativo de los diseños de pavimento rígido y flexible de la vía de acceso a la UIDE”, María Inés Cabezas Fierro y María Raquel Proaño Gallo, siendo las responsables exclusivas tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



.....

Verónica Miranda Rubio

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Dedicatoria

Este logro, desafiante pero enriquecedor, no hubiera sido posible sin el amor y el apoyo de mi familia. Agradezco profundamente a mi esposo Alex por su amor y paciencia y a mis hijos Alan y Alejandro, quienes motivan mi mejora continua. Este éxito, es tanto mío como suyo, demostrando que la perseverancia es clave o fundamental para alcanzar metas.

María Raquel Proaño

Con todo cariño dedico este trabajo a mis padres, por ser el pilar fundamental en mi vida y brindarme su completo apoyo durante esta travesía académica.

A mi hermano, cuyas palabras de aliento me impulsaron a seguir adelante cada día para luchar y conseguir mis sueños.

María Inés Cabezas Fierro

Agradecimientos

Principalmente agradecemos a Dios, por darnos la oportunidad de terminar nuestros estudios y la fuerza cada día para trabajar y estudiar. Fue un gran reto que hemos culminado victoriosas gracias a Él, a nuestros familiares que, con gran sacrificio, comprensión y dedicación, supieron apoyarnos y brindarnos palabras de aliento en todo momento.

Un agradecimiento especial a nuestra directora de tesis, Ing. Verónica Miranda por su orientación, paciencia y apoyo constante para el éxito de este proyecto.

María Inés Cabezas Fierro & María Raquel Proaño

Índice

Resumen.....	1
Abstract.....	2
Palabras claves.....	2
Capítulo I Marco Referencial	3
Introducción.....	3
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos	4
Justificación.....	5
Justificación Técnica	5
Justificación Teórica.....	6
Planteamiento del problema	6
Metodología.....	7
Capítulo II Marco Teórico	10
Evaluación y deterioro de pavimentos	10
Evaluación funcional de pavimentos.....	10
Índice de Condición del Pavimento (PCI).....	11
Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI).....	12
Fallas en pavimentos.....	13
Agrietamiento	13

Deformación	14
Desintegración.....	15
Ingeniería de pavimentos	15
Clasificación de los Pavimentos	16
Pavimentos rígidos.....	17
Pavimentos flexibles.....	18
Subrasante	20
Características principales de los pavimentos	21
Factores a considerar para el diseño de pavimentos.....	22
Diseño de pavimento rígido	25
Metodología Portland Cement Association (PCA).....	25
Metodología de Diseño.....	25
Diseño de pavimento flexible.....	27
Metodología AASHTO 93	27
Metodología de Diseño.....	28
Capítulo III Caso de estudio	30
Descripción del proyecto	30
Ubicación geográfica	30
Características de la vía	31
Factor geológico.....	31
Factor climático y ambiental	32

Trabajos de campo.....	33
Evaluación de la condición funcional de la vía.....	33
Evaluación e inventario de infraestructura vial existente.....	33
Drenaje.....	34
Interpretación de resultados.....	36
Pavimentos.....	37
Determinación del Índice de Estado.....	38
Interpretación de resultados.....	44
Señalización.....	44
Señalización horizontal.....	44
Señalización vertical.....	45
Interpretación de resultados.....	48
Capítulo IV Evaluación de suelos y estudio de tráfico.....	49
Exploraciones geotécnicas.....	49
Perfil estratigráfico.....	50
Ensayos de laboratorio.....	51
Características de la subrasante.....	53
Características de la estructura de pavimento actual.....	56
CBR de diseño.....	56
Estudio de tráfico.....	58
Conteos manuales.....	59

Determinación del tráfico promedio diario anual TPDA.....	61
Composición del tráfico actual.....	63
Determinación del tráfico asignado.....	64
Determinación del tráfico futuro.....	66
Cálculo del número de ejes equivalentes ESAL.....	67
Capítulo V Diseño Estructura Pavimento Flexible.....	70
Metodología.....	70
Parámetros de diseño.....	70
Cálculo del número estructural SN.....	75
Selección de los espesores de capa.....	76
Estructura de pavimento flexible.....	77
Capítulo VI Diseño Estructura Pavimento Rígido.....	78
Metodología.....	78
Prediseño.....	80
Determinación del factor de seguridad de carga.....	80
Esfuerzo equivalente.....	81
Factor de relación de esfuerzos:.....	82
Determinación de los factores de erosión.....	83
Análisis a la fatiga.....	84
Análisis a la Erosión.....	86
Estructura de pavimento rígido.....	87

Diseño de pasadores.....	87
Capítulo VII Análisis teórico comparativo de los diseños de pavimentos rígido y flexible, basados en aproximaciones de investigaciones existentes.....	89
Capítulo VIII Propuesta de mejoras para la infraestructura vial	92
Diseño geométrico.....	92
Pavimentos.....	92
Drenaje.....	93
Señalización horizontal.....	93
Señalización vertical.....	94
Capítulo IX Conclusiones y Recomendaciones	95
Bibliografía	97
Anexo 1	99
Levantamiento de fallas para cálculo del PCI	99
Anexo 2.....	100
Resultados de los ensayos de laboratorio	100
Anexo 3.....	101
Inventario señalización vertical.....	101

Índice de tablas

Tabla 1 Rangos de clasificación del PCI relacionados con el tipo de reparación	11
Tabla 2 Rangos PSI	12
Tabla 3 Características de los tipos de pavimentos	22
Tabla 4 Inventario estructuras de drenaje.....	36
Tabla 5 Principales deterioros del pavimento	43
Tabla 6 Señalización vertical deteriorada	47
Tabla 7 Resumen de ensayos de campo.....	50
Tabla 8 Ubicación calicatas	50
Tabla 9 Resumen de ensayos de laboratorio.....	52
Tabla 10 Resultados CBR de laboratorio.....	57
Tabla 11 Aforo calzada izquierda	60
Tabla 12 Aforo calzada izquierda	60
Tabla 13 Composición del tráfico actual	63
Tabla 14 Composición del tráfico asignado	65
Tabla 15 Tasa de crecimiento promedio vehículos livianos	67
Tabla 16 Factores de daño.....	68
Tabla 17 Cálculo del número de ejes equivalentes.....	68
Tabla 18 Período de análisis para diseño de pavimentos	71
Tabla 19 Índice de Confiabilidad.....	72
Tabla 20 Factor de Desviación Estándar Normal.....	74
Tabla 21 Efecto de la subbase granular sobre los valores de K.	79
Tabla 22 Interpolación valor k de la subrasante.....	79
Tabla 23 Factores de seguridad para cargas.....	80
Tabla 24 Esfuerzo equivalente – sin berma de concreto.	82

Tabla 25 Interpolación valor k.....	82
Tabla 26 Factores de erosión con pasadores y sin berma.....	83
Tabla 27 Interpolación valor de k.....	84
Tabla 28 Diseño de espesor de pavimento.....	84
Tabla 29 Análisis comparativo pavimento rígido vs pavimento flexible	91

Índice de imágenes

Imagen 1 Estructura de pavimento rígido	18
Imagen 2 Estructura de pavimento flexible	20
Imagen 3 Ubicación del proyecto.....	30
Imagen 4 Desprendimiento en cuneta	34
Imagen 5 Cuneta tapada	35
Imagen 6 Canal.....	37
Imagen 7 Señalización horizontal.....	45
Imagen 8 Categorías de subrasante.....	58
Imagen 9 Cálculo del SN requerido	75
Imagen 10 Cálculo de espesores estructura de pavimento.....	77
Imagen 11 Estructura de pavimento flexible	77
Imagen 12 Estructura de pavimento rígido	87
Imagen 13 Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga	88

Índice de gráficos

Gráfico 1 Resultados PCI calzada derecha	39
Gráfico 2 Resultados PCI calzada izquierda.....	40
Gráfico 3 Resultados encuesta nivel de confort vía	41
Gráfico 4 Perfil estratigráfico	51
Gráfico 5 Distribución granulométrica de suelos de subrasante.....	52
Gráfico 6 Límites de consistencia de suelos de subrasante.....	53
Gráfico 7 Carta de plasticidad SUCS.....	54
Gráfico 8 Carta de plasticidad AASHTO	54
Gráfico 9 Comparativo de humedades en suelos de subrasante.....	55
Gráfico 10 Estructura actual de pavimento flexible	56
Gráfico 11 Composición del tráfico actual.....	64
Gráfico 12 Número de vehículos matriculados en Quito	66
Gráfico 13 Módulo de la reacción de la subrasante	78
Gráfico 14 Análisis de fatiga. Repeticiones admisibles en función de la relación de esfuerzo en pavimentos con y sin berma de concreto.....	85
Gráfico 15 Análisis de erosión (repeticiones permitidas basadas en el factor de erosión con pasadores.	86

Resumen

El presente constituye un análisis comparativo entre el diseño de las estructuras de pavimento rígido y el de pavimento flexible, con el fin de mejorar la vía de acceso a la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE). La importancia de este proyecto radica en la necesidad de garantizar una infraestructura vial adecuada que permita un tránsito seguro y eficiente para la comunidad universitaria.

El pavimento rígido, es comúnmente empleado en carreteras de alto tráfico debido a su resistencia a la deformación, lo que le permite garantizar la integridad estructural, su larga vida útil incluso ante situaciones de tráfico intenso y condiciones climáticas adversas. Por otro lado, el pavimento flexible, se considera más adaptable a terrenos con variaciones y deformaciones, se destaca por su capacidad de redistribuir cargas y resistir al fisuramiento.

Para diseñar estas estructuras de pavimento se analizaron diversos factores, dentro de los cuales se incluyen las características mecánicas del suelo, el volumen y tipo de tráfico presente y proyectado, y las condiciones climáticas del área de análisis.

Además, mediante la implementación de una matriz multicriterio, se expondrán las ventajas y desventajas entre las dos opciones de diseño pavimento rígido versus pavimento flexible.

Por otra parte, se proponen mejoras técnicas para el diseño geométrico, los sistemas de drenaje y la señalética de la vía en estudio.

Abstract

This study focuses on the design of rigid and flexible pavement structures to improve access to the International University of Ecuador (UIDE). The research addresses the need for adequate road infrastructure to ensure safe and efficient traffic flow for the university community. Both rigid pavement, known for its durability and resistance to deformation, and flexible pavement, which better adapts to terrain variations and redistributes loads, are analyzed. The design process includes a comprehensive analysis of soil characteristics, volume and type of traffic, and climatic conditions in the area.

Palabras claves

Pavimento flexible, pavimento rígido, condición funcional de pavimentos, metodología AASHTO 93, diseño de pavimentos

Capítulo I Marco Referencial

Introducción

La Universidad Internacional del Ecuador (UIDE) es una institución educativa que se localiza en la ciudad de Quito, cuya comunidad universitaria está compuesta por alrededor de 6,000 personas. La avenida Jorge Fernández es la única vía de acceso a la Universidad, la que presenta deficiencias que afectan la seguridad del tráfico vehicular. En el marco del presente estudio se identificaron daños del pavimento, falta de mantenimiento a las estructuras de drenaje y señalización deteriorada, lo que genera condiciones de circulación tanto vehicular como peatonal poco seguras.

El objetivo de este proyecto de tesis, consiste en proponer soluciones integrales y efectivas para mejorar las condiciones de la vía de acceso a la universidad, mediante la presentación de los diseños tanto para la estructura de pavimento rígido como la de flexible, de acuerdo con el método PCA y AASHTO respectivamente, y una propuesta complementaria de mejoras técnicas para la infraestructura vial.

El pavimento rígido, generalmente compuesto por losas de concreto, se caracteriza por su alta resistencia a la deformación y su durabilidad a largo plazo. Este tipo de pavimento es ideal para áreas de alto tráfico y donde se requiere una superficie de rodadura resistente y durable. Por otro lado, el pavimento flexible, compuesto por varias capas de materiales asfálticos, es más adaptable a terrenos con variaciones y deformaciones, gracias a su capacidad de redistribuir cargas y resistir grietas (Monsalve L. G., 2012).

En el diseño de las estructuras de pavimento, se analizarán aspectos importantes, como las características del suelo, el tráfico actual y proyectado, y las condiciones climáticas del

área; estos factores influyen en la durabilidad y el rendimiento del pavimento durante su vida útil, por lo que se deberá realizar un análisis integral que permita escoger la opción más adecuada.

El drenaje adecuado es fundamental para evitar la acumulación de agua en la superficie del pavimento, que puede causar deterioro prematuro y condiciones peligrosas para su conducción. Además, una señalización clara y adecuada contribuye a la seguridad vial, al proporcionar instrucciones claras a los conductores y peatones.

Este estudio, además del diseño de las estructuras de pavimento, también abordará las recomendaciones técnicas para mejorar los sistemas de drenaje y la señalización vial.

Objetivo General

Realizar un análisis comparativo del diseño de pavimento rígido y flexible para la vía de acceso a la UIDE para garantizar una estructura vial adecuada para la comunidad universitaria

Objetivos Específicos

1. Evaluar el estado actual del pavimento y la infraestructura vial
2. Realizar el estudio del flujo vehicular de la vía y los ensayos de prospección y caracterización de suelos
3. Diseñar la estructura del pavimento flexible

4. Diseñar la estructura del pavimento rígido
5. Realizar el análisis comparativo de los diseños de las estructuras de pavimento rígido y flexible.
6. Proponer mejoras para la infraestructura vial, drenaje y señalización horizontal y vertical.

Justificación

Justificación Técnica

El presente estudio realiza el análisis de aspectos teóricos y prácticos de infraestructura vial, a fin de generar recomendaciones para una movilidad segura para la comunidad universitaria, debido a que la estructura del pavimento actual se encuentra visiblemente deteriorada.

Para garantizar la seguridad de los usuarios y prolongar la vida útil de la vía, que soporta cargas vehiculares permanentes debido a la alta recurrencia de los miembros de la comunidad académica, es necesario mejorar la infraestructura vial y los sistemas de señalización y drenaje.

Un pavimento en mal estado, puede afectar negativamente a la movilidad de las personas y de los vehículos: por lo tanto, el diseño adecuado y la implementación de mejoras en la vía de acceso a la UIDE, no solo mejorarán la calidad de la movilidad, sino que también contribuirán a la seguridad vial de la comunidad universitaria y de la población en general que transita por la zona.

Justificación Teórica

El proyecto planteado se justifica por la necesidad de mejorar las condiciones de movilidad en la avenida Jorge Fernández, vía de ingreso a la UIDE ya que es la entrada principal a la institución y su funcionalidad impacta directamente en la experiencia de los usuarios y en la imagen de la universidad. Además, es importante mencionar, que la mejora de esta vía, no solo beneficia a la universidad, sino que también contribuye a la zona circundante como la Urbanización Monte Abruzzo.

El estudio técnico de la vía de acceso debe cumplir con las normas de seguridad vial y las normas de diseño de pavimento como la AASHTO 93 utilizada en el Ecuador. Este estudio técnico no solo garantizará el cumplimiento de estas normas, sino que también sirve como base para estudios más profundos por parte de las instituciones públicas encargadas, el diseño adecuado del pavimento asegura la durabilidad de la vía, reduce los costos de mantenimiento y mejora la seguridad y comodidad de los usuarios. Una evaluación funcional permitirá identificar posibles incumplimientos y proponer medidas correctivas.

Planteamiento del problema

La Avenida Jorge Fernández fue construida en el año 2004, esta vía de uso público está bajo responsabilidad del Municipio de Quito, en el tramo comprendido entre la intersección con la Avenida Simón Bolívar abscisa 0+000 hasta la garita de ingreso a la Universidad Internacional Del Ecuador (UIDE) abscisa 1+060, y bajo el Consejo Provincial de Pichincha desde la abscisa 1+060 en adelante. Esta vía sirve como único ingreso a la Universidad.

La Institución Educativa ha presentado un incremento en su oferta académica y por tanto en su población estudiantil. Este incremento implica un mayor flujo de vehículos que transitan por esta vía, intensificando el desgaste de la capa de rodadura del pavimento existente.

La capa de rodadura presenta grandes baches, grietas y deformaciones en la superficie, que dificultan la circulación vehicular y ponen en riesgo la integridad física de los usuarios. En lo concerniente con el drenaje se puede evidenciar que las cunetas necesitan mantenimiento y limpieza. La ausencia de mantenimientos periódicos ha exacerbado este deterioro, subrayando la necesidad de intervenciones regulares para preservar la infraestructura vial en condiciones óptimas. A pesar de lo expuesto, las entidades responsables no han planificado una intervención para solucionar esta problemática.

Por lo indicado, surge la necesidad de realizar un diagnóstico del estado actual de la vía, con la finalidad de realizar un análisis comparativo entre pavimento rígido y flexible, para que las instituciones encargadas puedan utilizarlo como un estudio base y tomar decisiones acertadas en la planificación y ejecución de los trabajos de mejora de esta vía.

Metodología

La presente metodología describe el proceso que se llevó a cabo para el desarrollo del estudio planteado, mismo que se realizó de la siguiente manera:

1. Revisión de bibliografía, normas aplicables AASHTO, ASTM, entre otras.
2. Levantamiento de información del sitio por medio de una evaluación de la condición funcional de la vía, tanto para pavimentos, drenaje y señalización.

3. Levantamiento de fallas de la capa de rodadura a través del procedimiento PCI, con esto definimos que la vía debe ser reconstruida en su totalidad.

4. Estudio geotécnico: se realizaron ensayos de campo y laboratorio con la finalidad de determinar la capacidad portante del suelo.

En aplicación de la normativa AASHTO, se definió realizar tres calicatas las mismas que fueron tomadas en tres puntos del tramo de estudio y tres ensayos de cono de penetración dinámica DCP.

5. Estudio de tráfico: con la finalidad de conocer el número de vehículos que circulan por la vía se realizaron conteos manuales por 4 días, en un lapso de 15 horas, para determinar el volumen del tráfico diario y la composición del mismo, así como el TPDA y el tráfico proyectado para el periodo de diseño.

Con este dato se calculó el número de ejes equivalentes ESAL, valor que utilizamos para el diseño de las estructuras de pavimentos.

6. Diseño de pavimentos flexibles

En función a los parámetros de diseño que exige la norma AASHTO 93 se realizó el diseño de pavimento flexible, para un período de 20 años.

7. Diseño de pavimento rígido

Para el diseño de este pavimento se utilizó la metodología CPA para un periodo de diseño de 20 años, la misma que garantiza durabilidad.

8. Se realizó el análisis comparativo de las dos alternativas de estructuras de pavimentos, en términos de durabilidad, costos, mantenimiento.

9. Se plantearon alternativas de mejoras técnicas para la infraestructura vial, mismas que se deberían considerar una vez se decida intervenir la vía.

Capítulo II Marco Teórico

Evaluación y deterioro de pavimentos

Con el fin de determinar la condición de las estructuras de pavimentos se llevan a cabo evaluaciones funcionales y estructurales en las que se verifican los índices de condición de la capa de rodadura y se identifican los deterioros.

Evaluación funcional de pavimentos

La evaluación funcional de pavimentos, consiste en un estudio realizado mediante inspección visual que considera las características superficiales de la vía, entre ellas, grietas, uniformidad de la superficie, comodidad de circulación, ruido y fricción superficial, con el fin de definir las actividades necesarias para la recuperación de la vía (Institute, 2009).

La metodología más utilizada para inspeccionar daños en las vías de pavimento rígido y flexible es la estadounidense PCI (Índice de Condición del Pavimento), con la que se puede determinar los parámetros confiables que aporten soluciones para una intervención de daños de la carpeta asfáltica.

Índice de Condición del Pavimento (PCI)

La metodología corresponde a la evaluación funcional de pavimentos rígidos y flexibles, se calcula a través de la metodología descrita por la norma ASTM D6433¹.

El PCI es un índice numérico que va desde cero (0) para un pavimento completamente fallado o en mal estado, hasta cien (100) para uno en perfecto estado; es fácil implementación y no requiere herramientas especializadas; se calcula según la clase de falla, su severidad y cantidad o densidad de esta.

RANGO	CLASIFICACIÓN	TIPO DE REPARACIÓN
85 - 100	Excelente	Mantenimiento preventivo
71 - 84	Muy Bueno	Mantenimiento preventivo
56 - 70	Bueno	Rehabilitación mayor
41 - 55	Regular	Rehabilitación mayor
26 - 40	Malo	Reconstrucción
11 - 25	Muy Malo	Reconstrucción
0 - 10	Fallado	Reconstrucción

Tabla 1 Rangos de clasificación del PCI relacionados con el tipo de reparación

Fuente: Norma ASTM D6433

Una de las formas más efectivas de informar el estado del pavimento es mediante la codificación de colores ya que ofrece un fuerte efecto visual. En la tabla N° 1 se presentan los

¹ (ASTM)

rangos del PCI con su descripción cualitativa de la condición del pavimento, los colores representativos y el tipo de reparación.

Los índices de condición del pavimento pueden calcularse para cada tipo de deterioro existente, o puede utilizarse un índice compuesto que reúna todos los deterioros encontrados en uno solo y represente el estado global de la vía en estudio.

El PCI valora la condición superficial del pavimento basado en las fallas observadas en la superficie; se aclara que con este ensayo no se puede medir la capacidad estructural ni la medida directa de la resistencia al deslizamiento (International, 2001).

Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI)

El Índice de Serviciabilidad de Pavimento (PSI) mide el nivel de confort y seguridad con el que cuenta un pavimento, generalmente se calcula con la opinión de los usuarios de la vía, cuyas respuestas se tabulan en la escala de 5 a 1, de acuerdo con la tabla N° 2:

Índice de Serviciabilidad (PSI)	Calificación
5 – 4	Muy buena
4 – 3	Buena
3 – 2	Regular
2 – 1	Mala
1 – 0	Muy mala

Tabla 2 Rangos PSI

Fuente: Norma AASHTO 1993

Fallas en pavimentos

Las fallas son el conjunto de daños e indicadores externos del deterioro del pavimento que disminuyen su serviciabilidad y funcionalidad.

Antes de determinar el tipo de reparación que necesita la estructura del pavimento, se debe comprender el tipo y la extensión del deterioro o falla e identificar su causa. Las principales causas para que estas fallas se produzcan son: carga de tráfico, defectos de drenaje, condiciones climáticas, problemas con los materiales, defectos de construcción.

(Institute, 2009)

Los deterioros más comunes y repetitivos en los pavimentos son:

Agrietamiento

Fallas superficiales de la carpeta de rodamiento que no se manifiestan como hundimientos o desplazamientos. Este tipo de fallas se subdividen en:

Agrietamiento por fatiga (piel de cocodrilo): grietas interconectadas que semejan la piel de un cocodrilo; es un deterioro que se relaciona con las repetidas cargas de tráfico, con el debilitamiento de la capa de base o subsuelo, espesor insuficiente del pavimento, cargas excesivas o, una combinación de todos estos factores (Institute, 2009).

Agrietamiento en bloques: Son aquellas que se interconectan y conforman una serie de rectángulos grandes mayores de 0.3 m en cada sentido; se presentan generalmente en estructuras de pavimento viejas que se han endurecido con el tiempo (Institute, 2009).

Agrietamiento de borde: Se forman a lo largo del borde del pavimento; se provocan por debilitamiento de la base, drenaje insuficiente, tráfico pesado o vegetación tupida (Institute, 2009).

Agrietamiento longitudinal y transversal: Grietas lineales en la superficie pavimentada, pueden ser paralelas o perpendiculares al eje de la carretera, son grietas que no se relacionan con las cargas sino más bien por malos procesos constructivos o variaciones cíclicas de temperatura (Institute, 2009).

Agrietamiento de deslizamiento: Presentan forma de medialuna, se producen por la acción conjunta de movimientos vehiculares de giro o parada y una mezcla de baja resistencia superficial o adherencia insuficiente entre las capas del pavimento (Institute, 2009).

Deformación

Corresponde a la falla que se produce por la inestabilidad de la capa asfáltica o debilidad de las capas de base o subbase. Estas fallas se subdividen en:

Ahuellamiento: Depresión de la superficie por la consolidación o el movimiento lateral de cualquiera de las capas de pavimento por efecto del tráfico. Se produce por un espesor insuficiente en el diseño, mala compactación, mezcla asfáltica deficiente (Institute, 2009).

Ondulaciones y desplazamiento: Se manifiestan como ondas sobre la superficie del pavimento perpendiculares a la dirección del tráfico. Se presentan en pavimentos con muy alto contenido de agregados finos, lisos o redondeados, asfalto de grado incorrecto o exceso de humedad (Institute, 2009).

Asentamientos o depresiones: Son producto de la falla de las capas de pavimento inferiores o por malas técnicas de construcción (Institute, 2009).

Levantamiento o hinchamiento: Desplazamiento ascendente del pavimento debido a la expansión de alguna parte del subsuelo. Suele producirse en suelos expansivos (Institute, 2009).

Desintegración

Se refiere a la disolución del pavimento en pequeños pedazos que se desencajan con el tiempo. Los siguientes son ejemplos comunes de desintegración:

Baches: Hoyo producido por la desintegración localizada de la superficie del pavimento. Se producen por el empeoramiento continuo de otro tipo de deterioros, el efecto del tráfico y los puntos débiles en la base (Institute, 2009).

Peladuras y efectos de la intemperie: Desgaste de la superficie pavimentada a causa de la separación entre partículas de agregados con el ligante asfáltico. Se producen por un ligante asfáltico envejecido o por la utilización de una mezcla asfáltica de mala calidad (Institute, 2009).

Ingeniería de pavimentos

La ingeniería de pavimentos se encarga de diseñar, construir y mantener carreteras y caminos con la finalidad de lograr una circulación segura y eficiente.

Un correcto diseño de pavimentos incorpora el análisis de mecánica de suelos, hidráulica, geotecnia y geometría de la carretera.

Según Huang (2004)², un pavimento se define como "la capa superficial de una carretera, aeropuerto o área de estacionamiento que está diseñada para soportar el tráfico y distribuir las cargas sobre la base subyacente o el suelo subyacente".

El diseño adecuado de los pavimentos es clave para garantizar la seguridad y eficiencia en el transporte; su estructura debe ser diseñada para cumplir con los siguientes parámetros:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito
- Ser resistente a los agentes de intemperismo
- Presentar regularidad superficial que permitan una adecuada circulación de los usuarios y una textura adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, asegurando seguridad vial
- Ser durable
- Poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramiento a los usuarios

(Monsalve L. G., 2012)

Clasificación de los Pavimentos

De acuerdo con la Guía AASHTO 1993³ los pavimentos se clasifican en: rígidos (carpeta de concreto), flexibles (carpeta asfáltica), y articulados (adoquines); para el desarrollo

² (Huang, 2014)

³ (AASHTO, 1993)

del presente proyectos nos enfocaremos en los pavimentos rígidos y flexibles: sus características y diseño.

Pavimentos rígidos

Pavimento constituido por una losa de concreto hidráulico reforzado con acero, apoyada sobre la subrasante o sobre una sub base de material seleccionado de acuerdo a lo mostrado en Imagen N°1.

Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia.

La capacidad estructural de este tipo de pavimento depende de la resistencia de las losas, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento (Monsalve, Giraldo, & Maya, 2012).

Las capas de un pavimento rígido son:

Subbase: sirve como capa de transición, suministra apoyo uniforme y estable para el pavimento; la función más importante es impedir la acción del bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento. Se entiende por bombeo a la fluencia del material fino con agua fuera de la estructura del pavimento debido a la infiltración del agua por las juntas de las losas.

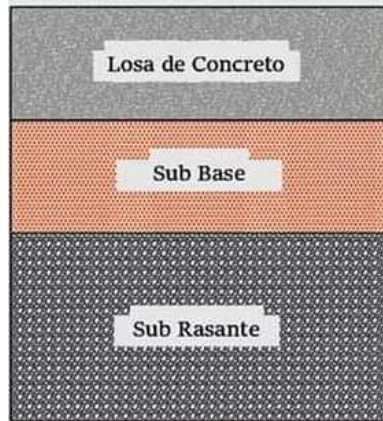


Imagen 1 Estructura de pavimento rígido

Fuente: <https://es.scribd.com/document/428288454/Tipos-de-Pavimentos>

Losas de concreto: Es la capa que está en contacto con las cargas de tráfico; cumple la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que le apliquen.

(Monsalve, Giraldo, & Maya, 2012)

Este tipo de pavimentos se utiliza en carreteras, pistas de aeropuertos y otras superficies que requieran de mayor resistencia y durabilidad.

Pavimentos flexibles

El pavimento flexible es definido por la Asociación Americana de Carreteras y Transporte (AASHTO⁴, por sus siglas en inglés) como "un pavimento que se flexiona elásticamente bajo cargas de tráfico y distribuye las cargas a través de las capas superiores del pavimento". Se utilizan principalmente en carreteras y calles urbanas.

⁴ (AASHTO, 1993)

Los pavimentos flexibles se componen típicamente de varias capas de material granular como se indica en la imagen N° 2, cada una de ellas cumple una función específica en la distribución de cargas y la resistencia a deformaciones.

Capa de rodadura o carpeta asfáltica: Es la capa superior que debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito; está diseñada para resistir el desgaste provocado por el tráfico vehicular y proporcionar buenos niveles de fricción y drenaje.

El material utilizado para esta capa consiste en mezclas asfálticas densas o abiertas para proporcionar textura superficial.

Capa de base: Ubicada debajo de la capa de rodadura, está conformada por mezclas asfálticas densas o bases granulares; esta capa proporciona soporte estructural y distribuye las cargas del tráfico hacia la subrasante de manera uniforme.

Subbase: Es la capa que se encuentra por debajo de la capa de base, conformada por agregados granulares (gravas o arenas) o materiales reciclados y tiene como función principal mejorar la estabilidad de la estructura del pavimento y el drenaje.

La subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitirlos a un nivel adecuado a la subrasante.

Subrasante

Es la capa de suelo natural o terreno de fundación sobre la cual se construye el pavimento. De la calidad y condiciones de resistencia de esta capa depende en gran parte el espesor que debe tener la estructura del pavimento. Una subrasante inadecuada provoca problemas en la construcción, mantenimiento y vida útil de una vía.

(Monsalve, Giraldo, & Maya, 2012)

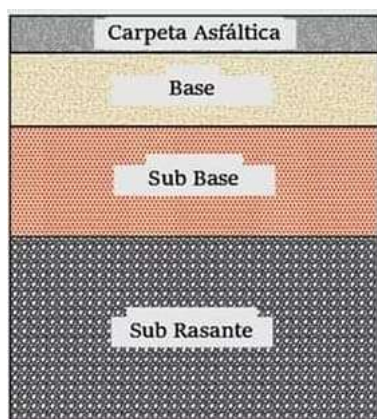


Imagen 2 Estructura de pavimento flexible

Fuente: <https://es.scribd.com/document/428288454/Tipos-de-Pavimentos>

El principal parámetro de evaluación de la subrasante es la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas de tránsito.

Para que la subrasante garantice estabilidad y durabilidad de la estructura del pavimento debe cumplir con las siguientes características:

- Soportar las cargas de tráfico y resistir a la deformación bajo cargas repetidas
- Buena capacidad de drenaje para mantener estabilidad del suelo

- Ser uniforme en toda su longitud para evitar asentamientos diferenciales

Estas características se verifican por medio de pruebas de campo y laboratorio que se llevan a cabo para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo; con los datos obtenidos se determina la capacidad de soporte del suelo y la resistencia a la deformación.

(Monsalve, Giraldo, & Maya, 2012)

Características principales de los pavimentos

Los pavimentos rígidos y flexibles tienen diferentes características técnicas y requisitos de mantenimiento que los hacen adecuados para diferentes situaciones y entornos; a continuación, se presenta un comparativo entre ambos:

Pavimento rígido	Pavimento flexible
Durabilidad	
Menos propensos a deformaciones permanentes	Susceptibles a deformaciones bajo cargas repetidas
Resistentes a la acción de agentes externos	Vulnerables a daños por cambios de temperatura y humedad
Costo inicial	
Mayor costo inicial debido al precio del concreto y mano de obra especializada	Menor costo inicial; el asfalto es más económico que el concreto y la instalación es menos compleja
Mantenimiento	
Requieren menos mantenimiento rutinario	Requieren mantenimiento frecuente

Menos frecuencia de recubrimiento superficial	Necesitan recubrimiento superficial regular para preservar la carpeta asfáltica
Vida útil	
Puede superar los 30 años con un diseño y mantenimiento adecuado	Varía de acuerdo a las solicitaciones del medio. En general tienen una vida útil más corta (10 – 20 años)

Tabla 3 Características de los tipos de pavimentos

Fuente: Elaboración propia

Factores a considerar para el diseño de pavimentos

Para un correcto diseño de pavimentos de deben considerar las siguientes variables:

Estudio de tráfico vehicular: Es el dato más importante en el diseño de pavimentos debido a que la carga repetida de los vehículos sobre la superficie de la carretera genera tensiones y deformaciones que deben ser consideradas para garantizar la durabilidad, seguridad y para evitar daños prematuros del pavimento.

El estudio de tráfico consiste en recopilar, analizar y evaluar datos sobre el volumen, velocidad y comportamiento de los vehículos en una carretera o calle; la metodología para esta recolección de datos puede ser mediante conteos manuales o automáticos en los que se registra la cantidad y tipo de vehículos que pasan por la vía, sensores de peso en movimiento (WIM) que miden las cargas por eje en tiempo real, y, estudios de velocidad y clasificación vehicular (FHWA, 2016).

De la precisión en la recolección y análisis de datos depende en gran parte el diseño correcto de la estructura del pavimento, la optimización de costos y mejora en la seguridad vial.

Los datos recopilados se analizan para obtener el promedio diario de vehículos a lo largo del año, identificación de horas pico y la proporción del tipo de vehículos que circulan. Con esta información podemos determinar las cargas por eje, dato imprescindible para el diseño de la estructura del pavimento.

El análisis incluye la determinación de la carga equivalente por eje simple (ESAL) que consiste en la conversión de diferentes cargas por eje a una carga estándar de referencia.

Otro dato importante para el diseño de la estructura del pavimento es la proyección de tráfico futuro; ésta se realiza utilizando métodos estadísticos y modelos de crecimiento, este análisis incluye las tasas de crecimiento del tráfico y las proyecciones de vida útil.

Con estos datos se procede al diseño de la estructura del pavimento:

- En base al ESAL calculado se determinan los espesores de las distintas capas del pavimento
- Se utilizan modelos predictivos que simulan el comportamiento del pavimento bajo diferentes condiciones de carga
- Con las proyecciones de tráfico se planifican actividades de mantenimiento y rehabilitación

(AASHTO, 1993)

Estudios geotécnicos: Un correcto diseño de pavimentos requiere un entendimiento integral del comportamiento del suelo sobre el cual se construirá. Los estudios geotécnicos son

fundamentales para caracterizar las propiedades del suelo y diseñar una estructura que sea duradera y eficiente.

En función de estos estudios podemos caracterizar el suelo de la subrasante y determinar la capacidad de carga de la misma, a través del módulo de resiliencia para pavimentos flexibles y módulo de reacción de la subrasante para pavimentos rígidos.

Los estudios geotécnicos se realizan a través de exploraciones de campo y ensayos de laboratorio, con la finalidad de conocer las propiedades físicas y mecánicas de los suelos.

Para vías es recomendable realizar perforaciones en el terreno con el objeto de determinar el perfil del suelo y tomar muestras de las diferentes capas para realizar los siguientes ensayos: humedad natural, granulometría, clasificación SUCS y límites de consistencia.

(Monsalve, Giraldo, & Maya, 2012)

Clima: El diseño de la estructura de pavimentos debe considerar una variedad de factores, entre los cuales el clima desempeña un papel crucial. Las condiciones climáticas influyen directamente en el comportamiento de los materiales del pavimento y en su durabilidad. El factor que más afecta a la estructura de un pavimento son las lluvias debido a que pueden provocar la infiltración de agua en las capas de la estructura, lo que debilita el soporte del suelo y reduce su capacidad de carga.

Las lluvias intensas pueden causar erosión en la superficie del pavimento y en los materiales de la base y subbase. Esta erosión provoca la pérdida de material y la formación de huecos, lo que a su vez puede conducir a la aparición de baches y agrietamientos.

(Huang, 2014)

La recopilación meticulosa de datos, la selección adecuada de materiales y el diseño de sistemas de drenaje eficientes son clave para mitigar los impactos adversos del clima.

Diseño de pavimento rígido

Metodología Portland Cement Association (PCA)

La metodología desarrollada por el Portland Cement Association (PCA) es una de las más utilizadas para el diseño de pavimentos de concreto; es un proceso detallado y sistemático que considera factores clave como las cargas vehiculares, propiedades del concreto, y condiciones ambientales. Este enfoque permite diseñar pavimentos duraderos y capaces de soportar las exigencias del tráfico moderno.

Metodología de Diseño

Recolección de Datos Iniciales: Se evalúan características del tráfico (volumen, tipo, carga de vehículos), condiciones del suelo (capacidad portante) y condiciones climáticas (temperatura, precipitaciones).

Características del Concreto: Se analiza la resistencia mínima a la compresión de la mezcla de concreto, misma que debe ser entre 28 Mpa a 41 Mpa; y, se requiere un módulo de rotura de aproximadamente 3.8 MPa a 4.5 MPa.

Cálculo de Espesor del Pavimento: El espesor de la estructura se determina para soportar las cargas aplicadas durante su vida útil proyectada. La ecuación de diseño se basa en los siguientes parámetros:

- Consideración de las cargas equivalentes por eje (ESALs).
- Capacidad del concreto para resistir cargas flexionantes.
- Eficiencia de las juntas en la transferencia de cargas entre losas adyacentes.

$$h = \left(\frac{D * 1.15}{S * C_d} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Donde:

h = espesor del pavimento (pulgadas)

D = demanda de carga acumulada (ESALs)

S = Resistencia a la flexión del concreto (psi)

C_d = Coeficiente de durabilidad (considera condiciones ambientales)

Juntas y Refuerzos: Es importante considerar el diseño de:

- Juntas de contracción que son colocadas para controlar la ubicación de las grietas
- Juntas de expansión que permiten la expansión y contracción del pavimento debido a cambios de temperatura
- Barras de transferencia de carga que son utilizadas en juntas transversales para asegurar una transferencia efectiva de cargas.

Evaluación y Control de la Fatiga: Se debe realizar la determinación del número de ciclos de carga que el pavimento puede soportar antes de fallar y la relación entre la tensión aplicada y el número de repeticiones de carga.

(Portland Cement Association, 1984)

Diseño de pavimento flexible

Metodología AASHTO 93

La metodología de diseño de pavimento flexible desarrollada por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) en su guía de 1993 es uno de los enfoques más reconocidos y utilizados que se basa primordialmente en identificar un número estructural (SN) que pueda soportar el nivel de carga solicitado.

Esta metodología se basa en una serie de principios y factores clave, incluyendo:

- Capacidad estructural: determinada por el espesor de las capas de pavimento.
- Condiciones del suelo: evaluación del soporte proporcionado por la subrasante.
- Condiciones climáticas: impacto de la temperatura y la precipitación.
- Tráfico: volumen y tipo de tráfico vehicular proyectado.
- Durabilidad y mantenimiento: consideraciones para la resistencia a largo plazo y la necesidad de mantenimiento.

Metodología de Diseño

Recolección de Datos Iniciales: Se evalúan características del tráfico (número de ejes equivalentes de carga simple ESALs) y condiciones del suelo (módulo resiliente MR de la subrasante).

Determinación de Parámetros de Diseño: Análisis del módulo resiliente (MR) que es el valor que indica la elasticidad del suelo bajo cargas repetidas y el número de ejes equivalentes de carga simple (ESALs), que es la conversión del tráfico vehicular en una carga equivalente estándar.

Cálculo del Espesor del Pavimento: El espesor de la estructura se determina mediante la siguiente ecuación empírica:

$$W_{18} = \frac{Z_R * S_0 + \log_{10}(W_{18}) - \log_{10}(D_0)}{0.40 + 1.02 * \log_{10}(SN) - 0.091 * \log_{10}(MR)}$$

Donde:

W_{18} = Ejes equivalentes de carga simple (ESALs)

Z_R = Valor Z de la distribución normal estándar (nivel de confiabilidad)

S_0 = Desviación estándar combinada

D_0 = Valor de servicio terminal

SN = Número estructural del pavimento

MR = Módulo resiliente del suelo

El número estructural (SN) se relaciona con el espesor de las capas del pavimento:

$$SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 = Coeficientes estructurales de las capas

D_1, D_2, D_3 = Espesores de las capas

m_2, m_3 = Coeficientes de drenaje de las capas

Análisis de la Confiabilidad y Vida Útil: La confiabilidad se incorpora en el diseño para asegurar que el pavimento cumpla con su desempeño esperado durante su vida útil. La vida útil del pavimento se evalúa en función del nivel de servicio deseado y las cargas proyectadas.

(AASHTO, 1993)

Capítulo III Caso de estudio

Descripción del proyecto

El objetivo del proyecto es diseñar dos alternativas para la estructura de pavimento, tanto rígido como flexible para la Avenida Jorge Fernández, en el tramo de ingreso a la Universidad Internacional del Ecuador y proponer mejoras técnicas para su infraestructura vial.

Ubicación geográfica

El proyecto se encuentra en la ciudad de Quito, provincia de Pichincha, parroquia Alangasí; corresponde a la Avenida Jorge Fernández, específicamente en el ingreso a la Universidad Internacional del Ecuador, tramo comprendido desde la intersección con la Avenida Simón Bolívar abscisa 0+000 hasta el ingreso a los parqueaderos de la Universidad abscisa 2+400.

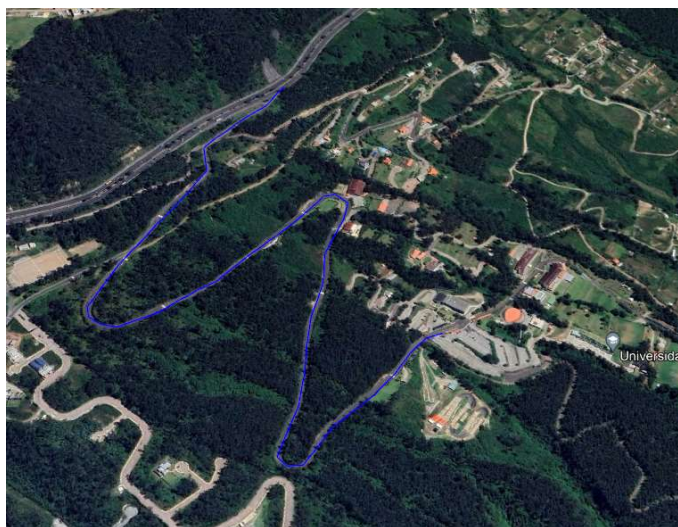


Imagen 3 Ubicación del proyecto

Fuente: Google Earth

Características de la vía

A continuación, se exponen las características de la avenida Jorge Fernández, vía de acceso a la Universidad Internacional Del Ecuador:

Capa de rodadura: pavimento asfáltico

Número de carriles: dos, uno por sentido

Ancho de calzada: 8.00 metros

Longitud: 2.40 km

Factor geológico

El área donde se encuentra la Universidad Internacional del Ecuador se sitúa en una región montañosa de los Andes ecuatorianos, conocida por su compleja geología. Esta zona cuenta con formaciones volcánicas y sedimentarias, afectadas por procesos tectónicos activos. Estudios del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN)⁵ revelan que el terreno está compuesto principalmente por rocas ígneas y volcanoclásticas, con capas de ceniza y tobas volcánicas.

Los suelos volcánicos predominan en esta área; aunque son fértiles, presentan problemas de estabilidad debido a su alta porosidad y baja cohesión.

⁵ (Ecuador, 2019)

Los principales riesgos geológicos en esta zona incluyen deslizamientos de tierra, licuefacción del suelo y actividad volcánica. Los deslizamientos son frecuentes debido a la inclinación del terreno y las características de los suelos volcánicos.

La licuefacción puede ocurrir durante terremotos, comprometiendo la estabilidad de las estructuras, este fenómeno se presenta cuando exista una alta saturación en el suelo. Además, la cercanía a volcanes activos como el Cotopaxi representa un riesgo adicional, aunque menos común.

Es crucial tener en cuenta el alto riesgo sísmico en Ecuador, debido a su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico.

(Ecuador, 2019)

Factor climático y ambiental

Para el diseño de una correcta estructura de pavimentos es de gran importancia entender el factor climático y ambiental del sector de estudio.

La temperatura en el sitio del proyecto varía moderadamente debido a su ubicación en los Andes ecuatorianos. Según datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), las temperaturas promedio oscilan entre 10°C y 20°C durante todo el año, con mínimas nocturnas que pueden descender hasta 5°C y máximas diurnas que pueden alcanzar los 25°C. Esta variabilidad térmica afecta a las estructuras de pavimento, las cuales deben ser capaces de resistir los cambios de temperatura sin deteriorarse rápidamente.

Por otro lado, la precipitación en la zona es significativa, con un promedio anual que varía entre 1000 y 1500 mm. La temporada de lluvias se extiende de octubre a mayo, con picos en marzo y abril.

Esta alta pluviosidad requiere un diseño cuidadoso de los sistemas de drenaje para evitar daños en la estructura del pavimento. ((INAMHI), 2023)

Trabajos de campo

Evaluación de la condición funcional de la vía

La Avenida Jorge Fernández, en el tramo de ingreso a la Universidad Internacional del Ecuador, visualmente se encuentra en mal estado. La capa de rodadura de hormigón asfáltico presenta daños considerables.

Se realizaron inspecciones visuales con el objeto de apreciar los daños superficiales como fisuras, baches, hundimientos, entre otros. Adicionalmente, se evaluaron los aspectos del entorno que influyen en su estado, tales como drenaje, calidad de la subrasante y señalización.

Evaluación e inventario de infraestructura vial existente

A continuación, se presenta un inventario y evaluación de los principales activos de la vía que son parte de los componentes del proyecto descrito:

Drenaje

El objetivo fue evaluar el funcionamiento y estado de las obras de arte menor existentes, verificando que permitan captar, conducir y evacuar la escorrentía superficial producto de las precipitaciones.

El sistema de drenaje de esta vía consiste en cunetas laterales y sumideros con pozos de revisión. En la inspección realizada se pudo verificar que estas estructuras no han tenido el mantenimiento adecuado; las cunetas a lo largo de la vía presentan una condición estructuralmente buena, sin daños mayores, sin embargo, como se observa en las imágenes N° 4 y 5, existe una considerable acumulación de sedimentos, vegetación y residuos sólidos en diversas secciones que en algunos casos obstruyen el flujo de agua, además, en ciertos tramos las cunetas presentan fisuras y desprendimientos.



Imagen 4 Desprendimiento en cuneta

Fuente: Elaboración propia



Imagen 5 Cuneta tapada

Fuente: Elaboración propia

Se constató además que no existen cunetas de coronación en los taludes por lo que el agua de lluvia puede fluir libremente. Esto podría llegar a causar erosión del suelo y debilitamiento de la superficie, sin embargo, al no ser taludes muy pronunciados el riesgo es mínimo.

En la Tabla N° 4 se detallan las estructuras de drenaje que se encuentran en el tramo vial:

No.	Abscisa	Nombre	Estado
1	0+324	Colector	Buen estado
2	0+700	Canal	Buen estado
3	0+882	Canal	Buen estado
4	1+050	Canal	Buen estado
5	1+056	Canal	Buen estado
6	1+142	Canal	Buen estado
7	1+154	Canal	Buen estado
8	1+442	Canal	Buen estado

9	1+495	Canal	Buen estado
10	1+537	Canal	Buen estado
11	1+737	Canal	Buen estado
12	1+740	Canal	Buen estado
13	1+812.70	Canal	Buen estado
14	1+836	Canal	Buen estado
15	1+934.20	Canal	Buen estado
16	2+050.90	Canal	Buen estado
17	2+123	Canal	Buen estado

Tabla 4 Inventario estructuras de drenaje

Fuente: Elaboración propia

Interpretación de resultados

En función de la inspección visual realizada se puede concluir que el sistema de drenaje que existe actualmente en la vía de ingreso a la UIDE debe ser sometido a mantenimiento.

Aunque las cunetas y canales mantienen su integridad estructural, la acumulación de materiales reduce su capacidad hidráulica (imagen N°6), afectando la eficiencia del sistema de drenaje, por lo que se recomienda iniciar inmediatamente con labores de limpieza de estas estructuras para evitar la indeseable acumulación de agua lluvia en los sectores con menores gradientes longitudinales; es importante limpiarlas periódicamente y en los casos puntuales que están dañadas repararlas, ya que en general se encuentran en buen estado estructural y funcionan con normalidad.

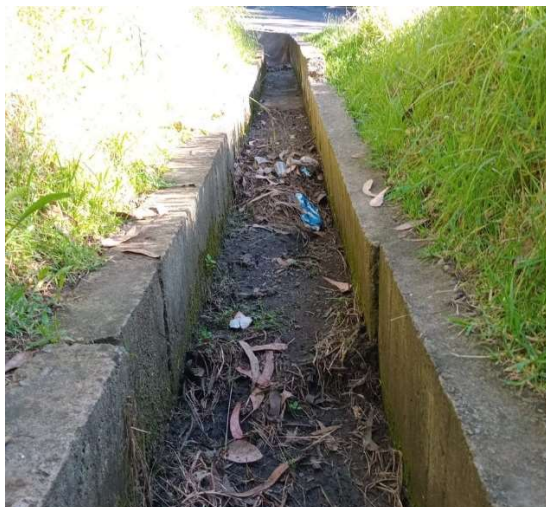


Imagen 6 Canal

Fuente: Elaboración propia

Se sugiere realizar un estudio a detalle de los taludes porque al no haber cortes muy altos que aporten escorrentías superficiales importantes no ameritaría la construcción de cunetas de coronación, ya que las cunetas laterales existentes poseen la suficiente capacidad hidráulica para también captar y conducir los aportes de los taludes de corte.

En general, el drenaje de la vía es funcional gracias a que la pendiente de la misma impide la acumulación de agua en la calzada.

Pavimentos

La condición del pavimento en la vía de acceso a la Universidad Internacional del Ecuador claramente no cumple con los estándares de calidad establecidos por la Norma AASHTO, ni ofrece un nivel de servicio adecuado para garantizar el confort y la seguridad de los usuarios. Por tanto, es imperativo realizar una intervención inmediata para recuperar los niveles de servicio de la vía y brindar un mejor servicio.

Determinación del Índice de Estado

La determinación del Índice de Estado de una vía es una metodología práctica para evaluar la condición global de la calzada. El criterio adoptado para la determinación de este índice fue en función del valor PCI obtenido cada 100 m de longitud en cada carril y de acuerdo con lo descrito en la norma ASTM 6433⁶.

Como primera actividad, se realizó un reconocimiento en campo para identificar manifestaciones visibles de deterioro, tales como grietas, deformaciones, hundimientos y desprendimientos en la superficie del pavimento. Esta inspección permitió clasificar las áreas problemáticas, observándose predominantemente grietas tipo "piel de cocodrilo", indicativas de fatiga en la superficie asfáltica. Estas grietas se atribuyen principalmente a sobrecargas repetitivas y posibles deficiencias en la base de apoyo.

Los hallazgos confirmaron que las grietas tipo "piel de cocodrilo" no estaban limitadas a zonas aisladas, sino que se extendían a lo largo de todo el tramo de la vía. Este tipo de deterioro compromete tanto la seguridad del tránsito vehicular como la funcionalidad del pavimento, ya que las grietas facilitan la infiltración de agua y otros materiales, acelerando otros tipos de deterioro estructural como los baches, cuya presencia también se evidenció a lo largo del tramo estudiado.

Para determinar el índice de estado del pavimento, se consideran las siguientes categorías indicadas en la norma ASTM 6433: un PCI superior a 56 indica que la superficie del pavimento es apta para cualquier actividad de mantenimiento preventivo; un PCI entre 41 y 56 sugiere que el pavimento necesita procesos de rehabilitación intensivos; y un PCI inferior a 40 requiere una reconstrucción completa de la estructura.

⁶ (ASTM)

En el Anexo 1 se detalla el levantamiento de fallas utilizado para el cálculo del PCI.

Los resultados obtenidos para cada carril analizado se resumen en los gráficos N° 1 y 2 presentados a continuación:

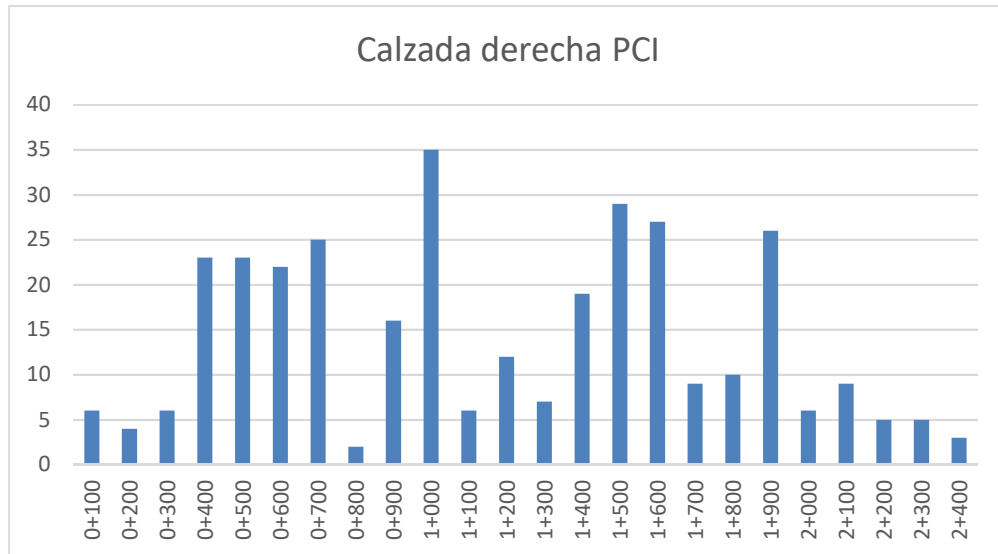


Gráfico 1 Resultados PCI calzada derecha

Fuente: Elaboración propia

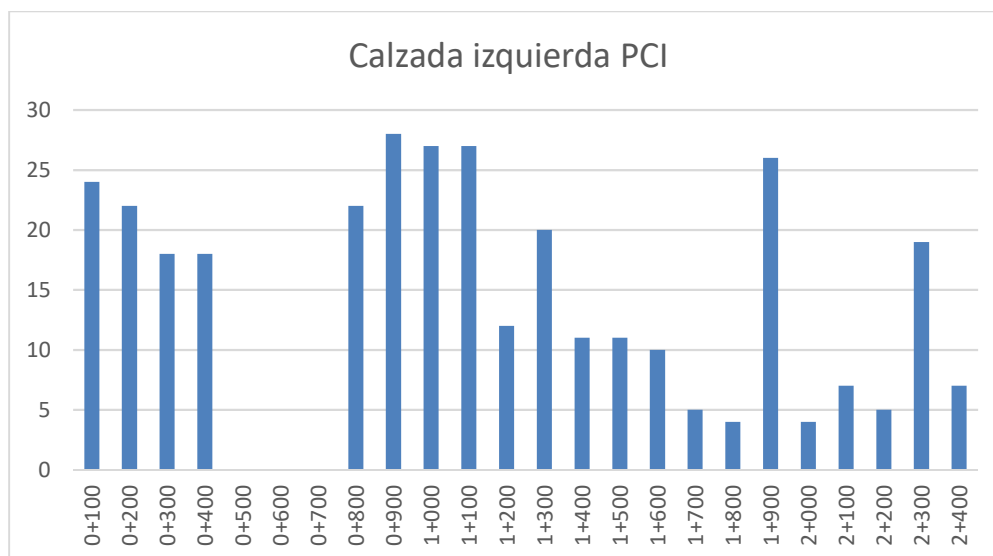


Gráfico 2 Resultados PCI calzada izquierda

Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores del Índice de Condición del Pavimento (PCI) son notablemente bajos, lo cual se atribuye a las fallas identificadas a lo largo de la vía. El promedio del PCI para ambas calzadas, derecha e izquierda, es de 14, lo que indica una condición muy deficiente del pavimento.

Adicionalmente, se evaluó el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI), que se determina en función del nivel de confort y seguridad percibido por los usuarios.

Para evaluar el confort y la seguridad de la vía, se realizaron encuestas a 55 personas, incluyendo estudiantes, docentes y visitantes de la Universidad. De los encuestados, el 50.9% coincidió en que la vía está en muy malas condiciones, como se puede observar en el gráfico N° 3.





Gráfico 3 Resultados encuesta nivel de confort vía

Fuente: Elaboración propia

En función de los resultados obtenidos en la encuesta, el valor de PSI asignado es 1, que corresponde a una calificación muy mala debido a los problemas presentes en la capa de rodadura.

A continuación, se presentan fotografías con los deterioros más representativos encontrados, así como sus posibles causas:

FALLAS	PRINCIPALES CAUSAS DEL DETERIORO	FOTOGRAFÍAS
Grietas longitudinales y transversales	Contracción de la superficie del concreto asfáltico por bajas temperaturas y endurecimiento del asfalto.	
Piel de cocodrilo	Falla por fatiga de la capa asfáltica, producto de la acción de tránsito con cargas legales y sobrecargas.	




Baches	Deterioro por desprendimiento y desintegración progresiva de la carpeta asfáltica, producidas por fallas de tipo piel de cocodrilo	
		
Fisuras en bloque	Falla por fatiga de la capa asfáltica, se produce por tráfico pesado	
Parches	Preparación inadecuada de la superficie, mala calidad en la unión entre el parche y el pavimento existente	

Tabla 5 Principales deterioros del pavimento

Fuente: Elaboración propia

Interpretación de resultados

La metodología de evaluación de fallas y la determinación del Índice de Estado permiten interpretar que la condición del pavimento, desde las abscisas 0+000 hasta 2+400, es muy mala (índice de estado 14).

Se observan daños frecuentes, como grietas tipo piel de cocodrilo, fisuras en bloque, fisuras transversales y longitudinales, baches, entre otros, lo que indica que el pavimento ha alcanzado su vida útil.

Por lo tanto, es necesario reconstruir la estructura del pavimento en su totalidad.

Señalización

Señalización horizontal

De la inspección realizada se evidenció que las marcas de pavimento, líneas longitudinales, cruces, flechas, etc. no tienen el nivel de retroreflectividad requerido en la norma RTE INEN 004-2012⁷ y están prácticamente desapareciendo como se observa en la imagen N° 7.

⁷ (INEN, 2012)



Imagen 7 Señalización horizontal

Fuente: Elaboración propia

Señalización vertical

En relación a la señalización vertical se identificaron varios tipos de señales entre preventivas, regulatorias e informativas. La mayoría deben ser reemplazadas o reubicadas porque están dobladas, rotas o con un desgaste notorio por el intemperismo; además existen señales poco visibles.

