

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UPLA**  
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**TESIS**

**Análisis de la influencia de la resiliencia de suelos en  
la reducción de fallas en pavimentos flexibles,  
Izcuchaca, 2024**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA CIVIL**

**Autor:**

Bach. Espinoza Olivares Anell Aida

**Asesor:**

Mag. Reynoso Oscanoa Javier

**Línea de Investigación Institucional:**

Transporte y Urbanismo

**Fecha de inicio – Fecha de Culminación:**

24 abril 2024 – 30 agosto 2024

**Huancayo – Perú**

**2024**

## HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

---

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera

Presidente

---

Jurado

---

Jurado

---

Jurado

---

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza

Secretario Docente

### **DEDICATORIA**

La presente investigación está dedicada a Dios por brindarme la sabiduría y fortaleza para continuar con mi carrera, a mis padres que siempre lucharon por brindarme lo mejor y lucharon por hacerme una gran persona, a mi Mamita Daria quien siempre confió en que lograría este sueño y a mis amigos y familiares que hicieron posible este logro.

**Bach. Espinoza Olivares Anell Aida**

### **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a Dios por brindarme la fortaleza para seguir en ese camino, a mi casa de estudios la Universidad Peruana los Andes por formarme profesionalmente, a mi asesor por guiarme en esta investigación y ayudarme a resolver mis dudas.

**Bach. Espinoza Olivares Anell Aida**



## CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0357 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la Tesis; titulada:

**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024**

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : Bach. ESPINOZA OLIVARES ANELL AIDA

Facultad : INGENIERÍA

Escuela Académica : INGENIERÍA CIVIL

Asesor(a) : Mg. REYNOSO OSCANOJA JAVIER

Fue analizado con fecha 17/10/2024; con 232 págs.; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

Excluye citas.

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **16** %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: ***Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.***

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 17 de octubre del 2024.



MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI

JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

## CONTENIDO

Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento .....	iv
Contenido .....	vi
Contenido De Figura .....	ix
Contenido De Tablas.....	xi
Resumen.....	xi
Abstract .....	xiii
Introducción .....	14
I. Planteamiento Del Problema .....	16
1.1. Descripción Del Problema .....	16
1.1.1. Espacial .....	19
1.1.2. Temporal.....	19
1.1.3. Económico .....	20
1.2. Formulación Del Problema .....	20
1.2.1. Problema General.....	20
1.2.2. Problemas Específicos .....	20
1.3. Justificación.....	20
1.3.1. Justificación Social.....	20
1.3.2. Justificación Teórica.....	21
1.3.3. Justificación Metodológica.....	21
1.4. Limitaciones .....	21
1.5. Objetivos De La Investigación .....	22
1.5.1. Objetivo General .....	22
1.5.2. Objetivos Específicos .....	22
ii. Marco Teórico.....	23
2.1. Antecedentes Internacionales .....	23

2.2. Antecedentes Nacionales.....	25
2.3. Bases Teóricas.....	27
2.3.1. Resiliencia De Suelos .....	27
2.3.2. Factores A Tener En Cuenta Para El Diseño De Pavimentos Flexibles .....	36
2.3.3. Fallas En Pavimentos Flexibles.....	39
2.4. Marco Conceptual.....	45
III. Hipótesis.....	48
3.1. Formulación De La Hipótesis .....	48
3.1.1. Hipótesis General.....	48
3.1.2. Hipótesis Especificas .....	48
3.2. Variables .....	48
3.2.1. Definición Conceptual De Las Variables .....	48
3.2.2. Definición Operacional De Variables .....	49
3.3. Operacionalización De Variables .....	51
IV. Metodología De La Investigación .....	52
4.1. Método De Investigación .....	52
4.2. Tipo De Investigación.....	52
4.3. Nivel De Investigación .....	53
4.4. Diseño De Investigación .....	53
4.5. Población Y Muestra De Investigación.....	54
V. Resultados .....	64
VI. Analisis Y Discusion De Resultados .....	96
VII. Conclusiones.....	100
VIII.Recomendaciones .....	102
IX. Referencias Bibliográficas.....	103
Anexo N°01: Matriz De Consistencia.....	108
Anexo N°02: Matriz De Operacionalización De Variables .....	110
Anexo N°03: Matriz De Operacionalización De Instrumento .....	112

Anexo N°04: Validación Por Juicio De Expertos.....	114
Anexo N°05: Instrumento De Investigación Y Constancia De Su Aplicación .....	117
Anexo N°06: Panel Fotográfico.....	227

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Fallas comunes en los pavimentos flexibles .....	17
Figura 2. Gráfico de variación de resiliencia del suelo .....	28
Figura 3. Análisis del suelo en campo .....	29
Figura 4. Estimación del módulo resiliente para materiales granulares .....	30
Figura 5. Sección Típica de la estructura de un pavimento flexible.....	33
Figura 6. Metodología para evaluación de un pavimento .....	40
Figura 7. Fisuras y grietas por fatigamiento .....	41
Figura 8. Programa de cálculo de espesores en pérdidas por fatiga .....	42
Figura 9. Refuerzos de tensión y compresión en la estructura de un pavimento .....	43
Figura 10. Condición de la vía con y sin mantenimiento .....	45
Figura 11. Ensayo de Limite liquido .....	58
Figura 12. Grafica de plasticidad del USCS.....	59
Figura 13. Estimación del módulo resiliente .....	60
Figura 14. Variación de los resultados de la evaluación del CBR - % .....	66
Figura 15. Gráfico de variación de resultados del ensayo de Modulo de Resiliencia.....	68
Figura 16. Gráfico de variación del ensayo de Limite Liquido.....	70
Figura 17. Gráfico de variación de los resultados del Limite Plástico .....	72
Figura 18. Gráfico de la variación del Índice de plasticidad entre las muestras .....	73
Figura 19. Dimensionamiento del pavimento flexible - Resiliencia Muy alta.....	76
Figura 20. Dimensionamiento del pavimento flexible - Resiliencia Alta .....	76
Figura 21. Dimensionamiento del pavimento flexible - Resiliencia Media .....	77
Figura 22. Dimensionamiento del pavimento flexible - Resiliencia Media.....	77
Figura 23. Gráfico de la variación de las dimensiones del paquete estructural del pavimento flexible de los suelos resilientes .....	79
Figura 24. Gráfico de estabilidad y resistencia al ahuellamiento - suelos con muy alta resiliencia.....	81
Figura 25. Gráfico de la variación de la estabilidad y resistencia al ahuellamiento de suelos con alta resistencia.....	82
Figura 26. Gráfico de la variación de la estabilidad y resistencia al ahuellamiento de suelos con resiliencia media .....	83

Figura 27. Gráfico de la variación de la estabilidad y resistencia al ahuellamiento de suelos con baja resiliencia .....	84
Figura 28. Gráfico general de como varia la estabilidad en suelos resilientes .....	84
Figura 29. Calidad de drenaje de un suelo con muy alta resistencia .....	86
Figura 30. Calidad de drenaje de un suelo con alta resistencia .....	87
Figura 31. Calidad de drenaje de un suelo con suelos de resiliencia media.....	88
Figura 32. Calidad de drenaje de un suelo con resiliencia baja.....	89
Figura 33. Variación general del coeficiente de drenaje de suelos resilientes .....	90
Figura 34. Curva de simetría de Gauss - Hipótesis Especifica 1.....	91
Figura 35. Curva de simetría de Gauss - Hipótesis Especifica 2.....	93
Figura 36. Curva de simetría de Gauss - Hipótesis Especifica 3.....	95

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Ensayo más frecuentes en pavimentos flexibles. ....	32
Tabla 2 Capacidad de Drenaje.....	35
Tabla 3 Valores $m_i$ para modificar los coeficientes estructurales o de capa de base y sub base sin tratamiento para pavimentos flexibles .....	35
Tabla 4. Matriz de operacionalización de variables .....	51
Tabla 5. Rangos y Magnitudes de validez.....	61
Tabla 6. Validación de esfuerzos.....	62
Tabla 7. Rangos y Magnitudes de Confiabilidad .....	62
Tabla 8. Resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la penetración de las 10 muestras analizadas.....	65
Tabla 9. Resultados del ensayo de Modulo de Resiliencia .....	67
Tabla 10 . Cuadro de resultados obtenidos en el ensayo del límite líquido .....	69
Tabla 11. Cuadro de resultados del ensayo de Limite plástico .....	71
Tabla 12. Resultados obtenidos del análisis del índice de plasticidad .....	73
Tabla 13. Dimensionamiento del paquete estructural con un suelo resiliente.....	78
Tabla 14. Resultados de la estabilidad y resistencia al ahuellamiento .....	80
Tabla 15. Resultados de la estabilidad y resistencia al ahuellamiento .....	86

## RESUMEN

En la tesis "Análisis de la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas en pavimentos flexibles, Izcuchaca, 2024", se plantea como problema principal determinar cómo influye la resiliencia de los suelos en la disminución de fallas en pavimentos flexibles. El objetivo general es establecer dicha influencia, mientras que la hipótesis sostiene que la resiliencia de los suelos tiene un impacto significativo en la reducción de fallas. Para cumplir este propósito, se utilizó el método científico con un enfoque aplicado, de tipo correlacional y diseño experimental. El principal hallazgo fue que la resiliencia del suelo afecta el diseño, la estabilidad, la resistencia al ahuellamiento y la capacidad de drenaje del pavimento, lo que subraya la importancia de adaptar el diseño a las características específicas del suelo. La investigación concluye que la resiliencia del suelo es un factor clave en el diseño, la estabilidad y la durabilidad de los pavimentos flexibles.

**Palabras Clave:** Módulo de resiliencia, Serviciabilidad, Calidad de drenaje, Fallas por fatiga, Deformación plástica y Fallas por hundimiento.