A continuación, en la tabla N° 6 se presentan fotografías representativas de señalética en mal estado, y en Anexo 3 un inventario de las mismas:

FALLAS	PRINCIPALES CAUSAS	FOTOGRAFÍAS
Señales no visibles	Falta de mantenimiento y limpieza de la señalética Vegetación abundante en taludes	 <p>The first photograph shows a green diamond-shaped sign with a white arrow pointing left, partially obscured by dense green foliage on a hillside. A timestamp in the bottom right corner reads '28 may 2024 17:45:29'.</p> <p>The second photograph shows a blue rectangular sign with a white bus icon and the text 'PARADA BUS UDE' below it, also partially obscured by vegetation. A small number '2' is visible in the bottom right corner.</p> <p>The third photograph shows a yellow diamond-shaped sign with a black silhouette of a road bump, with a yellow rectangular sign below it reading '25 Km/h'. Both signs are heavily obscured by dense green vegetation.</p>

FALLAS	PRINCIPALES CAUSAS	FOTOGRAFÍAS
<p data-bbox="232 289 422 373">Señalética en mal estado</p>	<p data-bbox="565 289 820 321">Falta de mantenimiento</p> <p data-bbox="581 342 711 373">Bandalismo</p> <p data-bbox="492 401 800 432">Mala calidad de la señalética</p> <p data-bbox="524 453 768 485">Condiciones climáticas</p>	  

Tabla 6 Señalización vertical deteriorada

Fuente: Elaboración propia

Interpretación de resultados

La señalización tanto horizontal como vertical se encuentra en malas condiciones, no cumplen con la norma RTE INEN 004 y están deterioradas.

A fin de obtener un buen nivel de servicio de la vía, se recomienda tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Mantener todas las señales con una adecuada visibilidad por parte del usuario de la vía.
- b) Mantener siempre limpias las señales de tráfico, para que sean legibles.
- c) Realizar el reemplazo de señales deterioradas por causa de accidentes o vandalismo.
- d) Mantener los niveles de retroreflectividad recomendados por la norma INEN para señalización vertical y horizontal.
- e) Realizar mantenimiento de la señalética periódicamente

Capítulo IV Evaluación de suelos y estudio de tráfico

Exploraciones geotécnicas

Uno de los factores fundamentales en el diseño estructural del pavimento es la respuesta del suelo de subrasante frente a las cargas de tránsito que deberá soportar. Siendo relevante que la calidad de la subrasante tiene una influencia directa y significativa en los espesores requeridos para las capas del pavimento (Monsalve, Giraldo, & Maya, 2012).

La presente investigación contempló una campaña de exploración geotécnica realizada sobre la estructura del pavimento existente teniendo por objetivo el análisis del suelo en la zona de estudio para determinar así los espesores y las propiedades físicas de los diferentes materiales que componen la estructura en estudio.

La campaña de exploración geotécnica consistió en la ejecución de tres calicatas de forma alternada en las áreas de mayor afectación de la Avenida Jorge Fernández y tres ensayos de penetrómetro dinámico de cono DCP, esto con la finalidad de determinar la capacidad mecánica del suelo para resistir los esfuerzos impuestos por el tránsito a lo largo de la vida útil de la estructura.

A partir de las calicatas ejecutadas, se recolectaron muestras del suelo de la subrasante, con el objetivo de determinar sus características físico-mecánicas.

Estos datos son fundamentales para el diseño de la estructura definitiva del pavimento, la cual se proyecta para alcanzar una vida útil de 20 años soportando el tráfico previsto durante este período de tiempo.

En la tabla N° 7 se presenta el número de ensayos de campo ejecutados, y en la tabla N° 8, la ubicación de las calicatas realizadas.

Ensayos de campo	Norma	Cantidad
Calicata		3
Penetrómetro Dinámico de Cono DCP	ASTM D6951	3

Tabla 7 Resumen de ensayos de campo

Fuente: Elaboración propia

Calicata	Ubicación
Calicata #1	0+040
Calicata #2	1+000
Calicata #3	2+005.10

Tabla 8 Ubicación calicatas

Fuente: Elaboración propia

Perfil estratigráfico

A partir de la información extraída de la campaña de exploración geotécnica, se tiene que el perfil estratigráfico del suelo que soporta la vía existente presenta un material predominante que corresponde a un limo con arenas de baja plasticidad, como se muestra en el gráfico N°4.

PROFUNDIDAD (m)	CALICATA 1			CALICATA 2			CALICATA 3			DESCRIPCIÓN MANUAL-VISUAL DEL SUELO
	COTA DEL TERRENO	CLASIFICACIÓN DE SUELO	ESTRATO	COTA DEL TERRENO	CLASIFICACIÓN DE SUELO	ESTRATO	COTA DEL TERRENO	CLASIFICACIÓN DE SUELO	ESTRATO	
0,4	2847,89			2772,18			2681,11			Estrato de suelo con materia vegetal
1,0	2847,49	ML		2771,78	ML		2680,71	ML		limo con arena de baja plasticidad, color café claro, humedad media,
1,5	2846,99	ML		2771,28	ML		2680,21	ML		limo con arena de baja plasticidad, color café claro, humedad media,

Gráfico 4 Perfil estratigráfico

Fuente: Elaboración propia

Ensayos de laboratorio

Para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, se realizaron ensayos específicos utilizando muestras obtenidas in situ. Los ensayos realizados son los siguientes:

Límites de Consistencia: Para determinar los límites líquido y plástico del suelo.

Humedad Natural: Para medir el contenido de agua presente en el suelo en su estado natural.

CBR (California Bearing Ratio): Para evaluar la resistencia del suelo y su capacidad de soporte.

Proctor Modificado: Para determinar la relación óptima entre el contenido de humedad y la densidad del suelo compactado.

En la tabla N° 9, se presentan un resumen de la cantidad y normas utilizadas para los ensayos de laboratorio.

Ensayo	Norma	Cantidad
Clasificación de suelos	ASTM D2487	6
	ASTM D3282	
Proctor Modificado	ASTM D1557	3
CBR Laboratorio	ASTM D1883	3

Tabla 9 Resumen de ensayos de laboratorio

Fuente: Elaboración propia

En los gráficos N° 5 y 6 que se presentan a continuación, se exponen los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio, los cuales permitieron determinar las características de los diferentes tipos de suelo presentes en la vía.

Es importante resaltar que esta información es esencial para el diseño de la estructura de pavimento, ya que define el cumplimiento de las características mecánicas que deberá cumplir la estructura de pavimento para soportar las exigencias del tráfico al cual será sometido.

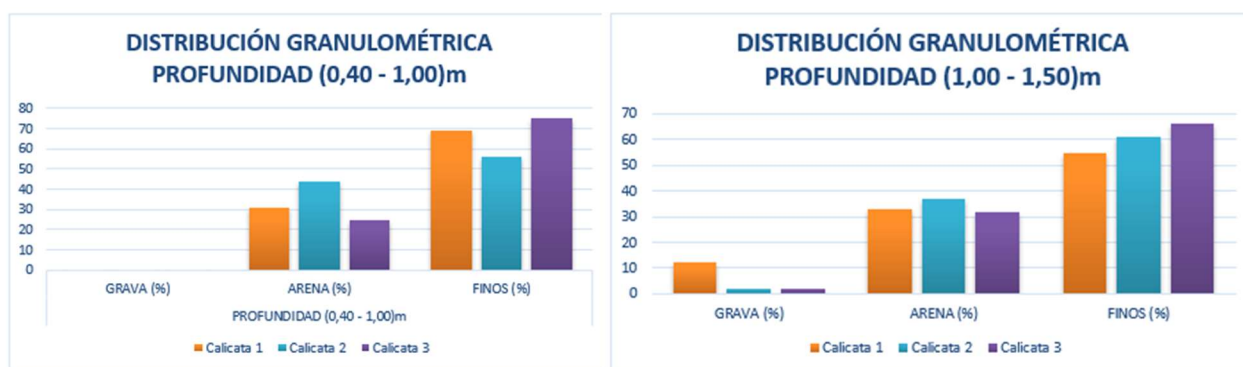


Gráfico 5 Distribución granulométrica de suelos de subrasante

Fuente: Elaboración propia

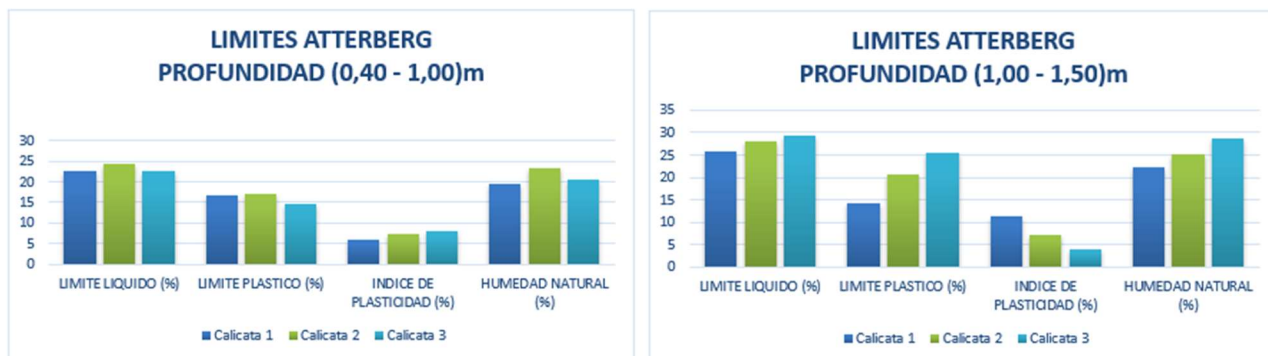


Gráfico 6 Límites de consistencia de suelos de subrasante

Fuente: Elaboración propia

Características de la subrasante

En los gráficos N° 7 y 8 se presenta la clasificación del suelo de la subrasante de acuerdo con los sistemas SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) y AASHTO (Asociación Americana de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte), respectivamente.

Como parte de la caracterización de la subrasante, los resultados de laboratorio indican que predominan los suelos limosos con arena de baja plasticidad, clasificados como ML/A-4.

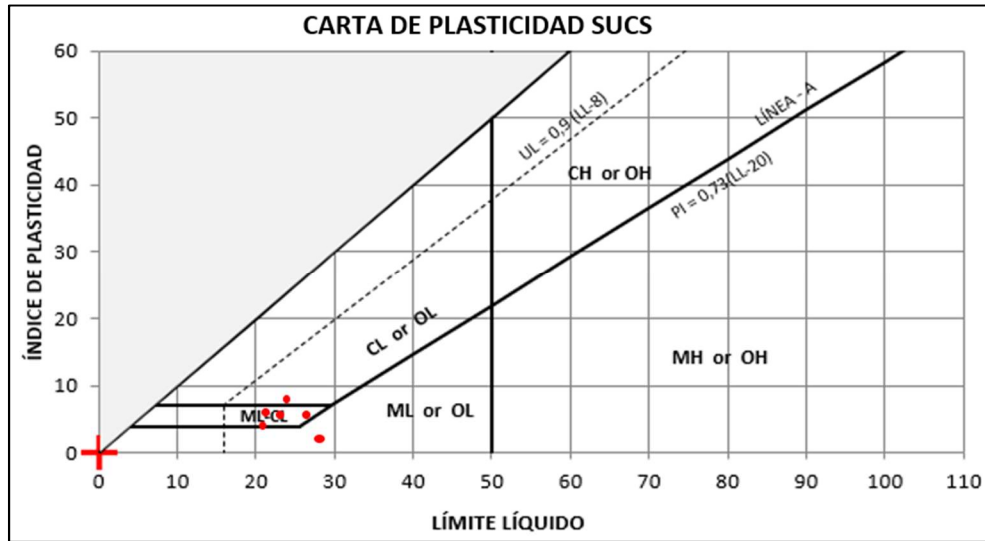


Gráfico 7 Carta de plasticidad SUCS

Fuente: Norma ASTM D 4318

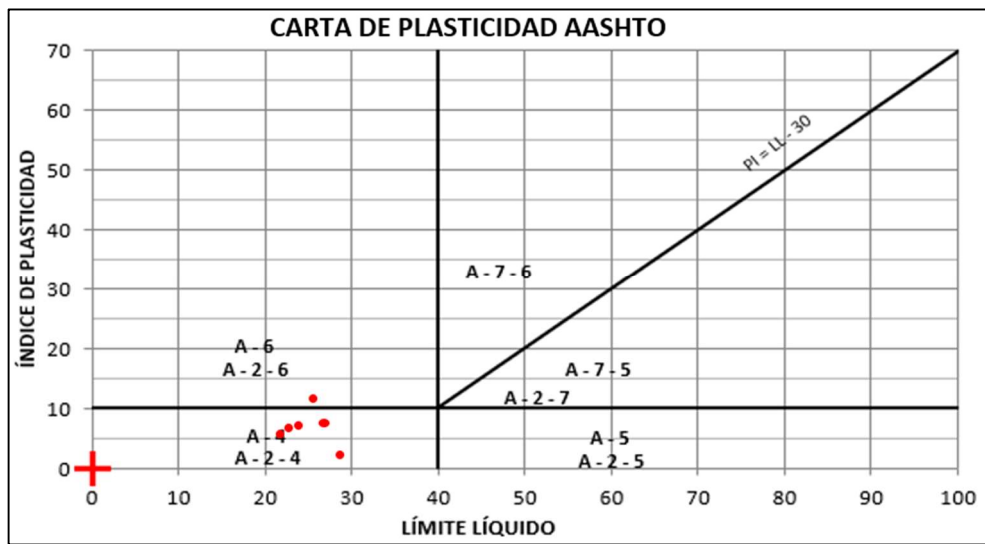


Gráfico 8 Carta de plasticidad AASHTO

Fuente: Norma ASTM D4318

Además, es importante determinar las condiciones de humedad de los suelos de subrasante, ya que estas influyen de manera directa en su comportamiento mecánico y en la eficiencia para su compactación.

Por ello, a continuación, se muestra un comparativo entre las humedades naturales del suelo y las humedades óptimas para la compactación, lo que permite establecer una mejor comprensión de las condiciones actuales del suelo y establecer así los parámetros que se deben cumplir en el diseño para efectos de soportar las cargas de tránsito previstas.

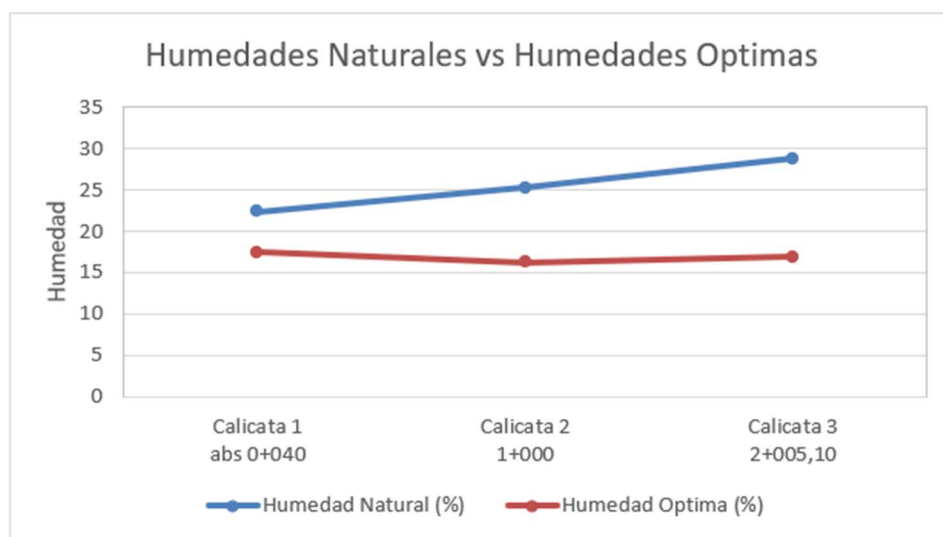


Gráfico 9 Comparativo de humedades en suelos de subrasante

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el gráfico N° 9, se puede observar que la humedad natural es superior a la humedad óptima por lo que es necesario implementar mejoramiento del suelo de la subrasante, que según las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MOP-001-F 2022⁸ se puede realizar mediante a través de "...estabilización con cal,

⁸ (MOP, 2002)

estabilización con material pétreo, membranas sintéticas, empalizada, o mezcla de materiales previamente seleccionados y aprobados por el Fiscalizador...”.

Características de la estructura de pavimento actual

Mediante el plan de exploraciones geotécnicas se pudo determinar con precisión los espesores de la estructura actual del pavimento y las propiedades físicas de los diferentes materiales que lo componen.

Durante la ejecución de las calicatas, se midió el espesor de la carpeta asfáltica, misma que es de 6.5 centímetros y se encuentra apoyada sobre capas granulares de un espesor de 34 centímetros como se observa en el gráfico N° 10.

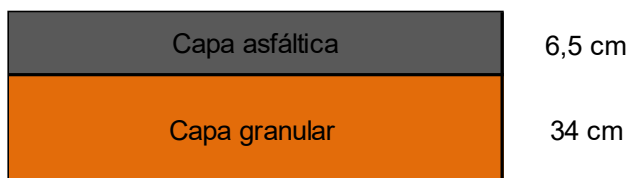


Gráfico 10 Estructura actual de pavimento flexible

Fuente: Elaboración propia

CBR de diseño

Respecto a la selección del CBR (California Bearing Ratio) de diseño, se ha adoptado por un enfoque riguroso y meticuloso, de conformidad con los valores mínimos obtenidos en las pruebas realizadas. Este método garantiza una base sólida y conservadora para el diseño, por

lo tanto, se asegura el cumplimiento de las especificaciones y los requerimientos mínimos establecidos dentro del rango normativo aplicable.

Los resultados de los ensayos de campo y laboratorio han sido interpretados bajo la premisa que se asegure que cada valor sea analizado en el contexto de sus implicaciones prácticas para el comportamiento del pavimento.

En la tabla N°10 se resumen los resultados de los ensayos CBR de laboratorio para las muestras tomadas en las tres calicatas realizadas:

Muestra	Abscisa	CBR (%)
Calicata 1	0+040	14.50
Calicata 2	1+000	12.50
Calicata 3	2+000	11.50

Tabla 10 Resultados CBR de laboratorio

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el CBR de diseño se optó por el valor más bajo que en este caso es 11.50; de acuerdo a este valor, y en función de las categorías de la subrasante descritas en el Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito del INVIAS⁹, en la imagen N° 8 se puede determinar que la subrasante es de categoría S4 con un CBR>10% y un comportamiento estructural muy bueno.

⁹ (INVIAS)

CATEGORÍA	CBR (%)	COMPORTAMIENTO COMO SUBRASANTE
S1	$CBR \leq 3$	Malo
S2	$3 < CBR \leq 5$	Regular
S3	$5 < CBR \leq 10$	Bueno
S4	$CBR > 10$	Muy Bueno

Imagen 8 Categorías de subrasante

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito del
INVIAS

El valor mínimo del CBR de diseño se asume del 10%, el cual garantiza que se proporcione un margen de confiabilidad ante las posibles variaciones de las condiciones reales del terreno, esta estrategia se implementa para certificar la durabilidad y el desempeño del pavimento a lo largo de su vida útil.

Estudio de tráfico

Hace parte fundamental del presente proyecto el estudio de tráfico, siendo este uno de los parámetros esenciales para el diseño estructural de un pavimento.

Este análisis implica la cuantificación de la demanda vehicular, expresada en términos del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA). Para obtener este dato, se realizaron conteos manuales en la zona de aferencia del proyecto, los cuales permitieron determinar la composición del tráfico vehicular directo y atraído en la zona y clasificado por la categoría de vehículos.

Además de la cuantificación actual, se han realizado proyecciones futuras basadas en las tasas de crecimiento establecidas en estudios previos, asegurando así que el diseño del pavimento sea el adecuado para la demanda futura.

Conteos manuales

Con el objetivo de distribuir y subdividir el TPDA según las diferentes categorías de vehículos que transitan por la vía, se realizaron aforos manuales clasificados. Estos conteos permitieron identificar las siguientes categorías vehiculares en el tramo de estudio:

- Motocicletas
- Vehículos Livianos
- Buses
- Camiones de 2 Ejes

Los conteos manuales se efectuaron los días lunes 10, martes 11, jueves 13 y viernes 14 de junio de 2024. La duración del conteo fue de 15 horas diarias, desde las 7:00 hasta las 22:00, cubriendo ambos sentidos de circulación.

Los resultados obtenidos de estos conteos se muestran a continuación en las tablas N° 11 y 12:

Calzada izquierda (UIDE – Av. Simón Bolívar)

FECHA	MOTOS	LIVIANOS	BUS 2E	CAMIÓN 2E	
10/6/2024	73,00	691,00	166,00	4,00	
11/6/2024	82,00	1181,00	166,00	26,00	
13/6/2024	79,00	747,00	234,00	3,00	
14/6/2024	65,00	720,00	202,00	1,00	Total
Total	299,00	3339,00	768,00	34,00	4440,00
%	7%	75%	17%	1%	100%

Tabla 11 Aforo calzada izquierda

Fuente: Elaboración propia

Calzada derecha (Av. Simón Bolívar - UIDE)

FECHA	MOTOS	LIVIANOS	BUS 2E	CAMIÓN 2E	
10/6/2024	73,00	640,00	122,00	6,00	
11/6/2024	54,00	1145,00	189,00	16,00	
13/6/2024	77,00	715,00	183,00	2,00	
14/6/2024	63,00	670,00	181,00	1,00	Total
Total	267,00	3170,00	675,00	25,00	4137,00
%	6%	77%	16%	1%	100%

Tabla 12 Aforo calzada izquierda

Fuente: Elaboración propia

Dado que para la vía en estudio se realizará un único diseño de pavimento para ambos sentidos de circulación, se tomará como valor referencial para el cálculo los 4,440 vehículos correspondientes a la calzada izquierda.

Determinación del tráfico promedio diario anual TPDA

El Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) se estima en base al Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDs), utilizando la siguiente expresión:

$$TPDs = \frac{\sum \text{Tráfico}}{\# \text{ días}} = \frac{4,440 \text{ vehículos}}{4 \text{ días}}$$

$$TPDs = 1,110 \text{ veh/día}$$

Esta metodología asegura que se tenga en cuenta la variabilidad del tráfico durante la semana, proporcionando una estimación precisa y representativa del tráfico anual.

$$TPDA = TPDs \pm A$$

Donde:

A = máxima diferencia entre el TPDA y el TPDs, define el Intervalo de confianza dentro del cual se encuentra el TPDA

$$A = K * E$$

Donde:

K= Desviación estándar de conteos, para nivel de confiabilidad del 90% el valor constante es de 1.64

E= Error estándar de la media

$$E = \sigma$$

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right)$$

Donde:

σ = Estimador de desviación estándar poblacional

S = Desviación estándar de la distribución de los volúmenes de tránsito diario o desviación estándar muestral

n = Tamaño de la muestra en número de días de aforo

N = Tamaño de la población en número de días del año

La desviación estándar muestral S se calcula con la siguiente expresión:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD_i - TPD_s)^2}{n - 1}}$$

Donde:

TD_i = Volúmen de tránsito del día i

$$S = \sqrt{\frac{(934 - 1,110)^2 + (1,455 - 1,110)^2 + (1,063 - 1,110)^2 + (988 - 1,110)^2}{4 - 1}}$$

$$S = 236$$

$$\sigma = \frac{236}{\sqrt{4}} \left(\sqrt{\frac{365 - 4}{365 - 1}} \right)$$

$$\sigma = 117.51$$

$$TPDA = TPDs \pm k * \sigma$$

$$TPDA = 1,110 + 1.64 * 117.51 = 1,302.72$$

$$TPDA = 1,110 - 1.64 * 117.51 = 917.28$$

$$917.28 \leq TPDA \leq 1,302.72$$

El TPDA calculado es de 1,302 vehículos

Composición del tráfico actual

La composición del tráfico luego del procesamiento de las mediciones manuales se muestra a continuación en la tabla N°13 y en el gráfico N°11:

TIPO DE VEHÍCULO	2024	COMPOSICIÓN %	
Motos	88	6,8%	82,0%
Livianos	979	75,2%	
Bus	225	17,3%	17,3%
CAM 2E	10	0,8%	0,8%
TPDA	1302	100%	100%

Tabla 13 Composición del tráfico actual

Fuente: Elaboración propia

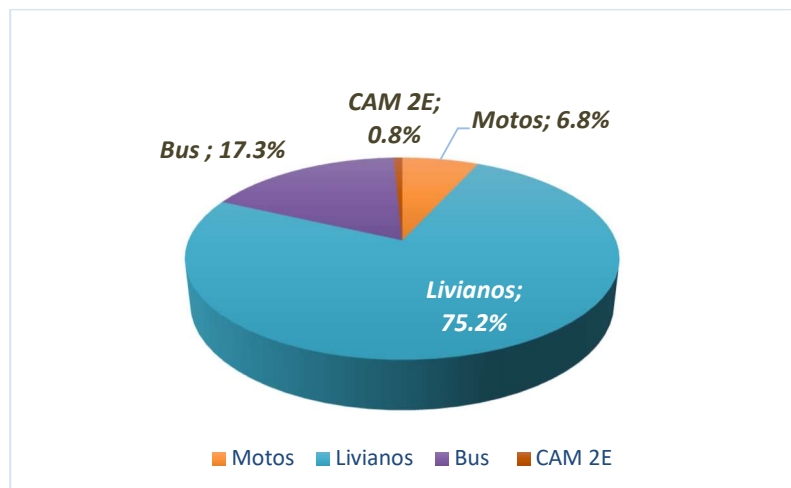


Gráfico 11 Composición del tráfico actual

Fuente: Elaboración propia

Determinación del tráfico asignado

Para cuantificar de forma adecuada el tráfico futuro, es fundamental considerar el tráfico asignado. Este se calcula tomando en cuenta el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), el Tránsito Generado (Tg) y el Tráfico desarrollado (Td), utilizando las siguientes expresiones:

Tránsito generado (Tg):

$$Tg = 25\% \text{ TPDA}$$

$$Tg = 0.25 * 1302 \text{ vehículos}$$

$$Tg = 326 \text{ vehículos}$$

Tránsito desarrollado (Td):

$$Td = 5\% \text{ TPDA}$$

$$T_d = 0.05 * 1302 \text{ veh\u00edculos}$$

$$T_d = 65 \text{ veh\u00edculos}$$

Tr\u00e1nsito asignado:

$$\text{Tr\u00e1fico asignado} = \text{TPDA} + T_g + T_d$$

$$\text{Tr\u00e1fico asignado} = 1302 \text{ veh} + 326 \text{ veh} + 65 \text{ veh}$$

$$\text{Tr\u00e1fico asignado} = 1693 \text{ veh\u00edculos}$$

La cuantificaci\u00f3n del tr\u00e1fico asignado asegura que se tenga en cuenta no solo el tr\u00e1fico actual, sino tambi\u00e9n las variaciones y aumentos esperados debido al tr\u00e1nsito generado y atra\u00eddo. Lo anterior, es fundamental para dise\u00f1ar un pavimento que sea capaz de soportar el incremento en la demanda vehicular en el futuro, con el fin de garantizar su durabilidad y funcionalidad a lo largo de su vida \u00fatil.

La composici\u00f3n del tr\u00e1fico asignado se detalla en la tabla N\u00b0 14.

TIPO DE VEH\u00cdCULO	2024	COMPOSICI\u00d3N %	
Motos	114	6.7%	81.9%
Livianos	1273	75.2%	
Bus	293	17.3%	17.3%
CAM 2E	13	0.8%	0.8%
TPDA	1693	100%	100%

Tabla 14 Composici\u00f3n del tr\u00e1fico asignado

Fuente: Elaboraci\u00f3n propia

Determinación del tráfico futuro

Una vez obtenido el número de vehículos del tráfico asignado, se procede a calcular el tráfico futuro en función de la tasa de crecimiento del parque automotor. Para determinar la tasa de crecimiento del tráfico de vehículos livianos, se consideró el número de vehículos matriculados en la ciudad de Quito en los últimos cinco años (gráfico N°12).

Tomando como base estos datos, se proyectó una tasa de crecimiento adecuada que permite estimar el tráfico futuro para el año 2044, dado que el diseño del pavimento se realizará para un período de vida útil de 20 años.

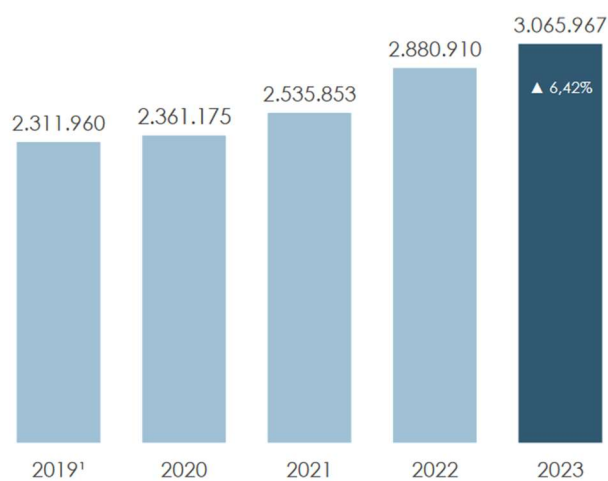


Gráfico 12 Número de vehículos matriculados en Quito

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC

A continuación, en la tabla N° 15 se presenta el cálculo de la tasa de crecimiento anual promedio de vehículos livianos a partir de estos datos.

Año	2019	2020	2021	2022	2023
# Vehículos	2,311,960	2,361,175	2,535,853	2,880,910	3,065,967
tasa de crecimiento		2%	7%	14%	6,4%
Promedio			7,39%		

Tabla 15 Tasa de crecimiento promedio vehículos livianos

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la tasa de crecimiento del tráfico de buses y camiones, se consideró únicamente los vehículos que ingresan a la Universidad, por lo tanto, se tiene que su tasa será relativamente baja. En función del crecimiento estudiantil proyectado para los próximos años, adoptamos una tasa de crecimiento del 1.50% anual.

Cálculo del número de ejes equivalentes ESAL

Con la información de tránsito obtenida, se determinó el número acumulado de ejes equivalentes (ESAL, por sus siglas en inglés: Equivalent Single Axle Load) para el carril de diseño para un período de 20 años, este cálculo se aplica tanto para pavimentos flexibles como para pavimentos rígidos.

El número acumulado de ejes equivalentes ESAL es una forma de expresar el daño causado al pavimento por un eje en términos de un eje simple estándar de 8.2 Ton.

En la tabla N° 16 se detalla el cálculo de los factores de daño para los tipos de vehículos presentes en la vía de acceso a la UIDE; factores con los que se calculó el ESAL y se detallan en la tabla N° 17.

TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		FACTOR DAÑO
	Tons	(P/6.6)^4	tons	(P/8.2)^4	
LIVIANOS	0.6	0.00007			0.00014
	0.6	0.00007			
BUS	4	0.13	9	1.45	1.59
2DA	3	0.043	7	0.53	0.574

Tabla 16 Factores de daño

Fuente: Elaboración propia

CÁLCULO DEL NUMERO DE EJES EQUIVALENTES

AÑO	% Crecimiento			TPDA TOTAL	TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL			W ₁₈ Acumulado	W ₁₈ Carril Diseño
	LIVIANOS	BUSES	CAMION LIVIANO		LIVIANOS	BUSES	2DA		
2024	7,39%	1,50%	1,50%	1.693	1.387	293	13	172.414,24	86.207,12
2025	7,39%	1,50%	1,50%	1.800	1489	297	13	347.418,76	173.709,38
2026	7,39%	1,50%	1,50%	1.915	1600	302	13	525.052,72	262.526,36
2027	7,39%	1,50%	1,50%	2.038	1718	306	14	705.355,89	352.677,95
2028	7,39%	1,50%	1,50%	2.170	1845	311	14	888.368,66	444.184,33
2029	7,39%	1,50%	1,50%	2.311	1981	316	14	1.074.132,03	537.066,02
2030	7,39%	1,50%	1,50%	2.462	2127	320	14	1.262.687,67	631.343,84
2031	7,39%	1,50%	1,50%	2.624	2285	325	14	1.454.077,90	727.038,95
2032	7,39%	1,50%	1,50%	2.798	2454	330	15	1.648.345,68	824.172,84
2033	7,39%	1,50%	1,50%	2.985	2635	335	15	1.845.534,69	922.767,35
2034	7,39%	1,50%	1,50%	3.185	2830	340	15	2.045.689,27	1.022.844,64
2035	7,39%	1,50%	1,50%	3.399	3039	345	15	2.248.854,48	1.124.427,24
2036	7,39%	1,50%	1,50%	3.629	3263	350	16	2.455.076,09	1.227.538,05
2037	7,39%	1,50%	1,50%	3.876	3504	356	16	2.664.400,61	1.332.200,31
2038	7,39%	1,50%	1,50%	4.140	3763	361	16	2.876.875,29	1.438.437,65
2039	7,39%	1,50%	1,50%	4.424	4041	366	16	3.092.548,14	1.546.274,07
2040	7,39%	1,50%	1,50%	4.728	4340	372	16	3.311.467,95	1.655.733,98
2041	7,39%	1,50%	1,50%	5.055	4661	377	17	3.533.684,31	1.766.842,15
2042	7,39%	1,50%	1,50%	5.405	5005	383	17	3.759.247,60	1.879.623,80
2043	7,39%	1,50%	1,50%	5.781	5375	389	17	3.988.209,03	1.994.104,52
2044	7,39%	1,50%	1,50%	6.184	5772	395	18	4.220.620,68	2.110.310,34

Tabla 17 Cálculo del número de ejes equivalentes

Fuente: Elaboración propia

Dado que el periodo de diseño es de 20 años, el número de ejes equivalentes ESAL de diseño para el año 2044 es de 2,110,310 toneladas.

Este valor se obtiene al convertir las diferentes cargas de los vehículos que transitan por la vía en términos de un eje simple estándar de 8.2 toneladas (18,000 libras). Para calcular el ESAL, se utilizan factores de equivalencia de carga que dependen del peso y tipo de eje del vehículo, aplicados a la fórmula: $ESAL = W * LEF$, donde W es el número de repeticiones de la carga y LEF es el factor de equivalencia o daño de carga.

Esta metodología permite cuantificar el daño acumulado al pavimento a lo largo de su período de diseño.

Capítulo V Diseño Estructura Pavimento Flexible

Metodología

Para efectos de calcular los espesores de la estructura de pavimento flexible de la vía en estudio se empleó la metodología AASHTO 1993. Esta metodología consiste en una ecuación en donde se obtiene un número estructural (SN), valor que indica la resistencia total requerida de la estructura de pavimento; y que se encuentra en función del tránsito, la confiabilidad de los datos y el CBR del suelo de apoyo, además de tener en cuenta otros factores mecánicos que influyen en este diseño.

La estructura de un pavimento flexible está conformada por las siguientes capas: carpeta asfáltica, base, subbase y subrasante, es importante resaltar que los esfuerzos que llegan a la capa de apoyo o subrasante no deben ser mayores a los admisibles, lo anterior con el objetivo de evitar cualquier tipo de deformación en la estructura.

Parámetros de diseño

A continuación, se enuncian los parámetros de diseños fundamentales para el diseño de la estructura de pavimento que se realiza bajo el marco de la presente investigación:

Período de análisis: concierne al período de vida útil para el cual se diseña la estructura del pavimento. De acuerdo con la tabla N° 18 correspondiente a la clasificación de la vía según la norma AASHTO 93, se asume un período de análisis es de 20 años.

Clasificación de la vía	Período de Análisis (Años)
Urbana de Alto Volumen de Tráfico	30 - 50
Rural de Alto Volumen de Tráfico	20 - 50
Pavimentada de Bajo Volumen de Tráfico	15 - 25
No Pavimentada de Bajo Volumen de Tráfico	10 - 20

Tabla 18 Período de análisis para diseño de pavimentos

Fuente: Guía AASHTO 1993

Carga de tráfico (ESAL): corresponde al número de repeticiones de la carga de un eje simple equivalente de 8.2 Ton que se espera que el pavimento soporte durante su vida útil. Para la presente investigación la carga de tráfico ESAL calculado en el Capítulo IV es de 2,110,310 toneladas.

Módulo de Resiliencia de la subrasante (MR): es la capacidad de soporte del suelo de la subrasante a las cargas aplicadas. Para la determinación del MR la norma AASHTO 93 permite estimarlo a partir de ciertos parámetros empíricos del suelo como el CBR (California Bearing Ratio).

Para suelos granulares como es el de la vía en estudio el MR se ha estimado con la siguiente fórmula:

$$MR = 1500 * CBR$$

Donde:

MR = Módulo resiliente en psi

CBR = California Bearing Ratio del suelo en porcentaje

De acuerdo con lo definido en el Capítulo IV, el CBR de diseño es de 10%, por lo tanto:

$$MR = 1500 * 10$$

$$MR = 15000 \text{ psi}$$

Índice de confiabilidad (R): hace referencia al valor recomendado por la guía AASHTO 93 para introducir el grado de certeza al procedimiento de diseño. Este coeficiente se utiliza para medir la confiabilidad de una escala de medición.

Clasificación funcional	Nivel de Confiabilidad Recomendado	
	Urbano	Rural
Interestatal y Otras Vías Libres	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias Principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Tabla 19 Índice de Confiabilidad

Fuente: Guía AASHTO 1993

De acuerdo con la tabla N° 19 se asume un índice de confiabilidad (R) de 90 al tratarse de una vía colectora urbana.

Índice de serviciabilidad (ΔPSI): este Índice tiene como propósito dar un valor de nivel de confort y seguridad con la que cuenta un pavimento con respecto al desplazamiento natural y normal de los vehículos. De acuerdo con la guía AASHTO 93 los índices para pavimentos flexibles son los siguientes:

Índice de serviciabilidad inicial $P_o = 4.2$

Índice de serviciabilidad final $P_t = 2.5$ o más para caminos muy importantes, ó, $P_t = 2.0$ para caminos de tránsito menor.

Para el diseño se emplea $P_o = 4.2$ y $P_t = 2.0$, obteniendo como resultado lo siguiente:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

Factor de desviación estándar normal (ZR): la guía AASHTO 93 indica en la tabla N° 20 los valores de desviación estándar normal correspondientes al nivel seleccionado de confiabilidad.

Confiabilidad R (%)	Desviación Estándar Normal, ZR
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Tabla 20 Factor de Desviación Estándar Normal

Fuente: Guía AASHTO 1993

El factor de ZR considerado para una confiabilidad del 90% es de -1.282

Factor de desviación estándar total (So): corresponde a la variabilidad en el desempeño del pavimento debido a incertidumbres en los materiales, construcción y condiciones de carga. Los rangos establecidos por la guía AASHTO 93 son los siguientes:

Para pavimentos flexibles: 0.40 – 0.50

En construcción nueva: 0.35 – 0.40

En sobre capas: 0.50

El factor de S_o considerado es de 0.45 por ser un pavimento flexible.

Cálculo del número estructural SN

El número estructural (SN) representa la resistencia del pavimento en función del espesor de las capas, los coeficientes estructurales de cada una de ellas y los coeficientes de drenaje.

El número estructural requerido se obtiene por medio de la calculadora AASHTO 1993, en la cual se ingresaron los parámetros de diseño descritos anteriormente como se indica en la imagen N° 9.

The image shows a software window titled "Ecuación AASHTO 93". It contains several input fields and buttons:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for "Pavimento flexible" (selected) and "Pavimento rígido".
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu set to "90 % Zr=-1.282" and a text box for "So" with the value "0.45".
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for "PSI inicial" (4.2) and "PSI final" (2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** Text box for "Mr" (15000 psi).
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for "Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)", "Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)", "Coeficiente de transmisión de carga - (J)", and "Coeficiente de drenaje - (Cd)".
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for "Calcular SN" (selected) and "Calcular W18". A text box shows "W18 = 2110310".
- Número Estructural:** A text box shows "SN = 2.92".
- Buttons:** "Calcular" and "Salir".

Imagen 9 Cálculo del SN requerido

Fuente: Ecuación AASHTO 93

En función de los parámetros de diseño se obtiene que el número estructural (SN) requerido para el diseño corresponde a $SN=2.92$.

Selección de los espesores de capa

Una vez calculado el número estructural SN es necesario determinar los espesores de cada una de las capas que conforman la estructura del pavimento, mismos que combinados proporcionarán la capacidad de carga correspondiente al SN de diseño.

De acuerdo con la ecuación descrita en la Guía AASHTO 93, a continuación, se realiza el cálculo de los espesores reales de la sub base, base y capa de rodadura asfáltica.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 = coeficientes de carga representativos de la superficie, base y subbase, respectivamente (AASHTO 93)

D_1, D_2, D_3 = espesores (pág) de la superficie, base y subbase, respectivamente

m_2, m_3 = coeficientes del drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente (AASHTO 93)

En la imagen N° 10 se detalla el cálculo de espesores en función a la ecuación indicada anteriormente:

CAPAS	Coeficiente		Espesor	Espesor	SN Diseño
	Estructural	Drenaje	(cm)	(pulg)	Parcial
Carpeta Asfáltica	0,46	1,00	7,5	2,95	1,36
Base Granular	0,14	1,00	15	5,91	0,83
Sub base Clase 3	0,14	0,90	15	5,91	0,74
Mejoramiento	0,09	0,90	3	1,18	0,10
				SN Diseño Total	3,03

SN Diseño Total	>	SN Requerido	
3,03	>	2,92	CUMPLE

Imagen 10 Cálculo de espesores estructura de pavimento

Fuente: Elaboración propia

Estructura de pavimento flexible

Según la metodología AASHTO los espesores de las capas de la estructura de pavimento flexible obtenidos para el diseño son los indicados en la imagen N° 11:

Carpeta Asfáltica	7,5	cm
Base Granular	15	cm
Sub base Clase 3	15	cm
Mejoramiento	3	cm
Total estructura pavimento	40,5	cm

Imagen 11 Estructura de pavimento flexible

Fuente: Elaboración propia

Capítulo VI Diseño Estructura Pavimento Rígido

Metodología

La metodología de la Portland Cement Association (PCA) tiene un enfoque práctico y fiable para el diseño de pavimentos rígidos. Es importante obtener datos exactos y aplicarlos de manera adecuada en las tablas y gráficos de la PCA para calcular el espesor óptimo del pavimento, que garantiza la durabilidad y rendimiento a lo largo del ciclo de vida.

En los ensayos realizados para la caracterización de suelos, se obtuvo un tipo de suelo ML en cada uno de los tramos. De acuerdo a la tabla N° 4, y considerando el valor más bajo de los CBR de laboratorio, se determinó el valor de CBR de diseño del 10 %. Posteriormente, siguiendo la línea del porcentaje seleccionado, se encontró el módulo de reacción de la subrasante (MPa/m) en el gráfico N° 13.

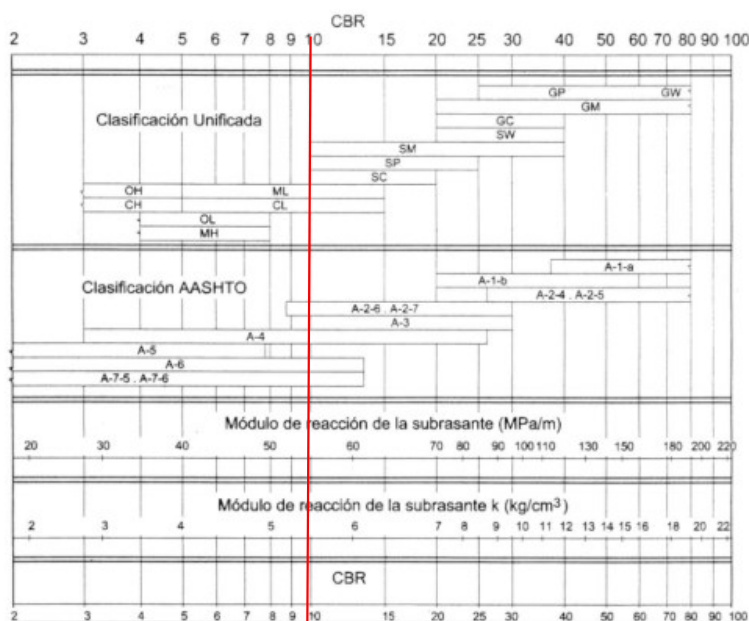


Gráfico 13 Módulo de la reacción de la subrasante

Fuente: Portland Cement Association

Correlación con el módulo de reacción:

$$k = 5.4 \frac{kg}{cm^3} = 54 \frac{Mpa}{m} = 197.15 PCI$$

En la tabla N° 21 se determinan los valores de k para la subbase granular:

Valor de K para la Subrasante		Valor de K para la subbase							
		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm	
Mpa/m	Kg/cm ³	Mpa/m	Kg/cm ³	Mpa/m	Kg/cm ³	Mpa/m	Kg/cm ³	Mpa/m	Kg/cm ³
20	2,02	23	2,35	26	2,65	35	3,24	38	3,87
40	4,07	45	4,57	49	4,98	57	5,81	66	6,78
60	6,09	64	6,5	66	6,78	76	7,75	90	9,13
80	8,16	87	8,86	90	9,13	100	10,24	117	11,9

Tabla 21 Efecto de la subbase granular sobre los valores de K.

Fuente: Portland Cement Association

En la tabla N° 22 se realiza la interpolación de los valores k para la subrasante (5,4 $\frac{kg}{cm^3}$), para encontrar el valor de k para la sub base de un espesor de 150 mm

X (k Subrasante)	Y (k Subbase150mm)
4,07	4,98
6,09	6,78
5,4	6,17

Tabla 22 Interpolación valor k de la subrasante

Fuente: Elaboración propia

El valor (k) para subbase luego de la interpolación realizada en la tabla N° 22 es:

$$k = 6.17 \frac{kg}{cm^3} = 61,7 \frac{Mpa}{m} = 225.21 PCI$$

El valor del ESAL que se determinó en la tabla N° 17 de este documento es de 2,110,310.00 toneladas.

Prediseño

Espesor de la losa: 8 pulgadas (20 cm)

$$f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2 = 3413,6 \text{ psi}$$

$$\text{Módulo de rotura: } Mr = \alpha \sqrt{f'c}$$

$$\text{Módulo de rotura: } Mr = 7,5\sqrt{f'c} \text{ (psi)}$$

$$Mr = 7,5\sqrt{3413,6 \text{ psi}}$$

$$Mr = 438,19 \text{ psi}$$

Determinación del factor de seguridad de carga

Cada carga por eje debe ser multiplicada por un factor de seguridad de carga LSF (Load safety factor) de acuerdo a las consideraciones mostradas en la tabla N° 23:

FACTORES DE SEGURIDAD PARA CARGAS	
Livianas	1
Medianas	1,1
Pesadas	1,2
Condiciones especiales	1,3

Tabla 23 Factores de seguridad para cargas.

Fuente: Portland Cement Association

Para el caso de estudio utilizamos el LFS=1.0 los vehículos característicos en nuestro estudio son vehículos livianos. Para nuestro diseño no utilizaremos bermas de concreto, pero si pasadores.

Los pasadores son varillas de transferencia de carga, cortas y lisas que se instalan en las juntas, lo que permite separarse y unirse a las losas entre sí, la función principal es absorber esfuerzos a cortante generados por las cargas de tránsito; estos pasadores deben ser ubicados a la mitad del espesor de la losa de acuerdo con el Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito¹⁰.

Esfuerzo equivalente

El esfuerzo equivalente se obtiene de la tabla N° 24, para encontrar el K para subbase en función del espesor de diseño 8 pulgadas o 20 cm.

Espesor de losas (pulg)	K Combinado (PCI)																				
	50			100			150			200			300			500			700		
	E S	E T	ET RI	E S	E T	ET RI	E S	E T	ET RI	E S	E T	ET RI	E S	E T	ET RI	E S	E T	ET RI	E S	E T	ET RI
4.0	82 5	67 9	510	72 6	58 5	456	67 1	54 2	437	63 4	51 6	428	58 4	49 6	419	52 3	45 7	414	48 4	44 3	412
4.5	69 9	58 6	439	61 6	50 0	380	57 1	46 0	359	54 0	43 5	349	49 8	40 6	339	48 8	37 8	331	41 7	36 3	328
5.0	60 2	51 6	387	53 1	43 6	328	49 3	39 9	305	46 7	37 6	293	43 2	34 9	282	39 0	32 1	272	36 3	30 7	269
5.5	52 8	46 1	347	46 4	38 7	290	43 1	36 3	266	40 9	33 1	253	37 9	30 5	240	34 3	27 8	230	32 0	26 4	226
6.0	46 5	41 6	315	41 1	34 8	261	38 2	31 6	237	36 2	29 6	223	33 6	27 1	209	30 4	24 6	198	28 5	23 2	193
6.5	41 7	38 0	289	36 7	31 7	238	34 1	28 6	214	31 4	26 7	201	30 0	24 4	186	27 3	22 0	173	25 6	20 7	168
7.0	37 5	39 3	267	33 1	29 0	219	30 7	26 2	196	29 2	24 4	183	27 2	22 2	167	24 6	19 9	154	23 1	18 6	148
7.5	34 0	32 3	247	30 0	26 8	203	27 9	24 1	181	26 5	22 4	168	24 6	20 3	153	22 4	18 1	139	21 0	16 9	132
8.0	31 1	30 0	230	27 4	24 9	189	25 5	22 3	168	24 2	20 8	158	22 5	18 3	141	20 5	16 7	126	19 2	15 5	120
8.5	28 5	38 2	215	25 2	23 2	117	23 4	20 8	158	22 2	19 3	145	20 6	17 4	131	18 8	15 4	116	17 7	14 3	109

¹⁰ (INVIAS, 2012)

9.0	26 4	26 4	200	23 2	21 8	166 6	21 5	19 5	148 6	20 1	18 1	136 0	19 3	16 3	122 4	17 4	14 4	108	11 6	13 3	101
9.5	24 5	24 8	187	21 5	20 5	127 0	20 0	18 3	140 0	19 0	17 0	129 6	17 3	15 3	115 1	16 4	13 4	101	15 1	12 4	93
10.0	22 8	23 5	174	20 0	19 3	148 6	18 6	17 3	132 3	17 7	16 0	122 4	16 4	14 4	108 0	15 6	12 6	95	14 1	11 7	110 .5
10.5	21 3	22 2	163	18 7	18 3	140 4	17 4	16 4	125 4	15 8	15 1	115 3	15 3	13 8	103 0	14 9	11 9	89	13 2	11 0	82
11.0	20 0	21 1	153	17 5	17 4	132 3	16 5	15 5	119 5	15 4	14 3	110 4	14 4	12 9	98 1	13 3	11 3	85	12 3	10 4	78
11.5	18 8	20 1	142	16 5	16 5	125 3	15 3	14 8	113 5	14 5	13 6	104 5	13 2	12 2	93 3	12 7	10 7	80	11 6	98 6	74
12.0	17 7	19 2	133	15 5	15 8	119 4	14 4	14 1	108 7	13 0	13 0	100 7	12 6	11 6	89 6	11 2	10 2	77	10 9	93 9	70
12.5	16 8	18 3	123	14 7	15 1	113 6	13 5	13 5	103 5	12 9	12 4	95 0	12 1	11 1	85 9	10 9	97 3	73	10 10	89 3	67

Tabla 24 Esfuerzo equivalente – sin berma de concreto.

Fuente: Portland Cement Association

En la tabla N° 25 se realiza la interpolación de los valores (k) combinado utilizando el valor (k) para subbase (225,21 PCI), en función del espesor de diseño 8 pulgadas o 20 cm.

X (k Combinado PCI)	Y(EJE SIMPLE)
200	242
300	225
225,21	237,71

Tabla 25 Interpolación valor k

Fuente: Elaboración propia

El valor para esfuerzos equivalentes en ejes simples es igual a **237,71** luego de la interpolación realizada en la tabla N° 25.

Factor de relación de esfuerzos:

El factor se determinó de acuerdo al valor obtenido para esfuerzos equivalentes sobre el valor de módulo de rotura.

$$F_{relación} = \frac{\text{Esfuerzos Equivalente}}{Mr}$$

$$F_{relación} = \frac{237,71 \text{ PCI}}{438,19 \text{ PSI}}$$

$$F_{relación} = 0,54 \text{ plg}$$

Determinación de los factores de erosión

Los factores de erosión para el diseño con pasadores y sin berma se obtienen a continuación en la tabla N° 26:

Espesor de losas (pulg)	K Subrasante (PCI)																	
	50			100			200			300			500			700		
	ES	TÁN	TRI	ES	TÁN	TRI	ES	TÁN	TRI	ES	TÁN	TRI	ES	TÁN	TRI	ES	TÁN	ETRI
4.0	3,74	3,83	3,89	3,73	3,79	3,82	3,72	3,75	3,75	3,71	3,73	3,7	3,7	3,7	3,61	3,68	3,67	3,53
4.5	3,59	3,7	3,78	3,57	3,65	3,69	3,56	3,61	3,62	3,55	3,58	3,57	3,54	3,55	3,5	3,52	3,53	3,44
5.0	3,45	3,58	3,68	3,43	3,52	3,58	3,42	3,48	3,5	3,41	3,45	3,46	3,4	3,42	3,4	3,38	3,4	3,34
5.5	3,33	3,47	3,59	3,31	3,41	3,49	3,29	3,36	3,4	3,28	3,33	3,36	3,27	3,3	3,3	3,26	3,28	3,25
6.0	3,22	3,38	3,51	3,19	3,31	3,4	3,18	3,26	3,31	3,17	3,23	3,26	3,15	3,2	3,21	3,14	3,17	3,16
6.5	3,11	3,29	3,44	3,09	3,22	3,33	3,07	3,16	3,23	3,06	3,13	3,18	3,05	3,1	3,12	3,03	3,07	3,08
7.0	3,02	3,21	3,37	2,99	3,14	3,26	2,97	3,08	3,16	2,96	3,05	3,1	2,95	3,01	3,04	2,94	2,98	3
7.5	7,93	3,14	3,31	2,91	3,06	3,7	2,88	3	3,09	7,87	7,97	3,03	7,86	7,93	7,97	7,84	7,9	7,93
8.0	2,85	3,07	3,26	2,82	2,99	3,14	2,8	2,93	3,03	2,79	2,89	2,97	2,77	2,85	2,9	2,76	2,82	2,86
8.5	2,77	3,01	3,2	2,74	2,93	3,09	2,72	2,86	2,97	2,71	2,82	2,91	2,69	2,78	2,84	2,68	2,75	2,79
9.0	2,7	2,96	3,15	2,67	2,87	3,04	2,65	2,8	2,92	2,63	2,76	2,86	2,62	2,71	2,78	2,61	2,68	2,73
9.5	2,63	2,9	3,11	2,6	2,81	2,99	2,58	2,74	2,87	2,56	2,7	2,81	2,55	2,65	2,73	2,54	2,62	2,68
10.0	2,56	2,85	3,06	2,54	2,76	2,94	2,51	2,68	2,83	2,5	2,64	2,7	2,48	2,59	2,08	2,47	2,56	2,03
10.5	2,5	2,81	3,02	2,47	2,71	2,9	2,45	2,63	2,78	2,44	2,59	2,72	2,42	2,54	2,64	2,41	2,51	2,58
11.0	2,44	2,76	2,98	2,42	2,67	2,86	2,39	2,58	2,74	2,39	2,54	2,68	2,36	2,49	2,59	2,35	2,45	2,54
11.5	2,38	2,72	2,94	2,36	2,62	2,82	2,33	2,54	2,7	2,32	2,49	2,64	2,3	2,44	2,55	2,29	2,4	2,5
12.0	2,33	2,68	2,91	2,3	2,58	2,79	2,28	2,49	2,67	2,26	2,44	2,6	2,25	2,39	2,51	2,23	2,36	2,46
12.5	2,28	2,64	2,87	2,25	2,54	2,75	2,23	2,45	2,63	2,21	2,4	2,56	2,19	2,35	2,48	2,18	2,31	2,42
13.0	2,23	2,61	2,84	2,2	2,5	2,72	2,18	2,41	2,6	2,16	2,36	2,53	2,14	2,3	2,44	2,13	2,27	2,39
13.5	2,18	2,57	2,81	2,15	2,47	2,68	2,13	2,37	2,56	2,11	2,32	2,49	2,09	2,26	2,41	2,08	2,23	2,35
14.0	2,13	2,54	2,78	2,11	2,43	2,65	2,08	2,34	2,53	2,07	2,29	2,46	2,05	2,23	2,38	2,03	2,19	2,32

Tabla 26 Factores de erosión con pasadores y sin berma

Fuente: Portland Cement Association

En la tabla N° 27 se realiza la interpolación de los valores (k) combinado utilizando el valor (k) para subbase (225,21 PCI), en función del espesor de diseño 8 pulgadas o 20 cm.

X (k Combinado PCI)	Y(EJE SIMPLE)
200	2,8
300	2,79
225,21	2,80

Tabla 27 Interpolación valor de k

Fuente: Elaboración propia

El valor factor de erosión es igual a **2,80** luego de la interpolación realizada en la tabla N° 27.

Para el cálculo del espesor del pavimento, en la tabla N° 28 se utilizó el eje simple estándar de 8.2 toneladas:

Carga por eje (Ton)	Carga por eje (KIPS)	Carga por eje (KIPS) * LSF	Reacciones esperadas (ESALs)	Análisis de fatiga		Análisis de erosión	
				Repeticiones esperadas	Porcentaje de fatiga	Repeticiones esperadas	Porcentaje por daño
8,5	18,74	18,74	2,110,310	100,000.00	21,10%	30,000,000.00	0,07 %

Tabla 28 Diseño de espesor de pavimento

Fuente: Elaboración propia

Análisis a la fatiga

Se determina en el gráfico N° 14 para proteger al pavimento contra las acciones de los esfuerzos producidos por acciones repetitivas de carga.

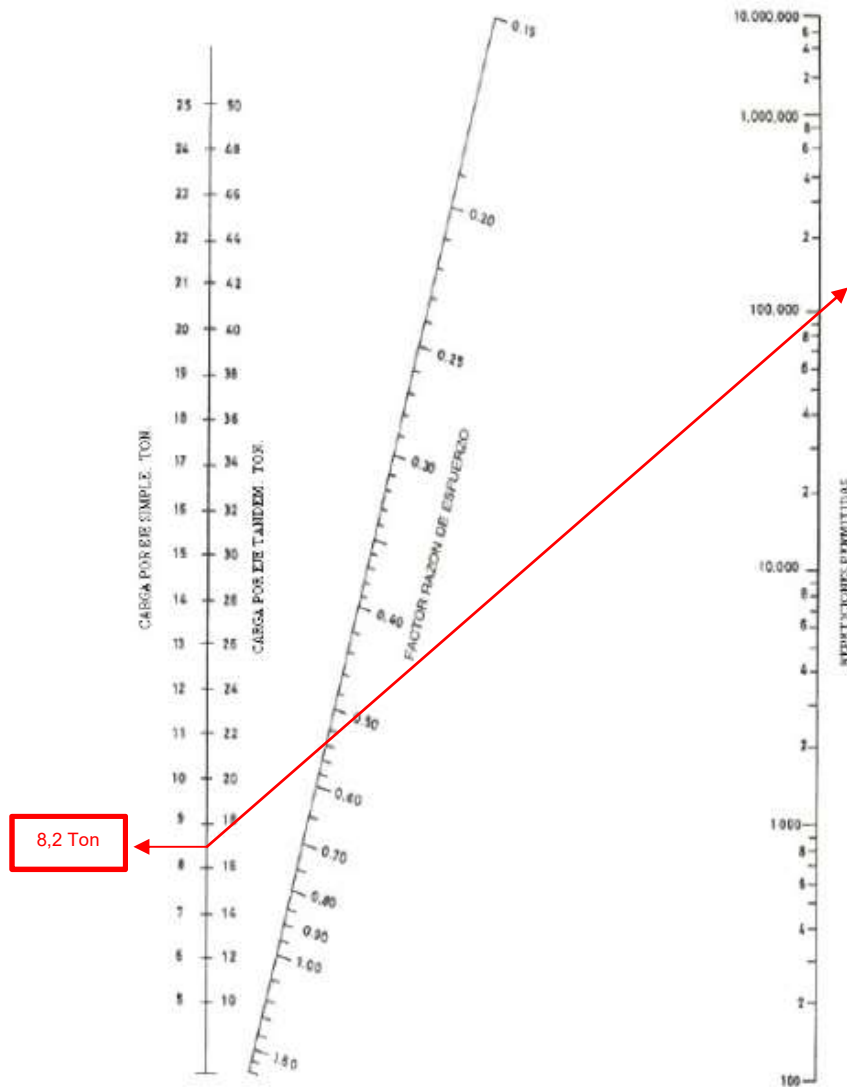


Gráfico 14 Análisis de fatiga. Repeticiones admisibles en función de la relación de esfuerzo en pavimentos con y sin berma de concreto

Fuente: Portland Cement Association

La línea cruza por el eje de repeticiones permitidas en el valor de 100,000.00 obteniendo así un porcentaje de fatiga del 21,10% en el centro, sin embargo, cumple la condición de no sobrepasar el 100%.