## ABSTRACT

In this thesis titled "Analysis of the Influence of Soil Resilience on the Reduction of Failures in Flexible Pavements, Izcuchaca, 2024," the general problem has been stated as: What is the influence of soil resilience on the reduction of failures in flexible pavements, Izcuchaca 2024? The general objective is: To determine the influence of soil resilience on the reduction of failures in flexible pavements, Izcuchaca 2024. The general hypothesis is: Soil resilience significantly influences the reduction of failures in flexible pavements, Izcuchaca 2024. To achieve the objective, the Scientific research method was used, of an applied type, with a correlational research level and experimental design. The main result obtained was the impact of soil resilience on pavement design, stability, rutting resistance, and drainage capacity, which reveals the need to customize pavement design according to the specific properties of the soil. The research concluded that soil resilience is a determining factor in the design, stability, and durability of flexible pavements.

Keywords: Resilient Modulus, Serviceability, Drainage Quality, Fatigue Failures, Plastic Deformation, and Rutting Failures.

## INTRODUCCIÓN

El buen desempeño de los pavimentos flexibles es esencial para asegurar la durabilidad y seguridad de las vías de transporte, sobre todo en áreas con suelos que presenten condiciones adversas. En este contexto, la resiliencia de los suelos se convierte en un factor determinante, ya que afecta directamente la capacidad del pavimento para soportar cargas y resistir deformaciones a lo largo del tiempo. El estudio titulado "Análisis de la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas en pavimentos flexibles, Izcuchaca, 2024" se enfoca en analizar cómo las propiedades resilientes de los suelos subyacentes influyen en la aparición de fallas en pavimentos flexibles y cómo los diseñadores pueden aprovechar esta característica del suelo para lograr un diseño adecuado y un óptimo desempeño de los

El objetivo de esta investigación es establecer la relación entre la resiliencia de los suelos y la reducción de fallas en los pavimentos flexibles de Izcuchaca. Para ello, se estudiarán diversas propiedades mecánicas de los suelos y su comportamiento frente a cargas repetitivas, con el fin de identificar correlaciones que permitan predecir el rendimiento de los pavimentos flexibles.

La importancia de esta investigación radica en la posibilidad de optimizar tanto el diseño como el mantenimiento de pavimentos flexibles, lo que podría traducirse en una mayor vida útil de las carreteras y una disminución de los costos asociados con reparaciones y reconstrucciones, ya que las fallas en las vías suelen ocasionar numerosos accidentes de tránsito. Además, los resultados obtenidos podrían ser el punto de partida para futuras investigaciones y el desarrollo de nuevas técnicas de construcción más adaptadas a las condiciones del suelo en regiones similares.

### **EL CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El capítulo I muestra la presentación del panorama internacional, nacional y local de la problemática planteada, así mismo se presentaron los problemas a evaluar y cuales son nuestros objetivos con la investigación desarrollada.

### **EL CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

El capítulo II presenta los antecedentes internacionales y nacionales de nuestra investigación, los cuales sirven como parámetro de estudio para el estudio; asimismo se muestra los conceptos claves a usar durante el desarrollo de la investigación.

### **EL CAPÍTULO III: HIPÓTESIS**

El capítulo III presenta la hipótesis planteada para la investigación, una definición conceptual y operacional de las variables de la investigación.

### **EL CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA**

Este capítulo presenta la metodología, el tipo, nivel y diseño de la investigación, además de un análisis de la población y la muestra, junto con las técnicas e instrumentos que respaldan el desarrollo de la investigación.

### **EL CAPÍTULO V: RESULTADOS**

Se muestra la descripción de nuestro diseño y resultados de nuestra investigación, además se presenta la contrastación de las hipótesis específicas.

### **EL CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En esta sección se presenta una discusión de los resultados en base a nuestros antecedentes, recomendaciones, conclusiones, matriz y anexos que sustentan la investigación, tales como los certificados de laboratorio y panel fotográfico.

**Bach. Espinoza Olivares Anell Aida**

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción del Problema

A nivel mundial, la calidad de las infraestructuras viales es un indicador clave del desarrollo económico y social de un país. Los pavimentos flexibles, que son los más utilizados en carreteras debido a su adaptabilidad y costos relativamente bajos, sufren un deterioro continuo que representa un desafío importante para la ingeniería civil. Este desgaste está directamente relacionado con la resiliencia de los suelos subyacentes, la cual varía considerablemente según la región geográfica. Según el Informe mundial sobre seguridad vial del Banco Mundial (2022), aunque existen múltiples causas de fallas en el pavimento, la baja resiliencia del suelo es un factor clave. Suelos con baja capacidad de soporte y alta susceptibilidad a deformaciones, como los suelos arcillosos expansivos, no solo aceleran el deterioro del pavimento, sino que también aumentan el riesgo de accidentes. Zhang et al. (2021) demostraron que en carreteras de alto tráfico en Estados Unidos, la resiliencia del suelo es esencial para prevenir fallas como el ahuellamiento, que reduce la adherencia de los neumáticos y aumenta las probabilidades de accidentes graves. Además, un estudio realizado en Europa por Al-Qadi et al. (2020) mostró que las fallas estructurales asociadas a las condiciones del suelo pueden reducir la vida útil del pavimento hasta en un 50%, lo que genera mayores costos de mantenimiento y un mayor riesgo para los conductores.



*Figura 1. Fallas comunes en los pavimentos flexibles*

*Fuente: CONSTRUNEIC*

El A nivel global, las perspectivas a largo plazo para infraestructuras en áreas con suelos de baja resiliencia son desalentadoras. Si no se adoptan técnicas avanzadas de construcción y mantenimiento que consideren las características del suelo, se proyecta que las fallas en pavimentos podrían aumentar en un 30% en las próximas dos décadas, lo que implicaría serias consecuencias no solo para la seguridad vial, sino también en términos económicos y ambientales (Ahn & Lee, 2019). En el sudeste asiático, donde predominan los suelos arcillosos y el clima monzónico, el deterioro de los pavimentos flexibles es mucho más rápido, aumentando la frecuencia de accidentes y la necesidad de intervenciones constantes. Esta situación pone en evidencia la importancia de investigaciones sobre la resiliencia del suelo como un medio para mejorar la durabilidad de las carreteras y prevenir accidentes.

En el Perú, la situación de las infraestructuras viales es crítica debido a la diversidad geológica y climática del país. Con más del 60% de las carreteras en mal estado, el país enfrenta un reto enorme en el mantenimiento de su red vial (MTC, 2023). Las fallas en pavimentos flexibles, como el ahuellamiento, fisuras y deformación plástica, son comunes y reflejan la insuficiente capacidad del suelo para soportar las cargas de tráfico. El impacto de estas fallas en la seguridad vial es significativo, ya que los accidentes relacionados con el mal estado de las vías representan alrededor del 25% de los siniestros en zonas rurales (INEI, 2022). En áreas como la sierra peruana, donde las carreteras son esenciales para la conectividad, las fallas en pavimentos no solo dificultan la movilidad, sino que también ponen en riesgo la vida de los usuarios. Vargas & Pérez (2020) demostraron que en la región

andina, las carreteras construidas sobre suelos de baja resiliencia tienen un 30% más de probabilidades de fallar en los primeros cinco años de operación, aumentando los costos de mantenimiento y el riesgo de accidentes.

El pronóstico para las infraestructuras viales en el Perú es preocupante si no se mejoran las técnicas de construcción considerando la resiliencia del suelo. Se estima que el costo de mantenimiento de las carreteras podría incrementarse en un 50% para el 2030, con un aumento paralelo en los accidentes de tránsito (INEI, 2022). Esto afectaría tanto la economía nacional como la calidad de vida de la población, especialmente en regiones vulnerables que dependen de carreteras en buen estado para acceder a servicios básicos y mercados.

En Izcuchaca, región de Huancavelica, los pavimentos flexibles enfrentan desafíos específicos debido a la baja capacidad portante de los suelos locales, que son altamente susceptibles al colapso cuando se saturan. Esto ha provocado un aumento en las fallas de las carreteras locales, como ahuellamientos y fisuras, lo que incrementa el riesgo de accidentes, especialmente en temporadas de lluvia (DRTH, 2023). Estas fallas están directamente relacionadas con la naturaleza del suelo y la falta de técnicas de construcción adaptadas a las condiciones locales. Un informe de la DRTH (2023) revela que más del 70% de las vías en Izcuchaca presentan algún grado de deterioro prematuro, y las fallas más graves se encuentran en carreteras que conectan comunidades rurales con la capital regional. Además de interrumpir el tránsito, estas fallas han sido asociadas con un aumento del 20% en los accidentes de tránsito en los últimos cinco años.

El futuro de la infraestructura vial en Izcuchaca es sombrío si no se abordan las causas subyacentes de las fallas en los pavimentos. Se espera que las fallas aumenten en un 40% en la próxima década, lo que tendría un impacto considerable en la conectividad regional y en la economía local, que depende del transporte terrestre para movilizar productos agrícolas y minerales (DRTH, 2023). Además, la falta de resiliencia en los suelos podría incrementar los costos de mantenimiento en un 60%, comprometiendo la sostenibilidad de las inversiones públicas en infraestructura. Este escenario resalta la urgencia de investigaciones sobre la influencia de la resiliencia del suelo en la durabilidad de los pavimentos, con el fin de mejorar la seguridad vial y reducir los costos de mantenimiento en Izcuchaca y otras áreas con condiciones geológicas similares.

Las causas de las fallas en los pavimentos flexibles en Izcuchaca y otras zonas con suelos de baja resiliencia son múltiples. Entre ellas se encuentran la insuficiente capacidad del suelo para soportar cargas repetitivas, la presencia de agua que debilita la estructura del suelo y el diseño de pavimentos que no se ajusta adecuadamente a las condiciones geológicas locales. Los síntomas de estas fallas incluyen el ahuellamiento, las grietas y la deformación del pavimento, que evidencian que los suelos no cumplen con las demandas impuestas por el tráfico y el clima.