Análisis a la Erosión

Determina los efectos de la deflexión del pavimento en las esquinas de las losas

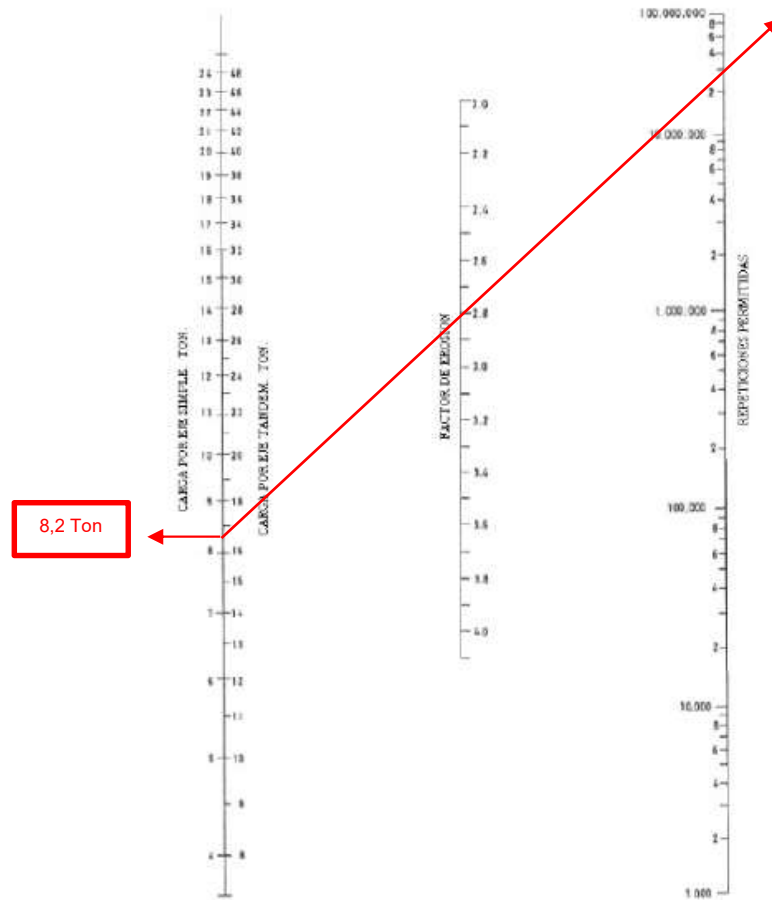


Gráfico 15 Análisis de erosión (repeticiones permitidas basadas en el factor de erosión con pasadores).

Fuente: Portland Cement Association

Como se observa en el gráfico N° 15 la línea cruza por el eje de repeticiones permisibles en el valor de 30,000,000.00 un porcentaje de daño del 0,07% en la esquina. Se puede concluir que el espesor de 8 pulgadas es correcto, no sobrepasa el 100% del porcentaje permitido.

Estructura de pavimento rígido

Según la metodología PCA los espesores de las capas de la estructura de pavimento rígido obtenidos para el diseño se indican en la imagen N° 12:

Losa de concreto	20	cm
Sub base Clase 3	15	cm
Mejoramiento	5,5	cm
Total estructura pavimento	40,5	cm

Imagen 12 Estructura de pavimento rígido

Fuente: Elaboración propia

Diseño de pasadores

Para el diseño de pasadores se empleó las tablas de Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito del INVIAS. Los pasadores son barras de acero lisas que se colocan en el h/2 del espesor de la losa.

El concreto alrededor de los pasadores debe tener la misma compactación que en el resto del pavimento, para evitar la creación de zonas en las cuales la resistencia a la tracción sea más baja y por ende se convierta en un área que se puede fisurar. (INVIAS, Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito, 2012)

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada		
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 - 200	25	1	350	300
210 - 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

Imagen 13 Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito del INVIAS¹¹

De acuerdo con la imagen N° 13 los pasadores a utilizarse con un espesor de losa de pavimento de 20 cm serán de ϕ de 25 mm con una longitud de 350 mm y separación entre centros de 300 mm.

Adicional, de acuerdo con el Manual de INVÍAS, como la Avenida Jorge Fernández tiene un ancho de 8,00 m, se debe construir una junta longitudinal por el centro.

¹¹ (INVIAS, 2012)

Capítulo VII Análisis teórico comparativo de los diseños de pavimentos rígido y flexible, basados en aproximaciones de investigaciones existentes

La elección del tipo de estructura de pavimento más adecuada para la vía de acceso a la Universidad Internacional del Ecuador se realizará con base a las variables de durabilidad, costo y mantenimiento. En la matriz multicriterio presentada a continuación se detallan los puntos comparables entre ambos tipos de estructura:

Variable	Pavimento rígido	Pavimento flexible
Materiales	Cemento Portland	Mezcla asfáltica
	Acero de refuerzo	Agregados finos y gruesos
	Agregados finos y gruesos	Ligante asfáltico
Proceso constructivo	Preparación de la subbase Nivelación y compactación	Preparación de la subbase Nivelación y compactación
	Colocación de encofrados y refuerzos	Aplicación de base y sub base
	Vertido y vibrado del concreto	Colocación de mezcla asfáltica
	Curado y sellado de juntas	Compactación
Rendimiento	Aproximadamente 0.5 a 1.0 km por día (González, Construcción de Pavimentos de Concreto, 2017)	Aproximadamente 1.5 a 2.0 km por día (Pérez, Manual de

	Menor rendimiento por tiempos de curado del hormigón y complejidad en la construcción	<p>Construcción de Pavimentos Asfálticos, 2016)</p> <p>Mayor rendimiento debido a la rapidez en la colocación y compactación del material</p> <p>Permite circulación de tráfico inmediato tras compactación</p>
Costo	<p>Construcción: Aproximadamente USD 600,000 a 1,000,000 por km (González, 2019)</p> <p>Mayor costo inicial por materiales y mano de obra especializada</p> <p>Mantenimiento: Menores a largo plazo, menores costos acumulativos</p>	<p>Construcción: Aproximadamente USD 400,000 a 600,000 por km (Pérez, 2018)</p> <p>Mantenimiento: Costos acumulativos por mantenimientos más frecuentes</p>
Mantenimiento	<p>Cada 10 a 15 años</p> <p>Sellado de juntas, reparación de grietas</p> <p>Las reparaciones pueden resultar complejas y costosas</p> <p>El cierre de vía para el mantenimiento es prolongado</p>	<p>Cada 3 a 5 años</p> <p>Bacheo, sellado de fisuras, recapeo</p> <p>Mantenimiento rutinario es esencial para extender la vida útil</p>

		Reparaciones rápidas y menos costosas
Durabilidad	Vida útil de 20 a 30 años	Vida útil de 10 a 15 años con un correcto mantenimiento
	Mayor resistencia al tráfico pesado y condiciones climáticas extremas	Mayor susceptibilidad a deformaciones y fisuras

Tabla 29 Análisis comparativo pavimento rígido vs pavimento flexible

Fuente: Elaboración propia

Se consideraron también presupuestos referenciales para cada alternativa, con montos de aproximadamente USD 320,000.00 para pavimento flexible y USD 645,000.00 Para pavimento rígido.

Luego del análisis comparativo de las dos alternativas de diseño de la estructura de pavimentos realizado en la tabla N° 29, se indica que la estructura de pavimento flexible sería la más óptima para las autoridades encargadas de la reconstrucción de la vía considerando el limitante económico y la facilidad constructiva, sin embargo, el pavimento rígido sería el más adecuado a largo plazo por la durabilidad y mantenimiento reducido.

Capítulo VIII Propuesta de mejoras para la infraestructura vial

Luego de realizada la inspección visual a la Avenida Jorge Fernández en el tramo de acceso a la Universidad Internacional del Ecuador, se plantean las siguientes propuestas de mejora para la infraestructura vial:

Diseño geométrico

Realizar un levantamiento topográfico a detalle con la finalidad de analizar un mejor trazado de la vía; considerar rectificación de curvas para optimizar los radios e incrementar la seguridad de los conductores, suavizar gradientes y utilizar una pendiente transversal adecuada que permita un mejor drenaje superficial.

En el tramo mencionado se identificó que existe una intersección con la Calle Hacienda María, misma que sirve de conexión para los conductores que transitan desde el sur de Quito y del Valle de los Chillos; esta intersección presenta deficientes características geométricas a pesar de tener un considerable volumen de tráfico, para esto, se propone rediseñarla con los radios óptimos de curvatura que garanticen la visualización del usuario en las entradas y salidas a la vía.

Pavimentos

La estructura actual del pavimento ha superado su vida útil, lo que incrementa el tiempo de viaje debido a las malas condiciones que no dotan al usuario de comodidad, confort y seguridad. Se plantea, por tanto, remover completamente la estructura del pavimento existente

y construir una nueva, sea de asfalto o de concreto, conforme a los diseños presentados en los capítulos V y VI del presente estudio.

Drenaje

Se evidenció que las obras de drenaje se encuentran en buenas condiciones y son las adecuadas para la vía, sin embargo, se recomienda realizar actividades de limpieza de cunetas y canales, para garantizar el escurrimiento del agua.

Señalización horizontal

Tras la reconstrucción del pavimento se torna necesario implementar señalización horizontal que asegure un adecuado nivel de servicio de la vía. Esta señalización incluye líneas de separación de carril de circulación, de continuidad, de borde de calzada, de pare y flechas que deben ser visibles, legibles, fáciles de entender y deben llamar la atención del conductor.

La señalización horizontal debe cumplir con los valores mínimos de retroreflexión que se señalan en la norma RTE INEN 004-2012.

Es importante mantener una buena limpieza de la vía para evitar que tierra o escombros cubran las señales, además se sugiere colocar tachas reflectivas debido a que se ha evidenciado que en las noches existe una importante presencia de neblina, la cual dificulta la visibilidad.

Señalización vertical

Se recomienda reemplazar en su totalidad la señalización vertical debido a que por falta de mantenimiento se encuentran en malas condiciones. La nueva señalética a colocar debe cumplir con las medidas y retroreflexión estipuladas en la norma RTE INEN 004-2012.

Estas señales deben estar bien aplomadas para una adecuada visibilidad por parte de los usuarios de la vía y empotradas en el suelo con hormigón de 180 kg/cm², con refuerzo en los extremos superior e inferior.

Es fundamental implementar un plan de mantenimiento para mantener las señales limpias y en buen estado.

Capítulo IX Conclusiones y Recomendaciones

A partir de la evaluación técnica realizada a la Av. Jorge Fernández, vía de acceso a la Universidad Internacional del Ecuador, la cual consistió en una inspección visual a la estructura de pavimento existente a través del índice de estado del pavimento de la norma ASTM 6433, se llegó a la conclusión que la carpeta de rodadura asfáltica está deteriorada por lo que se hace necesario reconstruirla, también se realizó los respectivos estudios geotécnicos como, clasificación de suelos de la norma ASTM D2487 - ASTM D3282, ensayo de Proctor modificado de la norma ASTM D1557, CBR de laboratorio de la norma ASTM D1883, se concluye que el suelo de la subrasante presenta buena capacidad admisible, conformada por limos con arenas de baja plasticidad, sin embargo, presenta alta humedad natural.

Se realizó el diseño de pavimento rígido obteniendo una estructura de 20 cm de losa de concreto, 15 cm de sub base clase 3 y 5.5 cm de mejoramiento.

Se realizó el diseño de una estructura de pavimento flexible, de este diseño se puede evidenciar que la estructura es de 7.5 cm de carpeta asfáltica, 15 cm de sub base clase 3, 15 cm de base clase 1 y 3 cm de mejoramiento.

La señalización de la vía se encuentra en malas condiciones, evidenciando que no cumple normativa RTE INEN 004-2012, la misma que deberá ser reemplazada una vez se realice la reconstrucción de la vía; esta señalética debe cumplir con la normativa indicada.

Respecto al drenaje de la vía concluimos que es el adecuado para evacuar las aguas de lluvia, sin embargo, es necesario realizar labores de mantenimiento en cunetas y canales.

Una vez se decida realizar el proyecto, se recomienda considerar primero una modificación al trazado de la vía, mejorando radios de curvatura y suavizando gradientes.

Se recomienda implementar planes de mantenimiento preventivo para la vía con el fin de maximizar su vida útil.

Para el proceso constructivo se recomienda incorporar prácticas sostenibles como el uso de materiales reciclados y técnicas que minimicen el impacto ambiental.

Con el análisis comparativo realizado a las dos alternativas de diseño de pavimentos, se concluye que la opción más factible es reconstruir la vía con pavimento flexible, considerando que el tipo de tráfico que circularía por la vía en su mayoría es liviano, los costos de construcción son más bajos y el tiempo para la reconstrucción es menor.

Bibliografía

- (INAMHI), I. N. (2023). *Datos Climáticos de la Región Andina*.
- AASHTO, A. A. (1993). *Guide for Design of Pavement Structures*.
- Association, P. P. (1984). *Concrete Pavement Design Manual*.
- ASTM, A. I.-0. (s.f.). Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys.
- Das, B. (2006). *Principles of Geotechnical Engineering*. Cengage Learning.
- Ecuador, U. C. (2019). *Caracterización de Suelos Volcánicos en el Área Metropolitana de Quito*. Quito.
- FHWA. (2016). *Traffic Monitoring Guide*.
- González, M. (2017). *Construcción de Pavimentos de Concreto*.
- González, M. (2019). *Costos y presupuestos para Pavimentos de Concreto* .
- Huang, Y. (2014). *Pavement Analysis and Design*. Pearson Education.
- INEN, I. E. (2012). *Señalización Vial*.
- Institute, A. (2001). *Asphalt pavement design guide*.
- Institute, A. (2009). *MS-16 Asphalt in Pavement Preservation and Maintenance*.
- Institute, A. (2017). *Asphalt Overlays for Highway and Street Rehabilitation. Manual Series No. 17 (MS-17), Asphalt Institute*.

- Institute, A. (2018). *Slurry Seal for Maintenance of Asphalt Pavements. Manual Series No. 21 (MS-21), Asphalt Institute.*
- Instituto Nacional de Vías del Ecuador. (2020). *Manual de Reciclaje de Pavimentos para el Distrito Metropolitano de Quito.* Quito.
- International, A. (2001). *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys.* ASTM D6433-11.
- INVIAS, I. N. (2012). *Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito.*
- INVIAS, I. N. (s.f.). *Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito.*
- Ministerio de Transporte y Comunicación del Perú. (2013). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial.*
- Monsalve, L., Giraldo, L., & Maya, J. (2012). *Diseño de pavimento flexible y rígido.*
- MOP, M. d. (2002). *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MOP-001-F 2002.*
- Pérez, J. (2016). *Manual de Construcción de Pavimentos Asfálticos.*
- Pérez, J. (2018). *Análisis de costos en Pavimentos Asfálticos.*
- Portland Cement Association, P. (1984). *Concrete Pavement Design Manual.*
- Smith, J., & Jonson, R. (2021). *A Sustainable Solution for Pavement Rehabilitation.*

Anexo 1

Levantamiento de fallas para cálculo del PCI



INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO

ZONA Calzada derecha	ABSCISA INICIAL 0+000	ABSCISA FINAL 0+100	UNIDAD DE MUESTREO
VALOR PCI CALCULADO 6 FALLADO	INSPECCIONADO POR María Inés Cabezas		AREA DE MUESTRE (m2) 400
			FECHA 12/5/2024

ESQUEMA



N°	DAÑO	N°	DAÑO
1	PIEL DE COCODRILO	11	PARCHEO
2	EXUDACIÓN	12	PULIMIENTO DE AGREGADOS
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	13	HUECOS
4	ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	14	CRUCE DE VIA FERREA
5	CORRUGACION	15	AHUELLAMIENTO
6	DEPRESION	16	DESPLAZAMIENTO
7	GRIETA DE BORDE	17	GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)
8	GRIETA DE FLEXION EN JUNTA	18	HINCHAMIENTO
9	DESNIVEL CARRIL/BERMA	19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS
10	GRIETAS LONG Y TRANSVERVERSAL		

CALIFICACIÓN DE SEVERIDAD		
BAJA	LOW	L
MEDIA	MEDIUM	M
ALTA	HIGH	H

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR REDUCIDO
1	M	80	80	74						234.00	59%	79
11	L	4.4								4.40	1%	4
3	M	80								80.00	20%	30



INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO

ZONA Calzada derecha	ABSCISA INICIAL 0+200	ABSCISA FINAL 0+300	UNIDAD DE MUESTREO
VALOR PCI CALCULADO 6 FALLADO	INSPECCIONADO POR María Inés Cabezas		AREA DE MUESTRE (m2) 400
			FECHA 12/5/2024

ESQUEMA



N°	DAÑO	N°	DAÑO
1	PIEL DE COCODRILO	11	PARCHEO
2	EXUDACIÓN	12	PULIMIENTO DE AGREGADOS
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	13	HUECOS
4	ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	14	CRUCE DE VIA FERREA
5	CORRUGACION	15	AHUELLAMIENTO
6	DEPRESION	16	DESPLAZAMIENTO
7	GRIETA DE BORDE	17	GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)
8	GRIETA DE FLEXION EN JUNTA	18	HINCHAMIENTO
9	DESNIVEL CARRIL/BERMA	19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS
10	GRIETAS LONG Y TRANSVERVERSAL		

CALIFICACIÓN DE SEVERIDAD		
BAJA	LOW	L
MEDIA	MEDIUM	M
ALTA	HIGH	H

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR REDUCIDO
1	H	80	40							120.00	30%	89
11	L	7.2								7.20	2%	6
13	L	0.7								0.70	0%	2



INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO

ZONA Calzada derecha	ABSCISA INICIAL 0+300	ABSCISA FINAL 0+400	UNIDAD DE MUESTREO
VALOR PCI CALCULADO 23 MUY MALO	INSPECCIONADO POR María Inés Cabezas		AREA DE MUESTRE (m2) 400
			FECHA 12/5/2024

ESQUEMA



N° DAÑO	N° DAÑO
1 PIEL DE COCODRILO	11 PARCHEO
2 EXUDACIÓN	12 PULIMIENTO DE AGREGADOS
3 AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	13 HUECOS
4 ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	14 CRUCE DE VIA FERREA
5 CORRUGACION	15 AHUELLAMIENTO
6 DEPRESION	16 DESPLAZAMIENTO
7 GRIETA DE BORDE	17 GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)
8 GRIETA DE FLEXION EN JUNTA	18 HINCHAMIENTO
9 DESNIVEL CARRIL/BERMA	19 DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS
10 GRIETAS LONG Y TRANSVERVERSAL	

CALIFICACIÓN DE SEVERIDAD		
BAJA	LOW	L
MEDIA	MEDIUM	M
ALTA	HIGH	H

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR REDUCIDO
11	L	11.25								11.25	3%	6
3	L	80	80							160.00	40%	26
1	M	72	14	10	46					142.00	36%	73



INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO

ZONA Calzada derecha	ABSCISA INICIAL 0+400	ABSCISA FINAL 0+500	UNIDAD DE MUESTREO
VALOR PCI CALCULADO 23 MUY MALO	INSPECCIONADO POR María Inés Cabezas		AREA DE MUESTRE (m2) 400
			FECHA 12/5/2024

ESQUEMA



N°	DAÑO	N°	DAÑO
1	PIEL DE COCODRILO	11	PARCHEO
2	EXUDACIÓN	12	PULIMIENTO DE AGREGADOS
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	13	HUECOS
4	ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	14	CRUCE DE VIA FERREA
5	CORRUGACION	15	AHUELLAMIENTO
6	DEPRESION	16	DESPLAZAMIENTO
7	GRIETA DE BORDE	17	GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)
8	GRIETA DE FLEXION EN JUNTA	18	HINCHAMIENTO
9	DESNIVEL CARRIL/BERMA	19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS
10	GRIETAS LONG Y TRANSVERVERSAL		

CALIFICACIÓN DE SEVERIDAD		
BAJA	LOW	L
MEDIA	MEDIUM	M
ALTA	HIGH	H

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR REDUCIDO
10	M	20	20	20						60.00	15%	22
11	L	1								1.00	0%	3
1	M	26	64	16	16					122.00	31%	71



INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO

ZONA Calzada derecha	ABSCISA INICIAL 0+500	ABSCISA FINAL 0+600	UNIDAD DE MUESTREO
VALOR PCI CALCULADO 22 MUY MALO	INSPECCIONADO POR María Inés Cabezas		AREA DE MUESTRE (m2) 400
			FECHA 12/5/2024

ESQUEMA



N°	DAÑO	N°	DAÑO
1	PIEL DE COCODRILO	11	PARCHEO
2	EXUDACIÓN	12	PULIMIENTO DE AGREGADOS
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	13	HUECOS
4	ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	14	CRUCE DE VIA FERREA
5	CORRUGACION	15	AHUELLAMIENTO
6	DEPRESION	16	DESPLAZAMIENTO
7	GRIETA DE BORDE	17	GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)
8	GRIETA DE FLEXION EN JUNTA	18	HINCHAMIENTO
9	DESNIVEL CARRIL/BERMA	19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS
10	GRIETAS LONG Y TRANSVERVERSAL		

CALIFICACIÓN DE SEVERIDAD		
BAJA	LOW	L
MEDIA	MEDIUM	M
ALTA	HIGH	H

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR REDUCIDO
13	L	0.6								0.60	0%	3
1	M	10.8	64	80						154.80	39%	74
10	L	30								30.00	8%	14



INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO

ZONA Calzada derecha	ABSCISA INICIAL 0+600	ABSCISA FINAL 0+700	UNIDAD DE MUESTREO
VALOR PCI CALCULADO 25 MUY MALO	INSPECCIONADO POR María Inés Cabezas		AREA DE MUESTRE (m2) 400
			FECHA 12/5/2024

ESQUEMA



N° DAÑO	N° DAÑO
1 PIEL DE COCODRILO	11 PARCHEO
2 EXUDACIÓN	12 PULIMIENTO DE AGREGADOS
3 AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	13 HUECOS
4 ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	14 CRUCE DE VIA FERREA
5 CORRUGACION	15 AHUELLAMIENTO
6 DEPRESION	16 DESPLAZAMIENTO
7 GRIETA DE BORDE	17 GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)
8 GRIETA DE FLEXION EN JUNTA	18 HINCHAMIENTO
9 DESNIVEL CARRIL/BERMA	19 DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS
10 GRIETAS LONG Y TRANSVERVERSAL	

CALIFICACIÓN DE SEVERIDAD		
BAJA	LOW	L
MEDIA	MEDIUM	M
ALTA	HIGH	H

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR REDUCIDO
3	H	24	60	54	68					206.00	52%	70
11	L	0.8								0.80	0%	3
1	L	14								14.00	4%	32



INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO

ZONA Calzada derecha	ABSCISA INICIAL 0+800	ABSCISA FINAL 0+900	UNIDAD DE MUESTREO
VALOR PCI CALCULADO 16 MUY MALO	INSPECCIONADO POR María Inés Cabezas		AREA DE MUESTRE (m2) 400
			FECHA 12/5/2024

ESQUEMA



N° DAÑO	N° DAÑO
1 PIEL DE COCODRILO	11 PARCHEO
2 EXUDACIÓN	12 PULIMIENTO DE AGREGADOS
3 AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	13 HUECOS
4 ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	14 CRUCE DE VIA FERREA
5 CORRUGACION	15 AHUELLAMIENTO
6 DEPRESION	16 DESPLAZAMIENTO
7 GRIETA DE BORDE	17 GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)
8 GRIETA DE FLEXION EN JUNTA	18 HINCHAMIENTO
9 DESNIVEL CARRIL/BERMA	19 DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS
10 GRIETAS LONG Y TRANSVERVERSAL	

CALIFICACIÓN DE SEVERIDAD		
BAJA	LOW	L
MEDIA	MEDIUM	M
ALTA	HIGH	H

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR REDUCIDO
1	M	60	62	80	40					242.00	61%	80
13	L	1.2	0.6							1.80	0%	2
11	L	0.12	0.45	0.21	64					64.78	16%	19

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO

ZONA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	UNIDAD DE MUESTREO
Calzada derecha	1+300	1+400	
VALOR PCI CALCULADO	INSPECCIONADO POR		AREA DE MUESTRE (m2)
19 MUY MALO	María Inés Cabezas		400
			FECHA
			12/5/2024

ESQUEMA



<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>N°</td><td>DAÑO</td></tr> <tr><td>1</td><td>PIEL DE COCODRILO</td></tr> <tr><td>2</td><td>EXUDACIÓN</td></tr> <tr><td>3</td><td>AGRIETAMIENTO EN BLOQUE</td></tr> <tr><td>4</td><td>ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO</td></tr> <tr><td>5</td><td>CORRUGACION</td></tr> <tr><td>6</td><td>DEPRESION</td></tr> <tr><td>7</td><td>GRIETA DE BORDE</td></tr> <tr><td>8</td><td>GRIETA DE FLEXION EN JUNTA</td></tr> <tr><td>9</td><td>DESNIVEL CARRIL/BERMA</td></tr> <tr><td>10</td><td>GRIETAS LONG Y TRANSVERVERSAL</td></tr> </table>	N°	DAÑO	1	PIEL DE COCODRILO	2	EXUDACIÓN	3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	4	ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	5	CORRUGACION	6	DEPRESION	7	GRIETA DE BORDE	8	GRIETA DE FLEXION EN JUNTA	9	DESNIVEL CARRIL/BERMA	10	GRIETAS LONG Y TRANSVERVERSAL	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>N°</td><td>DAÑO</td></tr> <tr><td>11</td><td>PARCHEO</td></tr> <tr><td>12</td><td>PULIMIENTO DE AGREGADOS</td></tr> <tr><td>13</td><td>HUECOS</td></tr> <tr><td>14</td><td>CRUCE DE VIA FERREA</td></tr> <tr><td>15</td><td>AHUELLAMIENTO</td></tr> <tr><td>16</td><td>DESPLAZAMIENTO</td></tr> <tr><td>17</td><td>GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)</td></tr> <tr><td>18</td><td>HINCHAMIENTO</td></tr> <tr><td>19</td><td>DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS</td></tr> </table>	N°	DAÑO	11	PARCHEO	12	PULIMIENTO DE AGREGADOS	13	HUECOS	14	CRUCE DE VIA FERREA	15	AHUELLAMIENTO	16	DESPLAZAMIENTO	17	GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)	18	HINCHAMIENTO	19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS
N°	DAÑO																																										
1	PIEL DE COCODRILO																																										
2	EXUDACIÓN																																										
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE																																										
4	ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO																																										
5	CORRUGACION																																										
6	DEPRESION																																										
7	GRIETA DE BORDE																																										
8	GRIETA DE FLEXION EN JUNTA																																										
9	DESNIVEL CARRIL/BERMA																																										
10	GRIETAS LONG Y TRANSVERVERSAL																																										
N°	DAÑO																																										
11	PARCHEO																																										
12	PULIMIENTO DE AGREGADOS																																										
13	HUECOS																																										
14	CRUCE DE VIA FERREA																																										
15	AHUELLAMIENTO																																										
16	DESPLAZAMIENTO																																										
17	GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)																																										
18	HINCHAMIENTO																																										
19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS																																										

CALIFICACIÓN DE SEVERIDAD		
BAJA	LOW	L
MEDIA	MEDIUM	M
ALTA	HIGH	H

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR REDUCIDO
1	H	36	24							60.00	15%	77
13	H	2	0.6	0.075	1.4					4.08	1%	19
11	M	0.64	0.96							1.60	0%	15



INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO

ZONA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	UNIDAD DE MUESTREO
Calzada derecha	1+700	1+800	
VALOR PCI CALCULADO	INSPECCIONADO POR		AREA DE MUESTREO (m2)
10 FALLADO	María Inés Cabezas		400
			FECHA
			12/5/2024