El panorama es alarmante si estos problemas no se resuelven. Se anticipa un aumento en los costos de reparación, una reducción significativa en la vida útil de las carreteras y un mayor riesgo de accidentes, lo que subraya la importancia de estudios como el presente, que buscan comprender y mitigar estos problemas considerando la resiliencia del suelo como un factor crucial en la planificación y construcción de infraestructuras viales. Si no se mejoran las técnicas de construcción y mantenimiento adaptadas a las condiciones del suelo, el futuro de las carreteras en regiones como Izcuchaca es incierto, con graves implicaciones para la seguridad y el desarrollo local.

#### **1.1.1. Espacial**

Este estudio se delimita espacialmente a la localidad de Izcuchaca, situada en la región andina del Perú. Izcuchaca se caracteriza por un tráfico vehicular variado y condiciones climáticas específicas que influyen en el desempeño de los pavimentos flexibles. La investigación se enfocará en las principales vías de acceso y transporte de la zona, analizando específicamente los suelos subyacentes a estas carreteras. La delimitación incluye tanto áreas urbanas como rurales dentro de Izcuchaca, permitiendo una evaluación integral de las diferentes condiciones del terreno y su impacto en la resiliencia del pavimento.

#### **1.1.2. Temporal**

Este estudio abarca un período de análisis comprendido entre junio y Setiembre del año 2024. Durante este tiempo, se llevarán a cabo diversas actividades de recolección de datos, incluyendo ensayos de laboratorio y evaluaciones in situ de las condiciones del suelo y del pavimento. Además, se realizará un seguimiento continuo de las condiciones del pavimento y las características resilientes del suelo, permitiendo obtener una visión completa y precisa de cómo estos factores influyen en la aparición y mitigación de fallas en los pavimentos flexibles.

### **1.1.3. Económico**

El desarrollo de la investigación ha sido financiado en el 100% por parte de la autora.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cuál es la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas por fatiga en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024?
- b) ¿Cuál es la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas por deformación plástica en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024?
- c) ¿Cuál es la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas por hundimiento en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Justificación social**

Según Álvarez Risco, (2020), Este involucra detallar cómo los resultados de la investigación contribuirán a transformar la realidad en el ámbito estudiado.

El análisis de la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas en pavimentos flexibles en Izcuchaca tiene una profunda justificación social. Mejorar la durabilidad y funcionalidad de los pavimentos reduce los costos de mantenimiento y reparación, aumenta la seguridad y comodidad de los usuarios, y mejora la calidad de vida de los habitantes. Una red vial eficiente facilita el acceso a servicios esenciales como educación, salud y comercio, promueve el desarrollo económico al mejorar las condiciones para el comercio local y regional, y es vital para la respuesta ante emergencias y desastres naturales. Por lo tanto, este estudio no solo tiene un impacto técnico y económico, sino que también fortalece el tejido social al garantizar una movilidad segura y eficiente para todos los habitantes de Izcuchaca, justificando plenamente su relevancia social.



### **1.3.2. Justificación teórica**

Según Méndez Álvarez, (2020), se señala que la justificación teórica ocurre cuando el objetivo del estudio provoca reflexión y debate académico sobre el conocimiento actual, confronta una teoría, compara resultados o realiza una epistemología del conocimiento existente.

El análisis de la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas en pavimentos flexibles en Izcuchaca se fundamenta teóricamente en los principios de la mecánica de suelos y la ingeniería de pavimentos, que establecen que el módulo de resiliencia del suelo es crucial para soportar y recuperar su forma bajo cargas repetitivas, influyendo directamente en la durabilidad del pavimento. La teoría de la fatiga y el comportamiento viscoelástico de los materiales de pavimentación explican cómo las cargas cíclicas afectan la estructura del pavimento, destacando la importancia de la capacidad de recuperación del suelo para prevenir fallas prematuras.

### **1.3.3. Justificación metodológica**

Según Fernández Bedoya V. H., (2020) “Indica que un estudio se justifica metodológicamente cuando se desarrollará un nuevo instrumento para recolectar o analizar datos, o se propone una nueva metodología que permita experimentar con una o más variables de manera diferente o estudiar de manera más precisa la población.”.

La justificación metodológica de este estudio radica en la aplicación de técnicas y procedimientos científicos rigurosos para evaluar la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas en pavimentos flexibles en Izcuchaca. Utilizando ensayos de laboratorio, como el ensayo triaxial cíclico, se medirá el módulo de resiliencia de los suelos. Esta metodología proporcionará datos precisos y confiables que servirán de base para desarrollar modelos predictivos y estrategias de diseño, asegurando la validez y aplicabilidad de los resultados obtenidos para mejorar la infraestructura vial en Izcuchaca.

## **1.4. Limitaciones**

La investigación enfrentó contratiempos, principalmente en la búsqueda de información sobre suelos resilientes en localidades pequeñas. Debido a la escasez de estudios específicos para estas áreas, fue necesario recurrir a investigaciones de otros países.

## **1.5. Objetivos de la investigación**

### **1.5.1. Objetivo general**

Determinar la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas por fatiga en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024.
- b) Determinar la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas por deformación plástica en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024.
- c) Determinar la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas por hundimiento en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes Internacionales

(Mejía Mata, 2020) En la tesis doctoral titulada "Hemerobia y resiliencia del suelo: Propuesta de un modelo ambiental matemático", se planteó como objetivo principal desarrollar un modelo ambiental matemático (MAM) que integre las variables de hemerobia y resiliencia de los suelos. La finalidad era correlacionar los efectos ambientales derivados del uso del suelo mediante el Índice Hemeróbico Resiliente Edáfico (IHRE). Para alcanzar los resultados, se llevaron a cabo trabajos de campo que incluyeron la selección de unidades morfoedáficas, la clasificación de suelos según la FAO y análisis físico-químicos de fertilidad en laboratorio. La investigación se sustentó en una sólida base teórica, con referencias clave sobre hemerobia y resiliencia del suelo. Asimismo, se abordaron aspectos de geomorfología y geopedología que sirvieron como fundamento para el desarrollo de la metodología y los procedimientos de laboratorio. Este enfoque permitió la creación de un modelo matemático que evalúa la interacción entre el uso humano y la resiliencia del suelo, contribuyendo a una mejor gestión ambiental.

(Carrera, 2019) En su tesis de maestría titulada "Importancia de las condiciones de humedad y tipo de suelo de desplante en el desempeño de un pavimento para la ciudad de Morelia", la investigación se enfoca en analizar cómo las condiciones de humedad y el tipo de suelo subyacente (suelo base sobre el que se construye el pavimento) afectan el rendimiento de los pavimentos en Morelia. El objetivo del estudio es comprender cómo estos

factores influyen en la durabilidad y la integridad estructural del pavimento. Las variaciones en la humedad pueden provocar cambios en las propiedades mecánicas del suelo, lo que impacta su capacidad de carga y resiliencia. Además, el tipo de suelo de desplante determina las características de soporte y estabilidad del pavimento. Al evaluar estos aspectos, la investigación tiene como propósito proporcionar recomendaciones para optimizar el diseño y mantenimiento de los pavimentos, garantizando así una mayor vida útil y eficiencia de las infraestructuras viales en la comunidad.

(Forero Muñoz, 2023) En la investigación titulada “Caracterización del material de sub-base de la cantera La Caima, Alvarado Tolima, y evaluación de su calidad en la determinación del módulo resiliente”, se analiza cómo las autopistas y carreteras proporcionan alternativas de conectividad, seguridad y confort, y cómo impactan en el desarrollo económico y social de un país. La ingeniería de pavimentos se dedica a realizar estudios detallados de caracterización de materiales para optimizar el diseño, construcción, mantenimiento y rehabilitación de infraestructuras viales. En este marco, el estudio evaluó el comportamiento de una subbase granular a la que se le añadió material asfáltico recuperado (RAP) y ceniza del bagazo de caña de azúcar (CBCA), con el fin de determinar su efecto en el módulo resiliente y el CBR (California Bearing Ratio). La evaluación se llevó a cabo conforme a las normas de INVIAS, incorporando RAP y CBCA en porcentajes del 5%, 10% y 15%, para comparar estos resultados con una subbase sin adición (0%). Los hallazgos indicaron que la inclusión de CBCA al 5% incrementó la rigidez de la subbase granular en un 25%, mientras que al 10% se observó una disminución del 77% en la rigidez. En el ensayo CBR, se notó una variación del 11% en la relación de soporte con la adición del 5% de CBCA, pero un incremento del 4% en rigidez con el 10% de CBCA, lo que resultó inconsistente. Finalmente, se concluyó que la adición de RAP en los porcentajes analizados no mejoró la subbase granular, dado que los valores de CBR y los módulos resilientes fueron inferiores a los de la subbase sin adición.

(JONES, David, 2020), En su tesis para obtener el título de Máster en Ingeniería de Transporte, llevó a cabo la investigación titulada: “ANÁLISIS DE LA EFICACIA DE ESTABILIZADORES ORGÁNICOS EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DE SUELOS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES”. El objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad de estabilizadores orgánicos para mejorar las propiedades físico-mecánicas de los suelos destinados a pavimentos flexibles en la región de Perth, Australia. Utilizó un enfoque experimental mediante ensayos de laboratorio, enfocándose en medir la resistencia a la

compresión y la estabilidad de los suelos tratados con estabilizadores orgánicos como biopolímeros y compost. Los resultados mostraron que los biopolímeros lograron una mejora significativa en la cohesión y capacidad de carga del suelo, mientras que el compost proporcionó beneficios moderados en términos de estabilidad. Finalmente, concluyó que los estabilizadores orgánicos representan una alternativa viable para mejorar la calidad de los suelos en pavimentos flexibles.