ESQUEMA



<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;">N°</th> <th style="text-align: left;">DAÑO</th> </tr> <tr><td>1</td><td>PIEL DE COCODRILO</td></tr> <tr><td>2</td><td>EXUDACIÓN</td></tr> <tr><td>3</td><td>AGRIETAMIENTO EN BLOQUE</td></tr> <tr><td>4</td><td>ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO</td></tr> <tr><td>5</td><td>CORRUGACION</td></tr> <tr><td>6</td><td>DEPRESION</td></tr> <tr><td>7</td><td>GRIETA DE BORDE</td></tr> <tr><td>8</td><td>GRIETA DE FLEXION EN JUNTA</td></tr> <tr><td>9</td><td>DESNIVEL CARRIL/BERMA</td></tr> <tr><td>10</td><td>GRIETAS LONG Y TRANSVERVERSAL</td></tr> </table>	N°	DAÑO	1	PIEL DE COCODRILO	2	EXUDACIÓN	3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	4	ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	5	CORRUGACION	6	DEPRESION	7	GRIETA DE BORDE	8	GRIETA DE FLEXION EN JUNTA	9	DESNIVEL CARRIL/BERMA	10	GRIETAS LONG Y TRANSVERVERSAL	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;">N°</th> <th style="text-align: left;">DAÑO</th> </tr> <tr><td>11</td><td>PARCHEO</td></tr> <tr><td>12</td><td>PULIMIENTO DE AGREGADOS</td></tr> <tr><td>13</td><td>HUECOS</td></tr> <tr><td>14</td><td>CRUCE DE VIA FERREA</td></tr> <tr><td>15</td><td>AHUELLAMIENTO</td></tr> <tr><td>16</td><td>DESPLAZAMIENTO</td></tr> <tr><td>17</td><td>GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)</td></tr> <tr><td>18</td><td>HINCHAMIENTO</td></tr> <tr><td>19</td><td>DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS</td></tr> </table>	N°	DAÑO	11	PARCHEO	12	PULIMIENTO DE AGREGADOS	13	HUECOS	14	CRUCE DE VIA FERREA	15	AHUELLAMIENTO	16	DESPLAZAMIENTO	17	GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)	18	HINCHAMIENTO	19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS
N°	DAÑO																																										
1	PIEL DE COCODRILO																																										
2	EXUDACIÓN																																										
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE																																										
4	ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO																																										
5	CORRUGACION																																										
6	DEPRESION																																										
7	GRIETA DE BORDE																																										
8	GRIETA DE FLEXION EN JUNTA																																										
9	DESNIVEL CARRIL/BERMA																																										
10	GRIETAS LONG Y TRANSVERVERSAL																																										
N°	DAÑO																																										
11	PARCHEO																																										
12	PULIMIENTO DE AGREGADOS																																										
13	HUECOS																																										
14	CRUCE DE VIA FERREA																																										
15	AHUELLAMIENTO																																										
16	DESPLAZAMIENTO																																										
17	GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)																																										
18	HINCHAMIENTO																																										
19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS																																										

CALIFICACIÓN DE SEVERIDAD		
BAJA	LOW	L
MEDIA	MEDIUM	M
ALTA	HIGH	H

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR REDUCIDO
1	H	43	50	23						116.00	29%	89
13	L	2	1.7	1						4.70	1%	4

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO

ZONA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	UNIDAD DE MUESTREO
Calzada derecha	2+300	2+400	
VALOR PCI CALCULADO	INSPECCIONADO POR		AREA DE MUESTRE (m2)
3 FALLADO	María Inés Cabezas		400
			FECHA
			28/5/2024

ESQUEMA



<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>N°</th><th>DAÑO</th></tr> <tr><td>1</td><td>PIEL DE COCODRILO</td></tr> <tr><td>2</td><td>EXUDACIÓN</td></tr> <tr><td>3</td><td>AGRIETAMIENTO EN BLOQUE</td></tr> <tr><td>4</td><td>ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO</td></tr> <tr><td>5</td><td>CORRUGACION</td></tr> <tr><td>6</td><td>DEPRESION</td></tr> <tr><td>7</td><td>GRIETA DE BORDE</td></tr> <tr><td>8</td><td>GRIETA DE FLEXION EN JUNTA</td></tr> <tr><td>9</td><td>DESNIVEL CARRIL/BERMA</td></tr> <tr><td>10</td><td>GRIETAS LONG Y TRANSVERVERSAL</td></tr> </table>	N°	DAÑO	1	PIEL DE COCODRILO	2	EXUDACIÓN	3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	4	ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	5	CORRUGACION	6	DEPRESION	7	GRIETA DE BORDE	8	GRIETA DE FLEXION EN JUNTA	9	DESNIVEL CARRIL/BERMA	10	GRIETAS LONG Y TRANSVERVERSAL	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>N°</th><th>DAÑO</th></tr> <tr><td>11</td><td>PARCHEO</td></tr> <tr><td>12</td><td>PULIMIENTO DE AGREGADOS</td></tr> <tr><td>13</td><td>HUECOS</td></tr> <tr><td>14</td><td>CRUCE DE VIA FERREA</td></tr> <tr><td>15</td><td>AHUELLAMIENTO</td></tr> <tr><td>16</td><td>DESPLAZAMIENTO</td></tr> <tr><td>17</td><td>GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)</td></tr> <tr><td>18</td><td>HINCHAMIENTO</td></tr> <tr><td>19</td><td>DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS</td></tr> </table>	N°	DAÑO	11	PARCHEO	12	PULIMIENTO DE AGREGADOS	13	HUECOS	14	CRUCE DE VIA FERREA	15	AHUELLAMIENTO	16	DESPLAZAMIENTO	17	GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)	18	HINCHAMIENTO	19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS
N°	DAÑO																																										
1	PIEL DE COCODRILO																																										
2	EXUDACIÓN																																										
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE																																										
4	ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO																																										
5	CORRUGACION																																										
6	DEPRESION																																										
7	GRIETA DE BORDE																																										
8	GRIETA DE FLEXION EN JUNTA																																										
9	DESNIVEL CARRIL/BERMA																																										
10	GRIETAS LONG Y TRANSVERVERSAL																																										
N°	DAÑO																																										
11	PARCHEO																																										
12	PULIMIENTO DE AGREGADOS																																										
13	HUECOS																																										
14	CRUCE DE VIA FERREA																																										
15	AHUELLAMIENTO																																										
16	DESPLAZAMIENTO																																										
17	GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)																																										
18	HINCHAMIENTO																																										
19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS																																										

CALIFICACIÓN DE SEVERIDAD		
BAJA	LOW	L
MEDIA	MEDIUM	M
ALTA	HIGH	H

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR REDUCIDO
		1	2	3	4	5	6	7	8			
1	H	54	58	40	37	62				251.00	63%	96



INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO

ZONA Calzada izquierda	ABSCISA INICIAL 0+300	ABSCISA FINAL 0+400	UNIDAD DE MUESTREO
VALOR PCI CALCULADO 18 (MUY MALO)	INSPECCIONADO POR María Raquel Proaño		AREA DE MUESTRE (m2) 400
			FECHA 12/5/2024

ESQUEMA



N°	DAÑO	N°	DAÑO
1	PIEL DE COCODRILO	11	PARCHEO
2	EXUDACIÓN	12	PULIMIENTO DE AGREGADOS
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	13	HUECOS
4	ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	14	CRUCE DE VIA FERREA
5	CORRUGACION	15	AHUELLAMIENTO
6	DEPRESION	16	DESPLAZAMIENTO
7	GRIETA DE BORDE	17	GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)
8	GRIETA DE FLEXION EN JUNTA	18	HINCHAMIENTO
9	DESNIVEL CARRIL/BERMA	19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS
10	GRIETAS LONG Y TRANSVERVERSAL		

CALIFICACIÓN DE SEVERIDAD		
BAJA	LOW	L
MEDIA	MEDIUM	M
ALTA	HIGH	H

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR REDUCIDO
		1	2	3	4	5	6	7	8			
1	M	12	10	46	20	80				168,00	42%	75
3	M	24	20							44,00	11%	25
10	M	20								20,00	5%	14
11	L	1,02	0,32							1,34	0%	3



INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO

ZONA Calzada izquierda	ABSCISA INICIAL 0+700	ABSCISA FINAL 0+800	UNIDAD DE MUESTREO
VALOR PCI CALCULADO 22 (MUY MALO)	INSPECCIONADO POR María Raquel Proaño		AREA DE MUESTRE (m2) 400
			FECHA 12/5/2023

ESQUEMA



N°	DAÑO	N°	DAÑO
1	PIEL DE COCODRILO	11	PARCHEO
2	EXUDACIÓN	12	PULIMIENTO DE AGREGADOS
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	13	HUECOS
4	ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	14	CRUCE DE VIA FERREA
5	CORRUGACION	15	AHUELLAMIENTO
6	DEPRESION	16	DESPLAZAMIENTO
7	GRIETA DE BORDE	17	GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)
8	GRIETA DE FLEXION EN JUNTA	18	HINCHAMIENTO
9	DESNIVEL CARRIL/BERMA	19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS
10	GRIETAS LONG Y TRANSVERVERSAL		

CALIFICACIÓN DE SEVERIDAD		
BAJA	LOW	L
MEDIA	MEDIUM	M
ALTA	HIGH	H

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR REDUCIDO
		1	2	3	4	5	6	7	8			
1	M	74	14							88,00	22%	67
3	L			24						24,00	6%	15
10	L	10	20							30,00	8%	9
11	L	4,75	1,95							6,70	2%	5
13	L	0,021								0,02	0%	2



INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO

ZONA Calzada izquierda	ABSCISA INICIAL 0+800	ABSCISA FINAL 0+900	UNIDAD DE MUESTREO
VALOR PCI CALCULADO 28 (MALO)	INSPECCIONADO POR María Raquel Proaño		AREA DE MUESTRE (m2) 400
			FECHA 12/5/2024

ESQUEMA



N° DAÑO	N° DAÑO
1 PIEL DE COCODRILO	11 PARCHEO
2 EXUDACIÓN	12 PULIMIENTO DE AGREGADOS
3 AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	13 HUECOS
4 ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	14 CRUCE DE VIA FERREA
5 CORRUGACION	15 AHUELLAMIENTO
6 DEPRESION	16 DESPLAZAMIENTO
7 GRIETA DE BORDE	17 GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)
8 GRIETA DE FLEXION EN JUNTA	18 HINCHAMIENTO
9 DESNIVEL CARRIL/BERMA	19 DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS
10 GRIETAS LONG Y TRANSVERVERSAL	

CALIFICACIÓN DE SEVERIDAD		
BAJA	LOW	L
MEDIA	MEDIUM	M
ALTA	HIGH	H

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR REDUCIDO
1	L	7,2								7,20	2%	26
3	H	45	56	24	50	40				215,00	54%	66
10	L	10	16							26,00	7%	8
13	H	0,008	1,8027							1,81	0%	15



INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO

ZONA Calzada izquierda	ABSCISA INICIAL 0+900	ABSCISA FINAL 1+000	UNIDAD DE MUESTREO
VALOR PCI CALCULADO 27 (MALO)	INSPECCIONADO POR María Raquel Proaño		AREA DE MUESTRE (m2) 400
			FECHA 12/5/2024

ESQUEMA



N° DAÑO	N° DAÑO
1 PIEL DE COCODRILO	11 PARCHEO
2 EXUDACIÓN	12 PULIMIENTO DE AGREGADOS
3 AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	13 HUECOS
4 ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	14 CRUCE DE VIA FERREA
5 CORRUGACION	15 AHUELLAMIENTO
6 DEPRESION	16 DESPLAZAMIENTO
7 GRIETA DE BORDE	17 GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)
8 GRIETA DE FLEXION EN JUNTA	18 HINCHAMIENTO
9 DESNIVEL CARRIL/BERMA	19 DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS
10 GRIETAS LONG Y TRANSVERVERSAL	

CALIFICACIÓN DE SEVERIDAD		
BAJA	LOW	L
MEDIA	MEDIUM	M
ALTA	HIGH	H

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR REDUCIDO
		1	3	10	13	11	12	13	14			
1	M	14	52,5	9,1	2,6	5,7	3,6			87,50	22%	67
3	M	48	36	14						98,00	25%	31
10	L	10								10,00	3%	3
13	L	0,068								0,07	0%	2

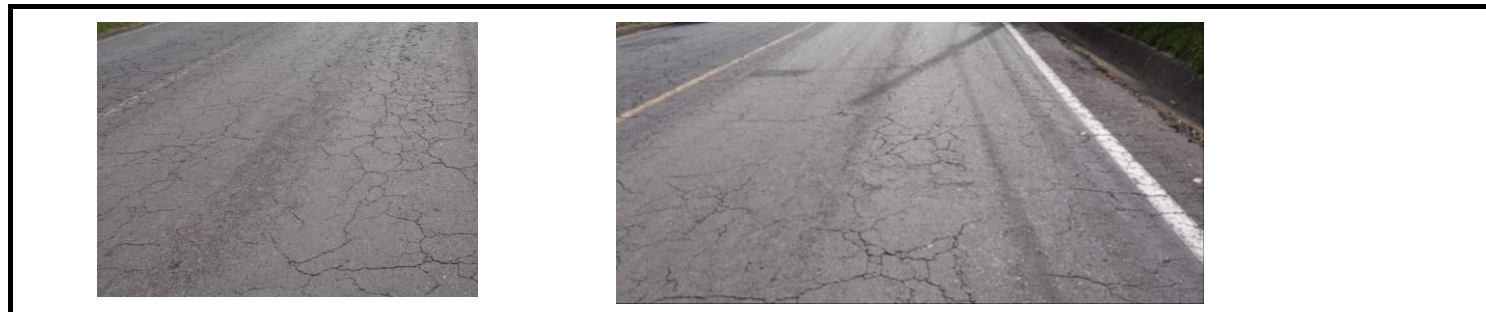


INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO

ZONA Calzada izquierda	ABSCISA INICIAL 1+000	ABSCISA FINAL 1+100	UNIDAD DE MUESTREO
VALOR PCI CALCULADO 27 (MALO)	INSPECCIONADO POR María Raquel Proaño		AREA DE MUESTRE (m2) 400
			FECHA 12/5/2024

ESQUEMA



N° DAÑO	N° DAÑO
1 PIEL DE COCODRILO	11 PARCHEO
2 EXUDACIÓN	12 PULIMIENTO DE AGREGADOS
3 AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	13 HUECOS
4 ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	14 CRUCE DE VIA FERREA
5 CORRUGACION	15 AHUELLAMIENTO
6 DEPRESION	16 DESPLAZAMIENTO
7 GRIETA DE BORDE	17 GRIETA PARABOLICA(SLIPPAGE)
8 GRIETA DE FLEXION EN JUNTA	18 HINCHAMIENTO
9 DESNIVEL CARRIL/BERMA	19 DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS
10 GRIETAS LONG Y TRANSVERVERSAL	

CALIFICACIÓN DE SEVERIDAD		
BAJA	LOW	L
MEDIA	MEDIUM	M
ALTA	HIGH	H

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR REDUCIDO
1	M	14	52,5	9,1	2,6	5,7	3,6			87,50	22%	67
3	M	48	36	14						98,00	25%	31
10	L	15								15,00	4%	4
13	L	0,068								0,07	0%	2

Anexo 2

Resultados de los ensayos de laboratorio



LABORATORIO DE MATERIALES, ESTUDIOS, CONTROL DE CALIDAD, DISEÑOS EN HORMIGÓN, ASFALTO Y MECÁNICA DE SUELOS

MECANICA DE SUELOS

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO:	DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDO Y FLEXIBLE VIA ACCESO UIDE	REALIZADO	MARIA INES CABEZAS Y MARIA RAQUEL PROAÑO
UBICACIÓN:	Av. Simon Bolivar y ingreso a la UIDE	USO	Estudio para la tesis
MUESTRA N°	1	PERFORACIÓN:	P-1
FECHA :	2024-05-13	PROFUND:	0.40 a 1.00 m.
NORMAS	ASTM D -2487 y D- 3282		

	GOLPES	MASA HUM.	MASA SECA	MASA CAPS	CONTENIDO AGUA	% HUM.
CONTENIDO DE AGUA	-----	90.46	78.92	19.09	11.536	19.28%
	-----	92.63	80.52	19.23	12.11	19.76%
					PROMEDIO	19.52%

LIMITE LIQUIDO	GOLPES	MASA HUM.	MASA SECA	MASA CAPS	CONTENIDO AGUA	% HUM.
	33.00	19.88	19.14	10.14	0.74	8.50%
	17.00	20.36	17.56	10.69	2.8	38.90%
	6.00	21.56	16.40	11.23	5.16	83.98%

LIMITE PLASTICO	GOLPES	MASA HUM.	MASA SECA	MASA CAPS	CONTENIDO AGUA	% HUM.
	-----	7.61	7.43	6.32	0.18	16.22%
	-----	7.33	7.16	6.15	0.17	16.83%
	-----	7.11	6.94	5.92	0.17	16.67%
					PROMEDIO	16.57%

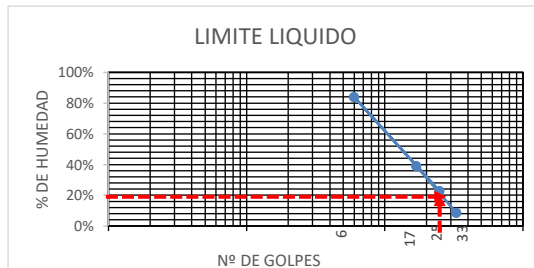
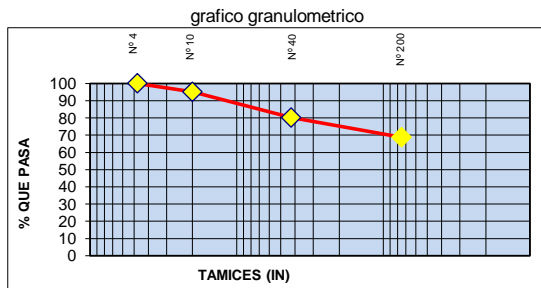
INDICE PLASTICO	6.03%
------------------------	--------------

GRANULOMETRIA			
	MASA SECA		515.50
TAMIZ	W RET.	% RET	% PASA
1"	0	0	100
3/4"	0	0	100
1/2"	0	0	100
3/8"	0	0	100
No. 4	0	0	100
No. 10	25	5	95
No. 40	102	20	80
No. 200	161	31	69

CLASIFICACION	
GRAVA (%)	0
ARENA (%)	31
FINOS (%)	69

LL =	22.60%
LP =	16.57%
IP =	6.03%

CLASIFICACION:	
SUCS :	ML
AASHTO:	A-4
IG:	7



Observaciones:

Limos con arena de baja plasticidad

ENSAYADO

RESPONSABLE DEL ENSAYO: Panamericana sur Km 101/2 Barrio La Patagonia calle S42A S42-36 y E2F Quito—Ecuador

Telf. 3010100—3010169—0994185252—0996579117 mail/ ldmslabingenieria@gmail.com

MECANICA DE SUELOS

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO:	DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDO Y FLEXIBLE VIA ACCESO UIDE	REALIZADO	MARIA INES CABEZAS Y MARIA RAQUEL PROAÑO
UBICACION:	Av. Simon Bolivar y ingreso a la UIDE	USO	Estudio para la tesis
MUESTRA N°	2	PERFORACIÓN:	P-1
FECHA :	2024-05-13	PROFUND:	1.00 a 1.50 m.
NORMAS	ASTM D -2487 y D- 3282		

	GOLPES	MASA HUM.	MASA SECA	MASA CAPS	CONTENIDO AGUA	% HUM.
CONTENIDO DE AGUA	-----	97.79	83.25	18.53	14.54	22.47%
	-----	96.52	82.61	20.36	13.91	22.35%
					PROMEDIO	22.41%

LIMITE LIQUIDO	37.00	19.53	18.88	10.57	0.65	8.20%
	18.00	20.74	17.98	10.92	2.76	37.57%
	7.00	21.98	16.06	10.27	5.92	87.65%

LIMITE PLASTICO	-----	8.03	7.85	6.61	0.18	14.52%
	-----	7.27	7.13	6.15	0.14	14.29%
	-----	7.97	7.83	6.82	0.14	13.86%
					PROMEDIO	14.22%

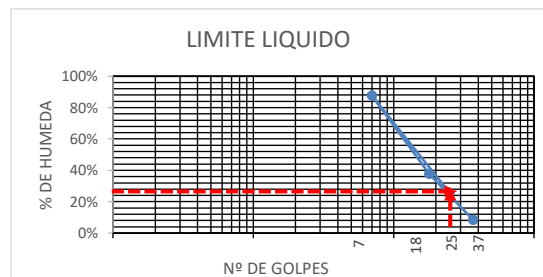
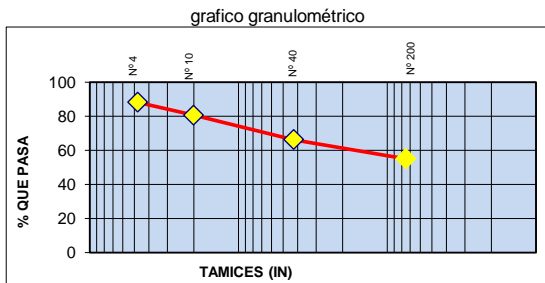
INDICE PLASTICO					11.48%
------------------------	--	--	--	--	---------------

GRANULOMETRIA			
		MASA SECA	633.60
TAMIZ	W RET.	% RET	% PASA
1"	0	0	100
3/4"	0	0	100
1/2"	0	0	100
3/8"	0	0	100
No. 4	75	12	88
No. 10	123	19	81
No. 40	214	34	66
No. 200	285	45	55

CLASIFICACION	
GRAVA (%)	12
ARENA (%)	33
FINOS (%)	55

LL =	25.70%
LP =	14.22%
IP =	11.48%

CLASIFICACION:	
SUCS :	ML
AASHTO:	A-4
IG:	4



Observaciones:

Limos con arena de baja plasticidad

ENSAYADO



LABORATORIO DE MATERIALES, ESTUDIOS, CONTROL DE CALIDAD, DISEÑOS EN HORMIGÓN, ASFALTO Y MECÁNICA DE SUELOS

MECANICA DE SUELOS

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO:	DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDO Y FLEXIBLE VIA ACCESO UIDE	REALIZADO	MARIA INES CABEZAS Y MARIA RAQUEL PROAÑO
UBICACION:	Av. Simon Bolivar y ingreso a la UIDE	USO	Estudio para la tesis
MUESTRA N°	1	PERFORACIÓN:	P-2
FECHA :	2024-05-13	PROFUND:	0.40 a 1.00 m.
NORMAS	ASTM D -2487 y D- 3282		

	GOLPES	MASA HUM.	MASA SECA	MASA CAPS	CONTENIDO AGUA	% HUM.
CONTENIDO DE AGUA	-----	99.62	84.75	20.45	14.87	23.13%
	-----	105.44	89.52	22.09	15.92	23.61%
					PROMEDIO	23.37%

LIMITE LIQUIDO	31.00	20.02	19.36	10.14	0.66	7.35%
	19.00	20.89	18.15	11.31	2.74	38.75%
	8.00	21.34	16.11	11.29	5.23	94.53%
LIMITE PLASTICO	-----	8.21	8.07	7.25	0.14	17.07%
	-----	7.47	7.32	6.44	0.15	17.05%
	-----	7.93	7.75	6.72	0.18	17.48%
					PROMEDIO	17.20%

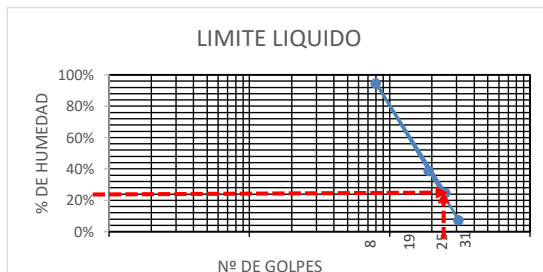
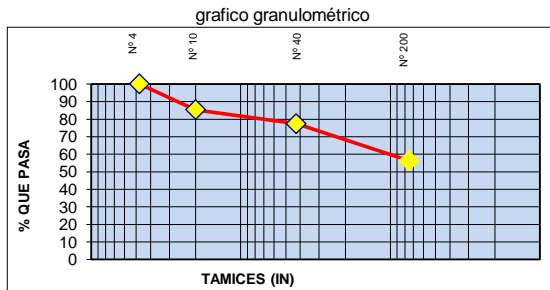
INDICE PLASTICO	7.30%
------------------------	--------------

GRANULOMETRIA			
MASA SECA			512.50
TAMIZ	W RET.	% RET	% PASA
1"	0	0	100
3/4"	0	0	100
1/2"	0	0	100
3/8"	0	0	100
No. 4	0	0	100
No. 10	75	15	85
No. 40	116	23	77
No. 200	224	44	56

CLASIFICACION	
GRAVA (%)	0
ARENA (%)	44
FINOS (%)	56

LL =	24.50%
LP =	17.20%
IP =	7.30%

CLASIFICACION:	
SUCS :	ML
AASHTO:	A-4
IG:	4



Observaciones:

Limos con arena de baja plasticidad

ENSAYADO

Dirección: Panamericana sur Km 101/2 Barrio La Patagonia calle S42A S42-36 y E2F
 Quito—Ecuador
 Telf. 3010100—3010169—0994185252—0996579117 mail/ ldmslabingenieria@gaill.com

MECANICA DE SUELOS

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO:	DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDO Y FLEXIBLE VIA ACCESO UIDE	REALIZADO	MARIA INES CABEZAS Y MARIA RAQUEL PROAÑO
UBICACION:	Av. Simon Bolivar y ingreso a la UIDE	USO	Estudio para la tesis
MUESTRA N°	2	PERFORACIÓN:	P-2
FECHA :	2024-05-13	PROFUND:	1.00 a 1.50 m.
NORMAS	ASTM D -2487 y D- 3282		

	GOLPES	MASA HUM.	MASA SECA	MASA CAPS	CONTENIDO AGUA	% HUM.
CONTENIDO DE AGUA	-----	93.04	77.98	18.22	15.06	25.20%
	-----	97.16	81.45	19.36	15.71	25.30%
					PROMEDIO	25.25%

	39.00	20.25	19.56	11.42	0.69	8.95%
LIMITE LIQUIDO	19.00	22.16	19.33	12.06	2.83	37.66%
	7.00	21.87	16.49	11.33	5.38	89.38%

	7.17	6.98	6.06	0.19	20.65%
LIMITE PLASTICO	7.41	7.22	6.29	0.19	20.43%
	7.85	7.64	6.63	0.21	20.79%
				PROMEDIO	20.62%

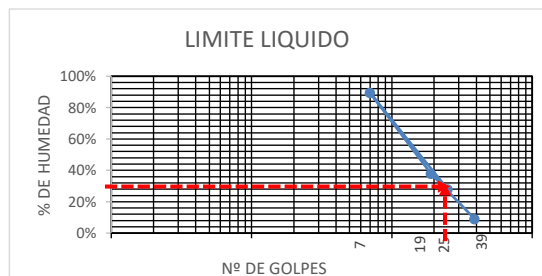
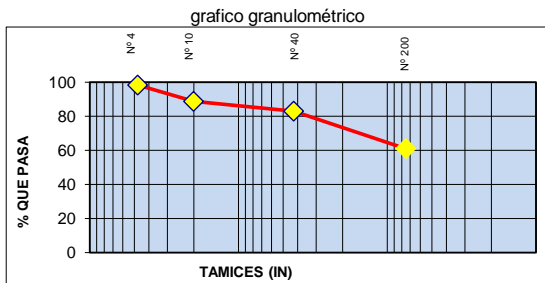
INDICE PLASTICO	7.28%
------------------------	--------------

GRANULOMETRIA			
MASA SECA			842.50
TAMIZ	W RET.	% RET	% PASA
1"	0	0	100
3/4"	0	0	100
1/2"	0	0	100
3/8"	0	0	100
No. 4	14	2	98
No. 10	95	11	89
No. 40	144	17	83
No. 200	329	39	61

CLASIFICACION	
GRAVA (%)	2
ARENA (%)	37
FINOS (%)	61

LL =	27.90%
LP =	20.62%
IP =	7.28%

CLASIFICACION:	
SUCS :	ML
AASHTO:	A-4
IG:	5



Observaciones:

Limos con arena de baja plasticidad

ENSAYADO



LABORATORIO DE MATERIALES, ESTUDIOS, CONTROL DE CALIDAD, DISEÑOS EN HORMIGÓN, ASFALTO Y MECÁNICA DE SUELOS

MECANICA DE SUELOS

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO:	DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDO Y FLEXIBLE VIA ACCESO UIDE	REALIZADO	MARIA INES CABEZAS Y MARIA RAQUEL PROAÑO
UBICACIÓN:	Av. Simon Bolivar y ingreso a la UIDE	USO	Estudio para la tesis
MUESTRA N°	1	PERFORACIÓN:	P-3
FECHA :	2024-05-13	PROFUND:	0.40 a 1.00 m.
NORMAS	ASTM D -2487 y D- 3282		

	GOLPES	MASA HUM.	MASA SECA	MASA CAPS	CONTENIDO AGUA	% HUM.
CONTENIDO DE AGUA	-----	89.67	77.51	18.77	12.16	20.70%
	-----	85.44	74.23	19.09	11.21	20.33%
					PROMEDIO	20.52%

LIMITE LIQUIDO	31.00	20.39	19.78	11.34	0.61	7.42%
	17.00	22.35	19.29	12.64	3.06	43.92%
	8.00	21.65	16.52	11.59	5.13	90.66%

LIMITE PLASTICO	-----	7.23	7.09	6.11	0.14	14.29%
	-----	7.11	6.98	6.09	0.13	14.61%
	-----	7.57	7.41	6.33	0.16	14.81%
					PROMEDIO	14.57%

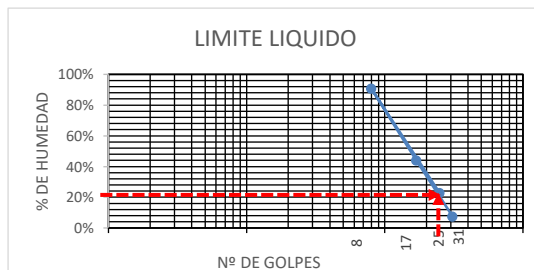
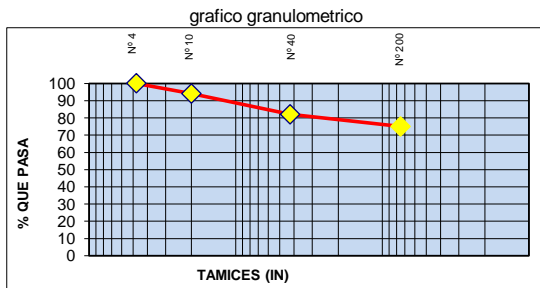
INDICE PLASTICO	8.03%
------------------------	--------------

GRANULOMETRIA			
	MASA SECA		525.50
TAMIZ	W RET.	% RET	% PASA
1"	0	0	100
3/4"	0	0	100
1/2"	0	0	100
3/8"	0	0	100
No. 4	0	0	100
No. 10	31	6	94
No. 40	94	18	82
No. 200	131	25	75

CLASIFICACION	
GRAVA (%)	0
ARENA (%)	25
FINOS (%)	75

LL =	22.60%
LP =	14.57%
IP =	8.03%

CLASIFICACION:	
SUCS :	ML
AASHTO:	A-4
IG:	8



Observaciones:

Limos con arena de baja plasticidad

ENSAYADO

RESPONSABLE DEL ENSAYO: Panamericana sur Km 101/2 Barrio La Patagonia calle S42A S42-36 y E2F Quito—Ecuador

Telf. 3010100—3010169—0994185252—0996579117 mail/ldmslabingenieria@gmail.com

MECANICA DE SUELOS

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO:	DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDO Y FLEXIBLE VIA ACCESO UIDE	REALIZADO	MARIA INES CABEZAS Y MARIA RAQUEL PROAÑO
UBICACION:	Av. Simon Bolivar y ingreso a la UIDE	USO	Estudio para la tesis
MUESTRA N°	2	PERFORACIÓN:	P-3
FECHA :	2024-05-13	PROFUND:	1.00 a 1.50 m.
NORMAS	ASTM D -2487 y D- 3282		

	GOLPES	MASA HUM.	MASA SECA	MASA CAPS	CONTENIDO AGUA	% HUM.
CONTENIDO DE AGUA	-----	104.26	85.45	20.29	18.81	28.87%
	-----	112.36	91.89	20.51	20.47	28.68%
					PROMEDIO	28.77%

	43.00	20.20	19.42	10.54	0.78	9.38%
LIMITE LIQUIDO	19.00	21.24	18.00	10.82	3.24	43.65%
	6.00	20.98	15.45	10.05	5.53	86.17%

	6.83	6.60	5.69	0.23	25.27%	
LIMITE PLASTICO	-----	6.31	6.07	5.14	0.24	25.81%
	-----	6.21	5.96	4.98	0.25	25.51%
					PROMEDIO	25.53%

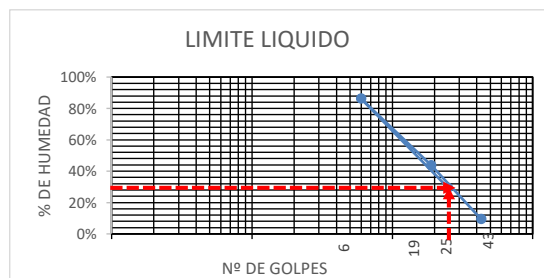
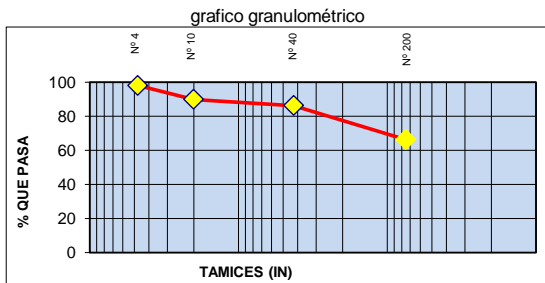
INDICE PLASTICO	3.87%
------------------------	--------------

GRANULOMETRIA			
MASA SECA			744.40
TAMIZ	W RET.	% RET	% PASA
1"	0	0	100
3/4"	0	0	100
1/2"	0	0	100
3/8"	0	0	100
No. 4	14	2	98
No. 10	75	10	90
No. 40	102	14	86
No. 200	251	34	66

CLASIFICACION	
GRAVA (%)	2
ARENA (%)	32
FINOS (%)	66

LL =	29.40%
LP =	25.53%
IP =	3.87%

CLASIFICACION:	
SUCS :	ML
AASHTO:	A-4
IG:	6



Observaciones:

Limos con arena de baja plasticidad

ENSAYADO



TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO: DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDO Y FLEXIBLE VIA ACCESO UIDE

REALIZADO: MARIA INES CABEZAS Y MARIA RAQUEL PROAÑO

ATENCIÓN: Taxis de grado

FECHA: 12-may-24

UBICACIÓN: PROVINCIA DE PICHINCHA

SECTOR: Av. Simon Bolivar y ingreso a la

SONDEO: P-1

PROF.: 0.20 A 1.00

ABSCISA: 00+000

ANEXO: 0001

ENSAYO DE CBR EN SITIO

PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO NORMA ASTM-D-6951

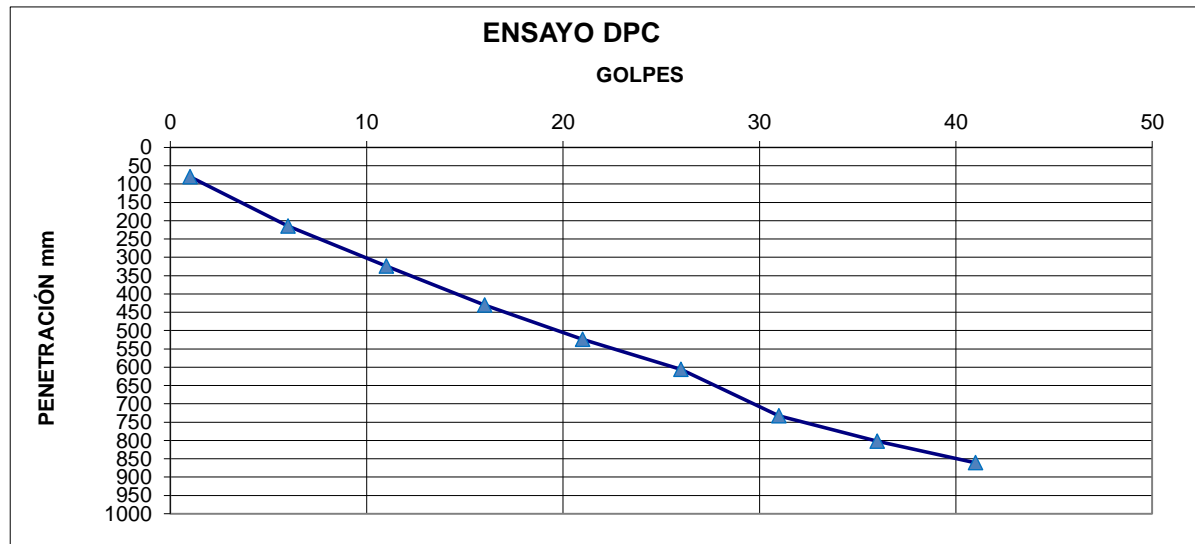
DATOS DEL ENSAYO DE CONO DINÁMICO

NUMERO DE GOLPES		PENETRACIÓN mm		ÍNDICE PENETRACIÓN	
PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO
1	1	80	80	0	0
5	6	135	215	27	34
5	11	109	324	22	29
5	16	106	430	21	26
5	21	94	524	19	24
5	26	82	606	16	23
5	31	127	733	25	23
5	36	69	802	14	22
5	41	59	861	12	21
INDICE DE PENETRACIÓN				27	

MATERIAL: Sub-rasante

VALOR CBR

DETALLE	CBR
Ec. 1	8.8
Ec. 2	5.6
Ec. 3	10.6
Ec. 4	12.2
Ec. 5	6.4
Adoptado	6.4



NOTA: Ec. 1 = Universidad del Cauca, 0.1"
 Ec. 2 = U. Católica Colombia
 Ec. 3 = 10mo Congreso Pavimentos
 Ec. 4 = Kleyn, Marre & Savage, 1982
 Ec. 5 = Livneh & Harrison



TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO: DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDO Y FLEXIBLE VIA ACCESO UIDE

REALIZADO: MARIA INES CABEZAS Y MARIA RAQUEL PROAÑO

ATENCIÓN: Taxis de grado

FECHA: 12-may-24

UBICACIÓN: PROVINCIA DE PICHINCHA

SECTOR: Av. Simon Bolivar y ingreso a la

SONDEO: P-2

PROF.: 0.20 A 1.00

ABSCISA: 00+500

ANEXO: 0001

ENSAYO DE CBR EN SITIO

PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO NORMA ASTM-D-6951

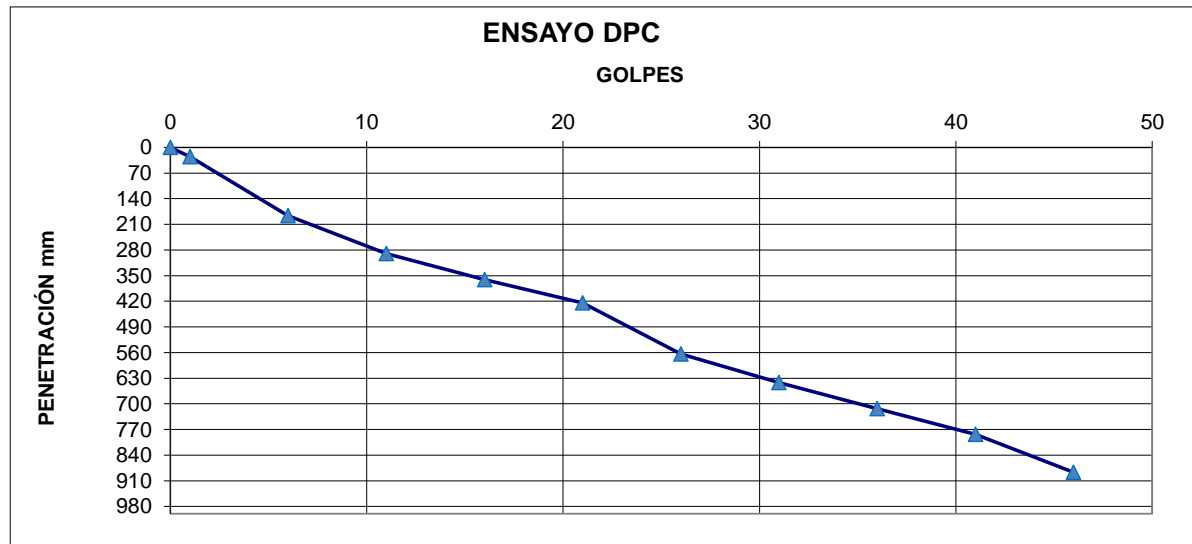
DATOS DEL ENSAYO DE CONO DINÁMICO

NUMERO DE GOLPES		PENETRACIÓN mm		ÍNDICE PENETRACIÓN	
PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO
1	1	25	25	0	0
5	6	161	186	32	29
5	11	104	290	21	25
5	16	71	361	14	22
5	21	63	424	13	20
5	26	140	564	28	21
5	31	78	642	16	20
5	36	71	713	14	20
5	41	71	784	14	19
5	46	103	887	21	19
INDICE DE PENETRACIÓN				32	

MATERIAL: Sub-rasante

VALOR CBR

DETALLE	CBR
Ec. 1	7.7
Ec. 2	4.4
Ec. 3	8.5
Ec. 4	10.1
Ec. 5	5.2
Adoptado	5.2



NOTA: Ec. 1 = Universidad del Cauca, 0.1"
 Ec. 2 = U. Católica Colombia
 Ec. 3 = 10mo Congreso Pavimentos
 Ec. 4 = Kleyn, Marre & Savage, 1982
 Ec. 5 = Livneh & Harrison



TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO: DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDO Y FLEXIBLE VIA ACCESO UIDE

REALIZADO: MARIA INES CABEZAS Y MARIA RAQUEL PROAÑO

ATENCIÓN: Taxis de grado

FECHA: 12-may-24

UBICACIÓN: PROVINCIA DE PICHINCHA

SECTOR: Av. Simon Bolivar y ingreso a la

SONDEO: P-3

PROF.: 0.20 A 1.00

ABSCISA: 01+000

ANEXO: 0001

ENSAYO DE CBR EN SITIO

PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO NORMA ASTM-D-6951

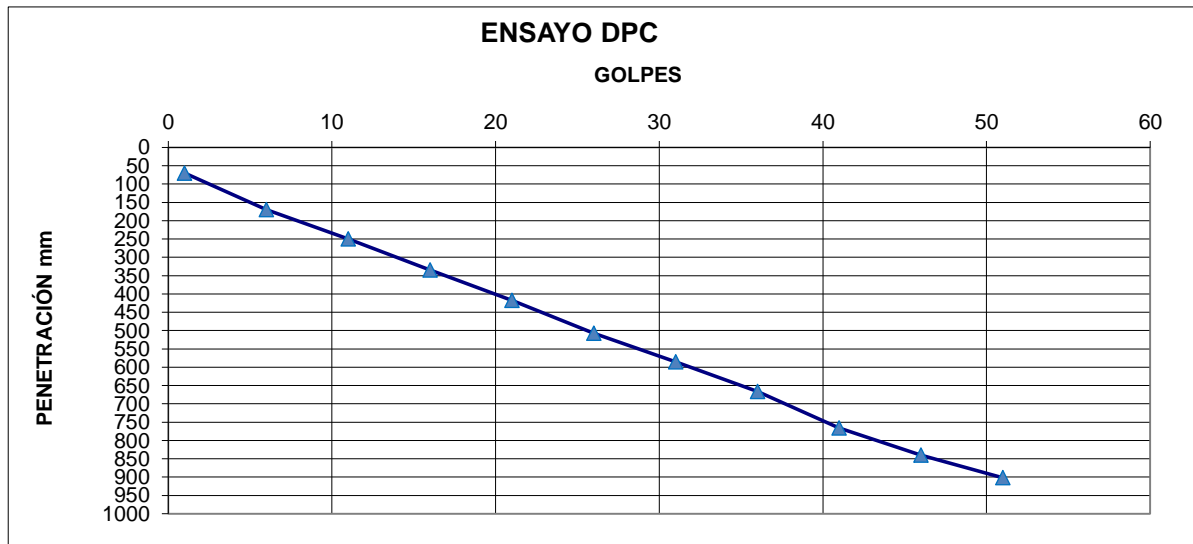
DATOS DEL ENSAYO DE CONO DINÁMICO

NUMERO DE GOLPES		PENETRACIÓN mm		ÍNDICE PENETRACIÓN	
PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO
1	1	70	70	0	0
5	6	100	170	20	27
5	11	80	250	16	22
5	16	85	335	17	20
5	21	83	418	17	19
5	26	89	507	18	19
5	31	78	585	16	19
5	36	81	666	16	18
5	41	100	766	20	18
5	46	74	840	15	18
5	51	62	902	12	17
INDICE DE PENETRACIÓN				20	

MATERIAL: Sub-rasante

VALOR CBR

DETALLE	CBR
Ec. 1	11.1
Ec. 2	8.6
Ec. 3	15.4
Ec. 4	16.9
Ec. 5	9.3
Adoptado	9.3



NOTA: Ec. 1 = Universidad del Cauca, 0.1"
 Ec. 2 = U. Católica Colombia
 Ec. 3 = 10mo Congreso Pavimentos
 Ec. 4 = Kleyn, Marre & Savage, 1982
 Ec. 5 = Livneh & Harrison



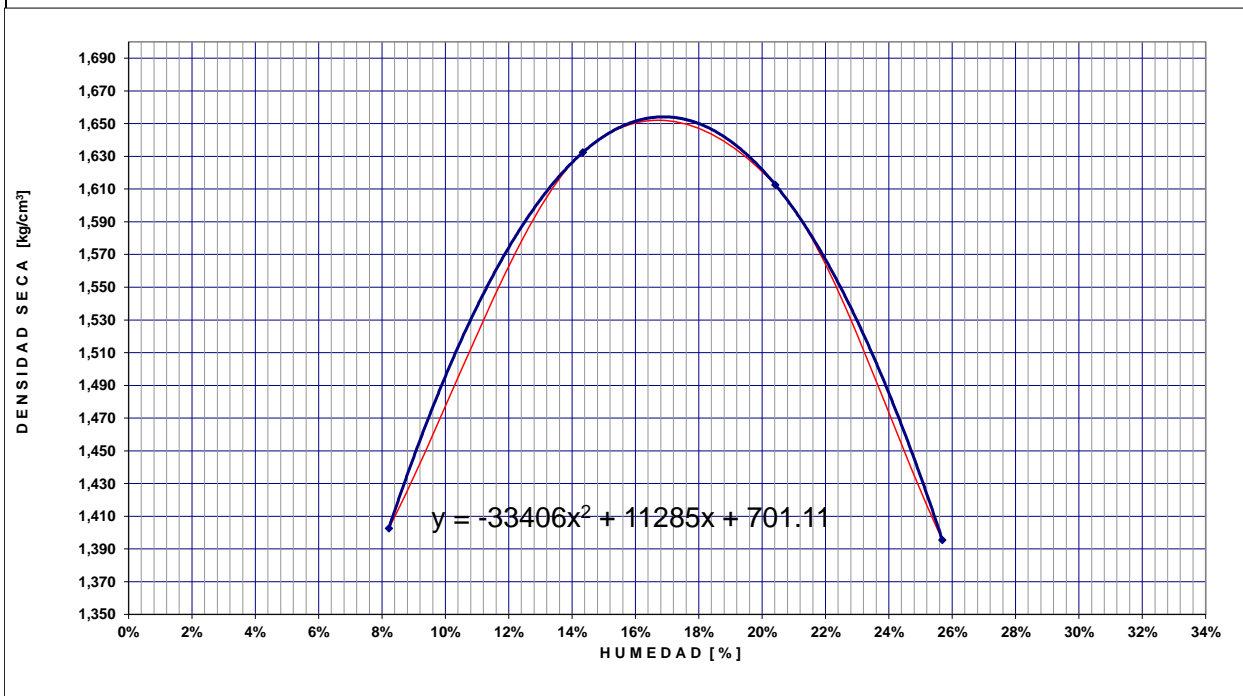
TECNOLOGIA AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO: DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDO Y FLEXIBLE VIA ACCESO UIDE	FECHA: 12-may.-24
UBICACIÓN: Av. Simon Bolivar y ingreso a la UIDE	REALIZADO: MARIA INES CABEZAS Y MARIA RAQUEL PROAÑO
PROCEDENCIA: P-3	USO: Sub-rasante
ANEXO:	
ENSAYO PROCTOR	Standard <input type="text"/> AASHO: T-99 -74
	Modificado <input type="text" value="xxx"/> AASHO: T-180 - 74

RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	360	720	1,080				
	%	0	6	12	18				
Peso suelo húmedo + molde	A	9,078	9,790	9,943	9,560				
Peso del molde	B	5,980	5,980	5,980	5,980				
Peso suelo húmedo	C=A-B	3,098	3,810	3,963	3,580				
Volumen del molde	D	2,041	2,041	2,041	2,041				
Densidad húmeda	E=C/D	1,518	1,867	1,942	1,754				
Tarro No.		MA	A9	DI	345	C27	ID	201	I
Tarro + suelo húmedo	F	56.77	60.12	58.28	56.68	54.14	56.38	53.76	62.07
Tarro + suelo seco	G	53.34	56.51	52.42	51.12	46.86	49.00	45.04	52.12
Peso de agua	H=F-G	3.43	3.61	5.86	5.56	7.28	7.38	8.72	9.95
Peso del tarro	I	12.11	12.00	12.08	11.84	11.98	12.01	12.08	12.20
Peso del suelo seco	J=G-I	41.23	44.51	40.34	39.28	34.88	36.99	32.96	39.92
Contenido de agua	K=H/J	8.32%	8.11%	14.53%	14.15%	20.87%	19.95%	26.46%	24.92%
Contenido de agua promedio	L	8.21%		14.34%		20.41%		25.69%	
Densidad seca	g/cm ³	M	1,403	1,633	1,613	1,396			



Densidad Máxima:	1,654 kg/cm ³	Humedad óptima:	16.89%
RESPONSABLE DEL ENSAYO			
LABORATORIOS LDMS			



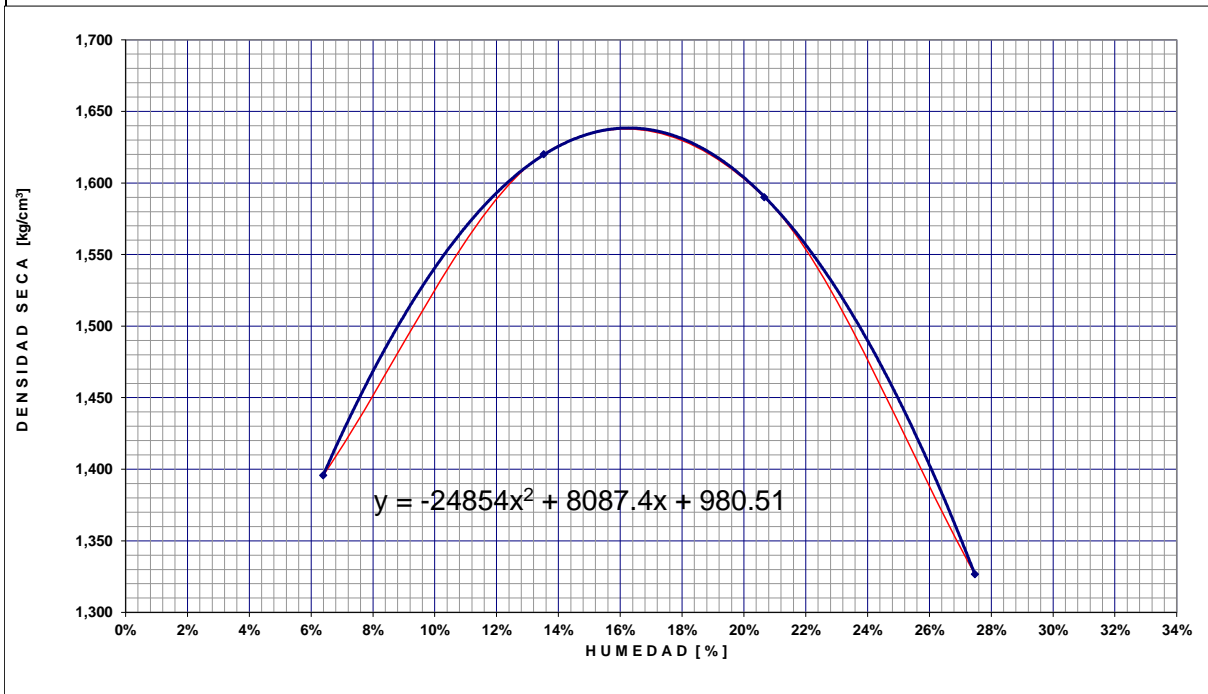
TECNOLOGIA AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO: DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDO Y FLEXIBLE VIA ACCESO UIDE	FECHA: 21-dic.-19
UBICACIÓN: Av. Simon Bolivar y ingreso a la UIDE	REALIZADO: MARIA INES CABEZAS Y MARIA RAQUEL PROAÑO
PROCEDENCIA: P-2	USO: Sub-rasante
ANEXO:	
ENSAYO PROCTOR	Standard <input type="text"/> AASHO: T-99 -74
	Modificado <input type="text" value="xxx"/> AASHO: T-180 - 74

RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	420	840	1,260				
	%	0	7	14	21				
Peso suelo húmedo + molde	A	9,011	9,734	9,896	9,432				
Peso del molde	B	5,980	5,980	5,980	5,980				
Peso suelo húmedo	C=A-B	3,031	3,754	3,916	3,452				
Volumen del molde	D	2,041	2,041	2,041	2,041				
Densidad húmeda	E=C/D	1,485	1,839	1,919	1,691				
Tarro No.		SA	3	18	RX	176	T41	10	HA
Tarro + suelo húmedo	F	61.82	52.29	57.36	61.01	60.93	61.43	61.61	58.64
Tarro + suelo seco	G	58.87	49.78	52.03	54.98	52.45	52.98	51.00	48.56
Peso de agua	H=F-G	2.95	2.51	5.33	6.03	8.48	8.45	10.61	10.08
Peso del tarro	I	11.78	11.29	11.98	11.12	12.01	11.44	12.11	12.11
Peso del suelo seco	J=G-I	47.09	38.49	40.05	43.86	40.44	41.54	38.89	36.45
Contenido de agua	K=H/J	6.26%	6.52%	13.31%	13.75%	20.97%	20.34%	27.28%	27.65%
Contenido de agua promedio	L	6.39%		13.53%		20.66%		27.47%	
Densidad seca	g/cm ³	M	1,396	1,620	1,590	1,327			



Densidad Máxima:	1,638 kg/cm ³	Humedad óptima:	16.27%
-------------------------	--------------------------	------------------------	--------

RESPONSABLE DEL ENSAYO
LABORATORIOS LDMS



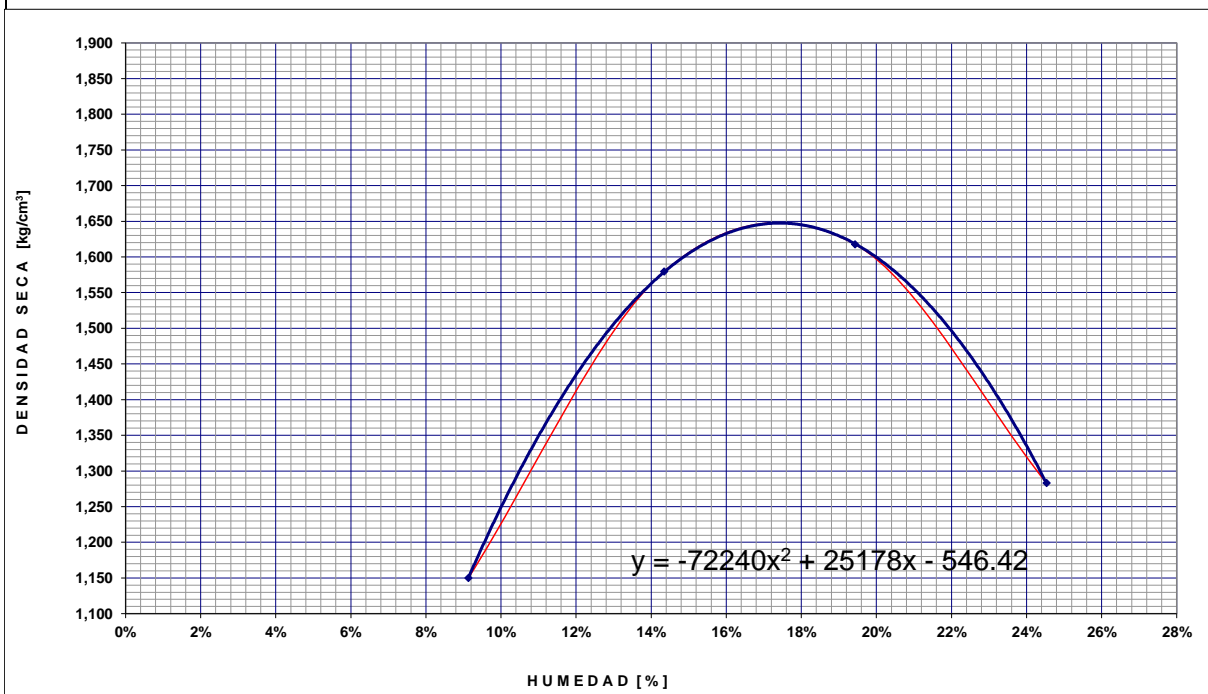
TECNOLOGIA AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO:	DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDO Y FLEXIBLE VIA ACCESO UIDE	FECHA:	21-dic.-19							
UBICACIÓN:	Av. Simon Bolivar y ingreso a la UIDE	REALIZADO:	MARIA INES CABEZAS Y MARIA RAQUEL PROAÑO							
PROCEDENCIA:	P-1	USO:	Sub-rasante							
ANEXO:	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">ENSAYO PROCTOR</td> <td>Standard</td> <td><input type="text"/></td> <td>AASHO: T-99 -74</td> </tr> <tr> <td>Modificado</td> <td><input type="text" value="xxx"/></td> <td>AASHO: T-180 - 74</td> </tr> </table>			ENSAYO PROCTOR	Standard	<input type="text"/>	AASHO: T-99 -74	Modificado	<input type="text" value="xxx"/>	AASHO: T-180 - 74
ENSAYO PROCTOR	Standard	<input type="text"/>	AASHO: T-99 -74							
	Modificado	<input type="text" value="xxx"/>	AASHO: T-180 - 74							

RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	300	600	900				
	%	0	5	10	15				
Peso suelo húmedo + molde	A	9,134	10,309	10,578	9,865				
Peso del molde	B	6,457	6,457	6,457	6,457				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2,677	3,852	4,121	3,408				
Volumen del molde	D	2,133	2,133	2,133	2,133				
Densidad húmeda	E=C/D	1,255	1,806	1,932	1,598				
Tarro No.		720	706	XR	EY4	RT	0	M3	PV
Tarro + suelo húmedo	F	45.79	52.16	51.69	52.68	49.49	46.11	61.44	57.22
Tarro + suelo seco	G	43.00	48.78	46.65	47.67	43.54	40.44	51.67	48.33
Peso de agua	H=F-G	2.79	3.38	5.04	5.01	5.95	5.67	9.77	8.89
Peso del tarro	I	12.15	12.11	12.08	12.15	12.14	11.98	12.02	11.93
Peso del suelo seco	J=G-I	30.85	36.67	34.57	35.52	31.40	28.46	39.65	36.40
Contenido de agua	K=H/J	9.04%	9.22%	14.58%	14.10%	18.95%	19.92%	24.64%	24.42%
Contenido de agua promedio	L	9.13%		14.34%		19.44%		24.53%	
Densidad seca	g/cm ³ M	1,150		1,579		1,618		1,283	



Densidad Máxima:	1,647 kg/cm ³	Humedad óptima:	17.43%
------------------	--------------------------	-----------------	--------

RESPONSABLE DEL ENSAYO
LABORATORIOS LDMS

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO: DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDO Y FLEXIBLE VIA ACCESO UIDE

NORMA DE ENSAYO ASTM D1557

MUESTRA No. 1	FECHA: 13/5/2024
UBICACIÓN: Av. Simon Bolivar y ingreso a la UIDE	REALIZADO: MARIA INES CABEZAS Y MARIA RAQUEL PROAÑO
USO: Estudio	CALCULADO: MARIA INES CABEZAS Y MARIA RAQUEL PROAÑO

ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA

C.B.R.