(GARCÍA, Luis, 2021) , En su tesis para optar al grado de Doctor en Ingeniería Civil, llevó a cabo la investigación titulada: “EFECTO DE LOS ADITIVOS INORGÁNICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS”. El objetivo de este estudio fue analizar el impacto de los aditivos inorgánicos en la estabilización de suelos expansivos en la construcción de pavimentos rígidos en la región de Santiago, Chile. Se empleó un método experimental, realizando pruebas de laboratorio para evaluar la reducción del índice de plasticidad y la mejora en la resistencia al corte de los suelos tratados con aditivos como cal y cemento. Los resultados indicaron que la cal fue efectiva en reducir el índice de plasticidad y aumentar la capacidad de carga del suelo, mientras que el cemento proporcionó mejoras adicionales en la resistencia estructural. En conclusión, se determinó que la aplicación adecuada de aditivos inorgánicos es fundamental para la estabilización efectiva de suelos expansivos en pavimentos rígidos.

## **2.2. Antecedentes nacionales**

(Pérez Pacori, 2021), En su investigación titulada: “Modelos de ajuste de carga para evaluar estructuralmente capas de suelos de un pavimento flexible”, se adopta un enfoque cuantitativo para abordar problemas como huecos, ahuellamientos, hundimientos y deficiencias en la capacidad de soporte estructural de los pavimentos. El objetivo es desarrollar modelos de ajuste de carga que permitan una evaluación estructural de las capas de suelos en pavimentos flexibles, utilizando representaciones gráficas basadas en datos de campo. Antes de aplicar las capas estructurales, se llevó a cabo un estudio de diseño estructural del pavimento, utilizando el software Pitrapave para obtener un modelo de análisis mecánico del suelo y determinar la deflexión admisible para cuatro tipos de pavimentos flexibles. Tras la conformación de las capas de suelos, se realizaron ensayos in situ con un dispositivo portátil llamado Light Falling Weight Deflectometer. Los datos obtenidos facilitaron el desarrollo de un modelo matemático de deformación del suelo, el cual determinó la deflexión bajo una carga de 41 kN. Estos resultados se compararon con los patrones obtenidos mediante ensayos con el equipo Viga Benkelman.

(Matías Santos, 2021), En su investigación titulada: “Metodología de relación para evaluar la compactación en capas granulares de un pavimento flexible”, se adopta un enfoque cuantitativo que busca abordar el problema del deterioro del pavimento, evidenciado por la aparición de huecos, ahuellamientos y hundimientos. El objetivo principal es crear una metodología para evaluar la compactación de las capas granulares del pavimento, utilizando una ecuación lineal fundamentada en datos de campo. Para esto, se llevó a cabo un estudio preliminar de los materiales y se estableció una correlación entre los resultados obtenidos con el cono de arena y el densímetro nuclear, antes de aplicar las capas estructurales del suelo en el pavimento flexible. Asimismo, se utilizó el Light Weight Deflectometer (LWD) para desarrollar una metodología de prospección del suelo que ofrezca información sobre las capas granulares. Una vez formadas las capas, se realizaron ensayos in situ utilizando el Light Falling Weight Deflectometer y un densímetro nuclear. Con los datos recogidos, se formuló una metodología para relacionar el soporte estructural, determinando el grado de compactación a partir del equipo LWD y correlacionando los resultados de densidad y deflexión.

(Virto Tomasto, 2022), En su investigación titulada: “Influencia del uso del Sistema Geomalla Biaxial en el espesor de la estructura de pavimentos rígidos sobre suelos cohesivos”, se aborda el problema de construir pavimentos sobre suelos cohesivos, que generalmente presentan baja resistencia y características complicadas. La utilización de estos suelos como base para el diseño de pavimentos implica la necesidad de aumentar el espesor de las capas granulares y la carpeta de rodadura, lo que conlleva un incremento significativo en los costos y el tiempo de construcción. Para contrarrestar este desafío, en los últimos años se han propuesto diversas soluciones que buscan mejorar las propiedades de los suelos cohesivos, tales como la aplicación de aditivos químicos, métodos mecánicos, mejoras con productos asfálticos y el uso de geosintéticos. En este contexto, el estudio se centra en evaluar el impacto del uso de Geomalla Biaxial como refuerzo en la subrasante de un proyecto vial, analizando su efecto en las capas de subbase y base que componen la estructura del pavimento.

(MORALES, Ricardo, 2022), En su tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, llevó a cabo la investigación titulada: “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE ADITIVOS NATURALES EN LA MEJORA DE LA ESTABILIDAD DE SUELOS PARA PAVIMENTOS EN LA REGIÓN DE CUSCO”. El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de aditivos naturales, como la cal y el polvo de piedra, en las propiedades físico-

mecánicas de los suelos destinados a pavimentos en Cusco, Perú. Utilizando un enfoque experimental, se realizaron ensayos de laboratorio para determinar la capacidad de carga, la compresibilidad y la resistencia al corte de los suelos tratados. Los resultados mostraron que la cal mejoró de manera significativa la estabilidad y resistencia de los suelos, mientras que el polvo de piedra presentó beneficios más limitados. Se concluyó que la cal es un aditivo efectivo para mejorar la calidad de los suelos en la construcción de pavimentos en esta región.