MOLDE No.	DP-2				R-3				CM-12				
No. DE CAPAS	5				5				5				
No. DE GOLPES POR CAPAS	56				25				10				
CONDICIONES DE LA MUESTRA		ANT. SATU.	DES. SATU.	ANT. SATU.	DES. SATU.	ANT. SATU.	DES. SATU.	ANT. SATU.	DES. SATU.	ANT. SATU.	DES. SATU.		
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE	A	11654	12024	10789	11269	10442	11300						
PESO MOLDE	B	7136	7136	7177	7177	6911	6911						
PESO MUESTRA HÚMEDA	C = A - B	4518	4888	3612	4092	3531	4389						
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN)	D	2317	2317	2040	2040	2274	2274						
DENSIDAD HÚMEDA	E = C/D*1000	1.950	2.110	1.771	2.006	1.553	1.930						
DENSIDAD SECA	F = E / (1 + G)	1661	1746	1508	1574	1323	1456						
CONTENIDO DE HUMEDAD		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO		
RECIPiente No.		B-9	M-20	AS	M-17	DS-7	B-26	M-20	B-9	M-17	AS	B-26	DS-7
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPiente	G	67.90	56.01	89.91	77.86	98.60	83.99	62.74	76.51	57.90	97.82	101.48	117.32
PESO MUESTRA SECA + RECIPiente	H	60.36	49.47	77.98	66.51	87.22	74.05	51.89	63.63	51.14	86.34	80.89	93.78
PESO AGUA	I = G - H	7.54	6.54	11.93	11.35	11.38	9.94	10.85	12.88	6.76	11.48	20.59	23.54
PESO RECIPiente	J	16.93	12.07	20.50	12.18	21.80	17.26	12.07	16.93	12.18	20.50	17.26	21.80
PESO MUESTRA SECA	K = H - J	43.43	37.40	57.48	54.33	65.42	56.79	39.82	46.70	38.96	65.84	63.63	71.98
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100	17.36%	17.49%	20.76%	20.89%	17.40%	17.50%	27.25%	27.58%	17.35%	17.44%	32.36%	32.70%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2	17.42%		20.82%		17.45%		27.41%		17.39%		32.53%	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA

MOLDE No.	DP-2	R-3	CM-12
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN	N	12024	11269
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN	P	11654	10789
PESO AGUA ABSORBIDA	Q = N - P	370	480
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	R=(Q/C)*100	8.19	13.29

DATOS DE ESPONJAMIENTOS

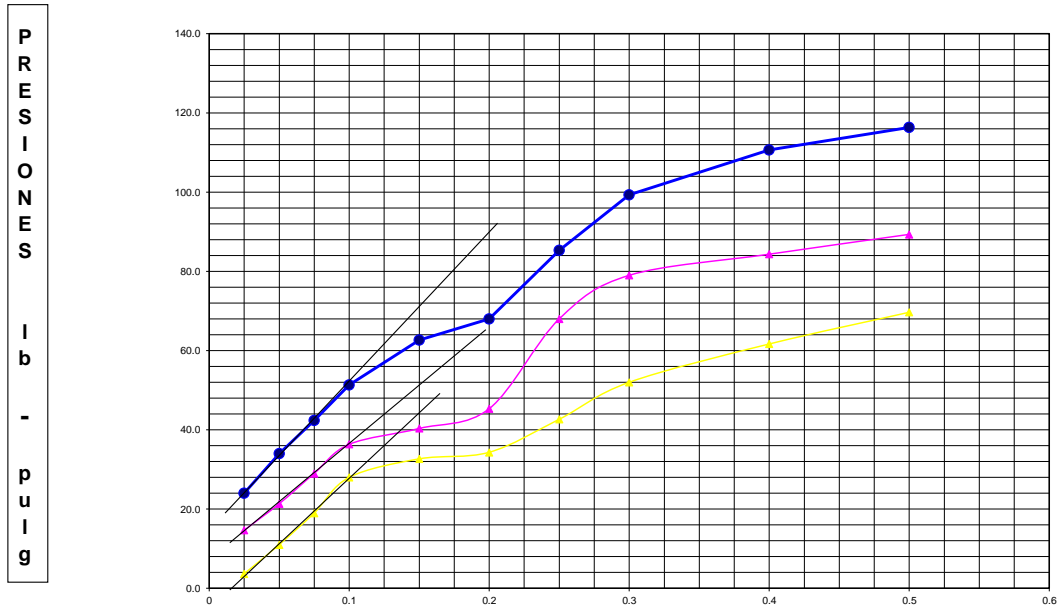
FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No.DP-2			MOLDE No.R-3			MOLDE No.CM-12		
		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO		DIAL	ESPONJAMIENTO	
		0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%
13/5/2024	0	0			0			0		
14/5/2024	1	2			4			6		
15/5/2024	2	2			7			9		
16/5/2024	3	3			7			15		
17/5/2024	4	3			7			15		
18/5/2024	5	3			7			15		

DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN

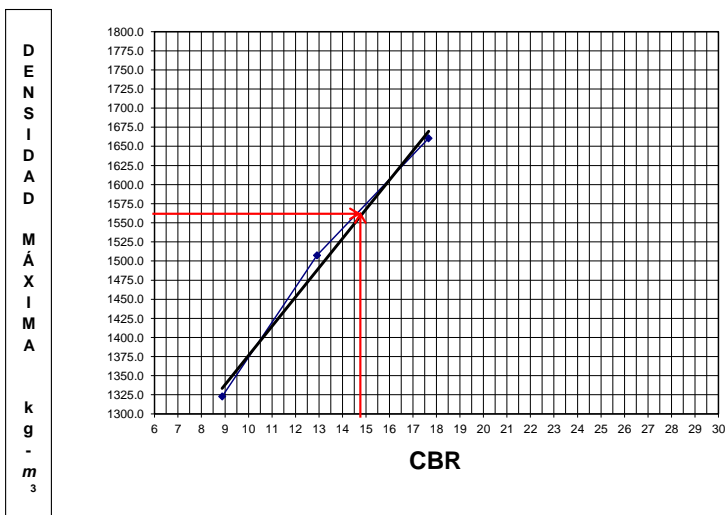
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg ²	MOLDE No.DP-2			MOLDE No.R-3			MOLDE No.CM-12		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg ²	%	DIAL	lb/pulg ²	%	DIAL	lb/pulg ²	%
0.025		72	24.0		44	14.7		11	3.7	
0.050		102	34.0		64	21.3		33	11.0	
0.075		127	42.3		87	29.0		57	19.0	
0.100	1000	154	51.3	20.53	109	36.3	15.13	84	28.0	10.40
0.150		188	62.7		121	40.3		98	32.7	
0.200		204	68.0	14.80	136	45.3	10.69	103	34.3	7.36
0.250		256	85.3		204	68.0		128	42.7	
0.300		298	99.3		237	79.0		156	52.0	
0.400		332	110.7		253	84.3		185	61.7	
0.500		349	116.3		268	89.3		209	69.7	

RESPONSABLE DEL ENSAYO
LABORATORIOS LDMS

GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR



VALOR C.B.R.

RESUMEN DE DATOS

Límite Líquido	=	%
Límite Plástico	=	%
Índice Plástico	=	%
Índice de Grupo	=	%
Clasificación	=	ML
Grupo Símbolos	=	
Humedad Natural	=	%
Humedad Óptima	=	17.43 %
Densidad Seca	=	1661 g/cm ³
Densidad Máxima	=	1647 g/cm ³
Valor C.B.R.	=	14.50 %
95% Densidad Máxima	=	1565 g/cm ³
Espesor Sub-Base	=	cm
Espesor Base	=	cm
Espesor Base Asfáltica	=	cm
Espesor Carpeta	=	cm
Observaciones		

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO: DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDO Y FLEXIBLE VIA ACCESO UIDE

NORMA DE ENSAYO ASTM D1557

MUESTRA No. 2	FECHA: 13/5/2024
UBICACIÓN: Av. Simon Bolivar y ingreso a la UIDE	REALIZADO: MARIA INES CABEZAS Y MARIA RAQUEL PROAÑO
USO: Estudio	CALCULADO: MARIA INES CABEZAS Y MARIA RAQUEL PROAÑO

ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA

C.B.R.

MOLDE No.		L-61			R-32			SL-12					
No. DE CAPAS		5			5			5					
No. DE GOLPES POR CAPAS		56			25			10					
CONDICIONES DE LA MUESTRA		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.	
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE	A	11812		12042		10073		10532		10501		10956	
PESO MOLDE	B	7400		7400		6376		6376		7110		7110	
PESO MUESTRA HÚMEDA	C = A - B	4412		4642		3697		4156		3391		3846	
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN)	D	2291		2291		2099		2099		2270		2270	
DENSIDAD HÚMEDA	E = C/D*1000	1.926		2.026		1.761		1.980		1.494		1.694	
DENSIDAD SECA	F = E / (1 + G)	1655		1696		1513		1564		1284		1291	
CONTENIDO DE HUMEDAD		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
RECIPiente No.		OP-7	ML-13	JL	JL-33	QT-9	JL	MJ-16	ML-13	JL-33	MJ-16	OP-7	QT-9
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPiente	G	84.17	90.23	103.70	93.11	76.09	102.52	102.69	107.20	98.87	112.34	111.56	103.63
PESO MUESTRA SECA + RECIPiente	H	75.19	80.43	90.71	81.00	68.05	91.35	85.44	89.00	87.65	99.40	89.81	83.38
PESO AGUA	I = G - H	8.98	9.80	12.99	12.11	8.04	11.17	17.25	18.20	11.22	12.94	21.75	20.25
PESO RECIPiente	J	20.09	20.60	23.61	18.95	18.76	23.61	20.42	20.60	18.95	20.42	20.09	18.76
PESO MUESTRA SECA	K = H - J	55.10	59.83	67.10	62.05	49.29	67.74	65.02	68.40	68.70	78.98	69.72	64.62
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K) * 100	16.30%	16.38%	19.36%	19.52%	16.31%	16.49%	26.53%	26.61%	16.33%	16.38%	31.20%	31.34%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2) / 2	16.34%		19.44%		16.40%		26.57%		16.36%		31.27%	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA

MOLDE No.		L-61			R-32			SL-12		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN		N			12042			10532		
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN		P			11812			10073		
PESO AGUA ABSORBIDA		Q = N - P			230			459		
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA		R = (Q / C) * 100			5.21			12.42		

DATOS DE ESPONJAMIENTOS

FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No.L-61			MOLDE NoR-32			MOLDE No.SL-12		
		DIAL		ESPONJAMIENTO	DIAL		ESPONJAMIENTO	DIAL		ESPONJAMIENTO
		0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%
13/5/2024	0	0			0			0		
14/5/2024	1	1			3			7		
15/5/2024	2	1			5			12		
16/5/2024	3	4			5			18		
17/5/2024	4	4			5			18		
18/5/2024	5	4			5			18		

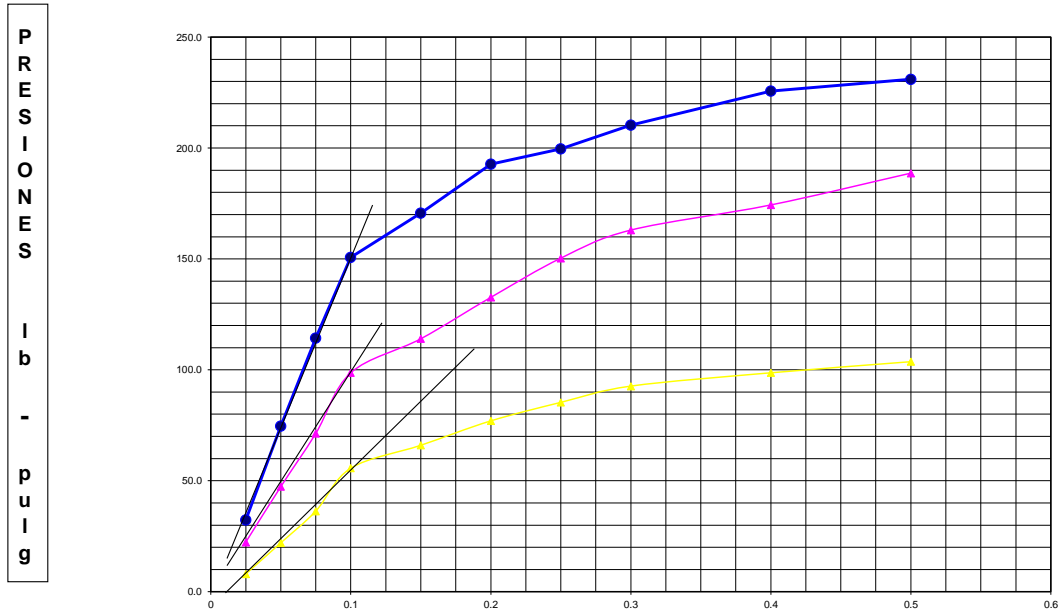
DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN

PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg ²	MOLDE No.L-61			MOLDE NoR-32			MOLDE No.SL-12		
		CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR	CARGA DE ENSAYO		CBR CCRR
		DIAL	lb/pulg ²	%	DIAL	lb/pulg ²	%	DIAL	lb/pulg ²	%
0.025		97	32.3		67	22.3		24	8.0	
0.050		224	74.7		142	47.3		66	22.0	
0.075		343	114.3		214	71.3		109	36.3	
0.100	1000	452	150.7	16.97	296	98.7	11.77	167	55.7	5.57
0.150		512	170.7		342	114.0		198	66.0	
0.200		578	192.7	14.11	398	132.7	10.11	231	77.0	5.13
0.250		599	199.7		451	150.3		256	85.3	
0.300		631	210.3		489	163.0		278	92.7	
0.400		677	225.7		523	174.3		296	98.7	
0.500		693	231.0		566	188.7		311	103.7	

RESPONSABLE DEL ENSAYO
LABORATORIOS LDMS

GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.

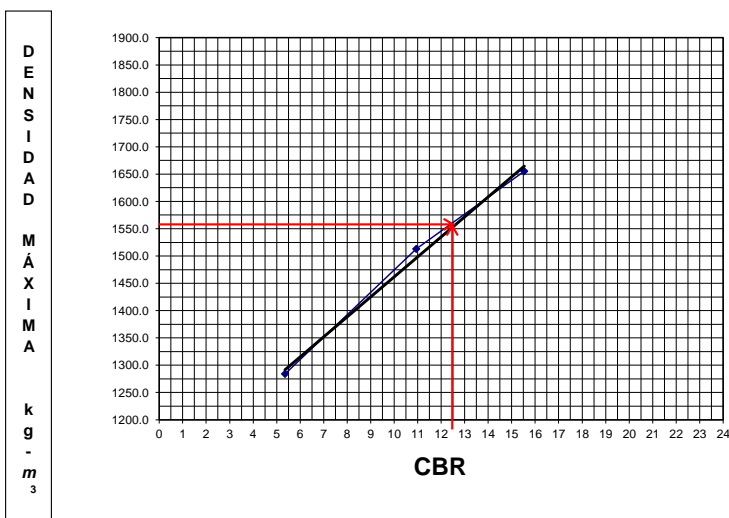
Av. Simon Bolivar y ingres



DENCIDAD MAXIMA VERSUS CBR

VALOR C.B.R.

RESUMEN DE DATOS



Límite Líquido	=	%
Límite Plástico	=	%
Índice Plástico	=	%
Índice de Grupo	=	%
Clasificación	=	ML
Grupo Símbolos	=	
Humedad Natural	=	%
Humedad Óptima	=	16.27 %
Densidad Seca	=	1655 g/cm ³
Densidad Máxima	=	1638 g/cm ³
Valor C.B.R.	=	12.50 %
95% Densidad Máxima	=	1556 g/cm ³
Espesor Sub-Base	=	cm
Espesor Base	=	cm
Espesor Base Asfáltica	=	cm
Espesor Carpeta	=	cm
Observaciones		

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO: DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDO Y FLEXIBLE VIA ACCESO UIDE

NORMA DE ENSAYO ASTM D1557

MUESTRA No. 3	FECHA: 13/5/2024
UBICACIÓN: Av. Simon Bolivar y ingreso a la UIDE	REALIZADO: MARIA INES CABEZAS Y MARIA RAQUEL PROAÑO
USO: Estudio	CALCULADO: MARIA INES CABEZAS Y MARIA RAQUEL PROAÑO

ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA

C.B.R.

MOLDE No.	M-62				R-12				MJ				
	ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.		
No. DE CAPAS	5				5				5				
No. DE GOLPES POR CAPAS	56				25				10				
CONDICIONES DE LA MUESTRA	ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.		ANT. SATU.		DES. SATU.		
PESO MUESTRA HÚM. + MOLDE	A	10912	11234	11154	11563	10271	10823						
PESO MOLDE	B	6800	6800	7136	7136	6982	6982						
PESO MUESTRA HÚMEDA	C = A - B	4112	4434	4018	4427	3289	3841						
CONSTAN MOLDE (VOLUMEN)	D	2109	2109	2317	2317	2263	2263						
DENSIDAD HÚMEDA	E = C/D*1000	1.950	2.102	1.734	1.911	1.453	1.697						
DENSIDAD SECA	F = E / (1 + G)	1668	1722	1483	1499	1244	1253						
CONTENIDO DE HUMEDAD	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	
RECIPIENTE No.	B-31	D-39	R-20	B-42	ML-D	B-42	ML-17	B-31	R-20	ML-17	ML-D	D-39	
PESO MUESTRA HÚM. + RECIPIENTE	G	68.12	65.29	92.51	94.36	55.87	52.42	77.15	76.92	69.43	64.59	66.23	65.19
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE	H	60.65	57.78	78.44	80.24	50.75	47.26	64.73	63.86	61.52	58.05	54.25	51.65
PESO AGUA	I = G - H	7.47	7.51	14.07	14.12	5.12	5.16	12.42	13.06	7.91	6.54	11.98	13.54
PESO RECIPIENTE	J	16.35	13.45	14.40	16.79	20.40	16.79	19.50	16.35	14.40	19.50	20.40	13.45
PESO MUESTRA SECA	K = H - J	44.30	44.33	64.04	63.45	30.35	30.47	45.23	47.51	47.12	38.55	33.85	38.20
CONTENIDO DE HUMEDAD	L = (I / K)*100	16.86%	16.94%	21.97%	22.25%	16.87%	16.93%	27.46%	27.49%	16.79%	16.96%	35.39%	35.45%
CONTENIDO PROMEDIO DE HUMEDAD	M = (L1+L2)/2	16.90%		22.11%		16.90%		27.47%		16.88%		35.42%	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA

MOLDE No.	M-62	R-12	MJ	
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACIÓN	N	11234	11563	10823
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN	P	10912	11154	10271
PESO AGUA ABSORBIDA	Q = N - P	322	409	552
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	R = (Q/C)*100	7.83	10.18	16.78

DATOS DE ESPONJAMIENTOS

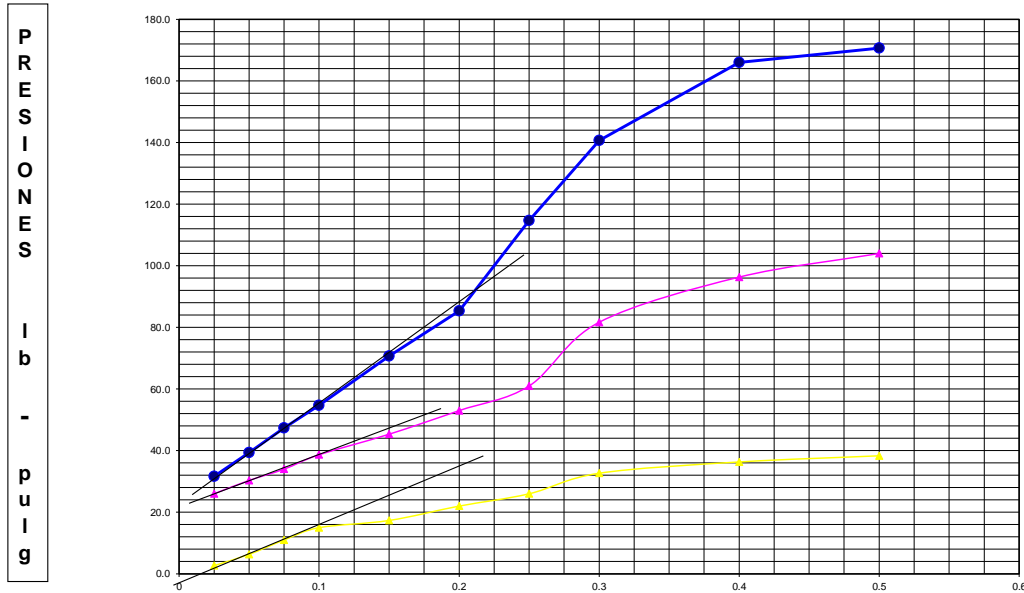
FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE No.M-62			MOLDE No.R-12			MOLDE No.MJ		
		DIAL	ESPONJAMIENTO	%	DIAL	ESPONJAMIENTO	%	DIAL	ESPONJAMIENTO	%
		0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%	0.01 mm	mm	%
13/5/2024	0	0			0			0		
14/5/2024	1	2			5			8		
15/5/2024	2	3			7			13		
16/5/2024	3	6			11			15		
17/5/2024	4	6			11			15		
18/5/2024	5	6			11			15		

DATOS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN

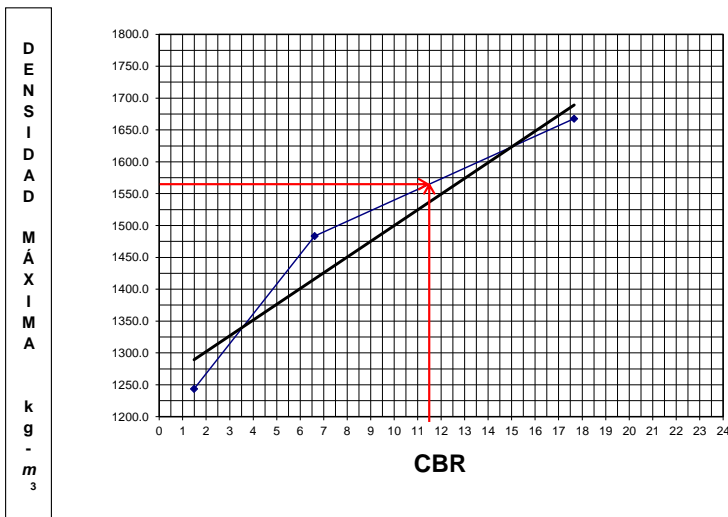
PENETRACIÓN EN PULGADAS	CARGAS TIPO lb/pulg ²	MOLDE No.M-62			MOLDE No.R-12			MOLDE No.MJ		
		CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR	%	CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR	%	CARGA DE ENSAYO	CBR CCRR	%
		DIAL	lb/pulg ²	%	DIAL	lb/pulg ²	%	DIAL	lb/pulg ²	%
0.025		95	31.7		78	26.0		8	2.7	
0.050		118	39.3		91	30.3		19	6.3	
0.075		142	47.3		102	34.0		33	11.0	
0.100	1000	164	54.7	19.97	116	38.7	7.37	45	15.0	1.50
0.150		212	70.7		136	45.3		52	17.3	
0.200		256	85.3	15.36	159	53.0	5.87	66	22.0	1.47
0.250		344	114.7		183	61.0		78	26.0	
0.300		422	140.7		245	81.7		98	32.7	
0.400		498	166.0		289	96.3		109	36.3	
0.500		512	170.7		312	104.0		115	38.3	

RESPONSABLE DEL ENSAYO
LABORATORIOS LDMS

GRÁFICOS DE PRESIONES C.B.R.



DENSIDAD MAXIMA VERSUS CBR



VALOR C.B.R.





RESUMEN DE DATOS







Límite Líquido	=	%
Límite Plástico	=	%
Índice Plástico	=	%
Índice de Grupo	=	%
Clasificación	=	ML
Grupo Símbolos	=	
Humedad Natural	=	%
Humedad Óptima	=	16.89 %
Densidad Seca	=	1668 g/cm ³
Densidad Máxima	=	1654 g/cm ³
Valor C.B.R.	=	11.50 %
95% Densidad Máxima	=	1571 g/cm ³
Espesor Sub-Base	=	cm
Espesor Base	=	cm
Espesor Base Asfáltica	=	cm
Espesor Carpeta	=	cm
Observaciones		







Anexo 3



Inventario señalización vertical

**Inventario señalización
Abscisas 0+000 a 2+400**







N°	Tipo de señal	Foto	Estado actual
1	PREVENTIVA		MALO
2	PREVENTIVA		REGULAR
3	PREVENTIVA		MALO
4	INFORMATIVA		REGULAR
5	PREVENTIVA		MALO






6	INFORMATIVA	 <p>28 may 2024 17:40:06 17M 781023 8972563 Altitud 2639.1m Diseño de Pavimento</p>	BUENO
7	PREVENTIVA	 <p>28 may 2024 17:40:28 17M 781023 8972568 Altitud 2638.2m Diseño de Pavimento</p>	MALO
8	REGULATORIA	 <p>28 may 2024 17:40:51 17M 781023 8972542 Altitud 2631.7m Diseño de Pavimento</p>	REGULAR
9	PREVENTIVA	 <p>28 may 2024 17:41:19 17M 781023 8972567 Altitud 2631.9m Diseño de Pavimento</p>	REGULAR
10	REGULATORIO	 <p>28 may 2024 17:41:49 17M 781023 8972548 Altitud 2631.9m Diseño de Pavimento</p>	MALO
11	PREVENTIVA	 <p>28 may 2024 17:42:04 17M 781023 8972563 Altitud 2631.9m Diseño de Pavimento</p>	REGULAR

12	PREVENTIVA	 <p>28 may 2024 17:42:37 17M 781228 9972934 Altitud: 2858.6m Diseño de Pavimento</p>	BUENO
13	PREVENTIVA	 <p>28 may 2024 17:43:11 17M 781228 9972934 Altitud: 2762.7m Diseño de Pavimento</p>	BUENO
14	INFORMATIVA	 <p>28 may 2024 17:43:44 17M 781228 9972934 Altitud: 2762.7m Diseño de Pavimento</p>	REGULAR
15	PREVENTIVA	 <p>28 may 2024 17:43:58 17M 781228 9972934 Altitud: 2762.7m Diseño de Pavimento</p>	REGULAR
16	PREVENTIVA	 <p>28 may 2024 17:44:18 17M 781228 9972934 Altitud: 2762.7m Diseño de Pavimento</p>	MALO
17	PREVENTIVA	 <p>28 may 2024 17:44:57 17M 781228 9972934 Altitud: 2700.3m Diseño de Pavimento</p>	MALO

18	REGULATORIA	 <p>28 May 2024 17:45:00 TAM 61.333 49.2284 Altitud 2.117m Diseño de Pavimento</p>	MALO
19	PREVENTIVA	 <p>28 May 2024 17:46:00 TAM 61.413 49.2291 Altitud 2.068.5m Diseño de Pavimento</p>	BUENO

**Inventario señalización
Abscisas 2+400 a 0+000**

N°	Tipo de señal	Foto	Estado actual
1	PREVENTIVA		REGULAR
2	PREVENTIVA		MALO
3	PREVENTIVA		MALO
4	PREVENTIVA		REGULAR
5	INFORMATIVA		BUENO
6	PREVENTIVA		MALO

7	PREVENTIVA		REGULAR
8	PREVENTIVA		MALO
9	PREVENTIVA		MALO
10	PREVENTIVA		MALO
11	PREVENTIVA		REGULAR

12	INFORMATIVA	 A photograph of a road in a foggy environment. A utility pole stands on the right side of the road, with a blue sign attached to it. The road surface is dark and appears to be asphalt. The background is obscured by thick fog.	BUENO
13	PREVENTIVA	 A photograph of a road with a utility pole on the right side. A yellow diamond-shaped sign is attached to the pole. The road has white markings. The background shows green trees and a slightly hazy sky. Metadata text is visible in the bottom right corner: "29 may 2024 17:27:21", "17m 101m 102524", "Altitud: 2837.1m", "Dirección: Surponiente".	REGULAR
14	PREVENTIVA	 A photograph of a road with a utility pole on the right side. A yellow diamond-shaped sign is attached to the pole. The road has white markings. The background shows green trees and a slightly hazy sky. Metadata text is visible in the bottom right corner: "29 may 2024 17:28:05", "17m 101m 102524", "Altitud: 2837.1m", "Dirección: Surponiente".	REGULAR