(CASTRO, José, 2023), En su tesis para obtener el grado de Magíster en Ingeniería de Pavimentos, realizó la investigación titulada: “IMPACTO DE LA ADICIÓN DE FIBRAS EN LA RESILIENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN LA ZONA DE LIMA METROPOLITANA”. El objetivo de este estudio fue analizar cómo la incorporación de fibras sintéticas afecta la resistencia y durabilidad de las mezclas asfálticas en Lima, Perú. Empleó métodos experimentales y llevó a cabo ensayos de laboratorio para evaluar la resistencia a la deformación y la fatiga de las mezclas asfálticas, variando los tipos y concentraciones de fibras. Los resultados indicaron que las fibras sintéticas contribuyeron a mejorar tanto la resistencia a la deformación como la durabilidad de las mezclas asfálticas, especialmente en situaciones de tráfico intenso. Se concluyó que la adición de estas fibras es ventajosa para extender la vida útil de los pavimentos en áreas urbanas con alta carga de tráfico.

## **2.3. Bases teóricas**

### **2.3.1. Resiliencia de suelos**

La resiliencia de los suelos se define como su capacidad para resistir, adaptarse y recuperarse de perturbaciones o cambios, que pueden incluir estrés ambiental, uso intensivo en la agricultura, erosión, contaminación y efectos del cambio climático. Esta capacidad está influenciada por diversas características del suelo, como su estructura, composición, contenido de materia orgánica, biodiversidad microbiana y la cantidad de nutrientes presentes.

Un suelo resiliente es capaz de mantener su funcionalidad y seguir ofreciendo servicios ecosistémicos fundamentales, como la producción agrícola, la regulación del ciclo del agua, la filtración de contaminantes y el almacenamiento de carbono, incluso tras enfrentar perturbaciones. Para mejorar la resiliencia del suelo, se pueden implementar prácticas de manejo sostenible, que incluyen la rotación de cultivos, la

incorporación de materia orgánica, la reducción de la labranza, la instalación de cobertura vegetal permanente y la utilización de técnicas de conservación del agua y el suelo.

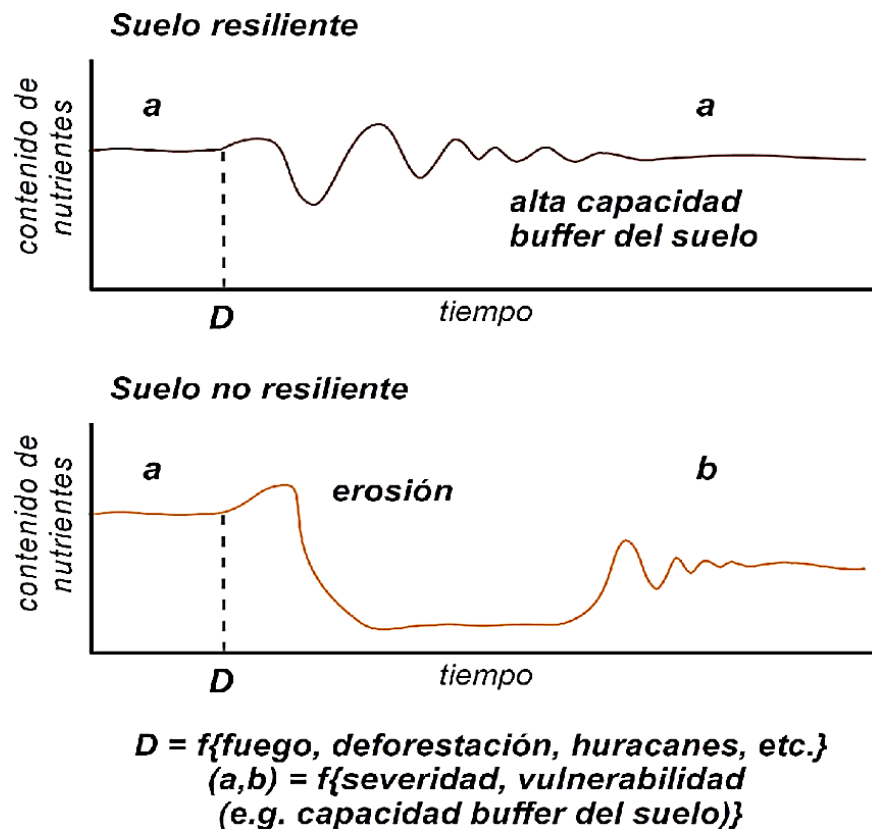


Figura 2. Gráfico de variación de resiliencia del suelo

Fuente: ResearchGate

### 2.3.1.1. Metodologías y criterios de evaluación

Para evaluar la resiliencia de los suelos, se requiere un enfoque multifacético que incorpora diversas metodologías y técnicas. Algunas de las principales metodologías para evaluar la resiliencia de suelos incluyen:

- **Análisis Físico del Suelo:** La evaluación de la resiliencia del suelo inicia con un análisis físico que abarca la determinación de su textura y estructura. Esto implica examinar la distribución de partículas de arena, limo y arcilla, así como la agregación del suelo. También es crucial medir la porosidad y la densidad aparente del suelo para comprender su capacidad de retener aire y agua, además de evaluar la estabilidad de los agregados para determinar su resistencia a la descomposición causada por el agua.

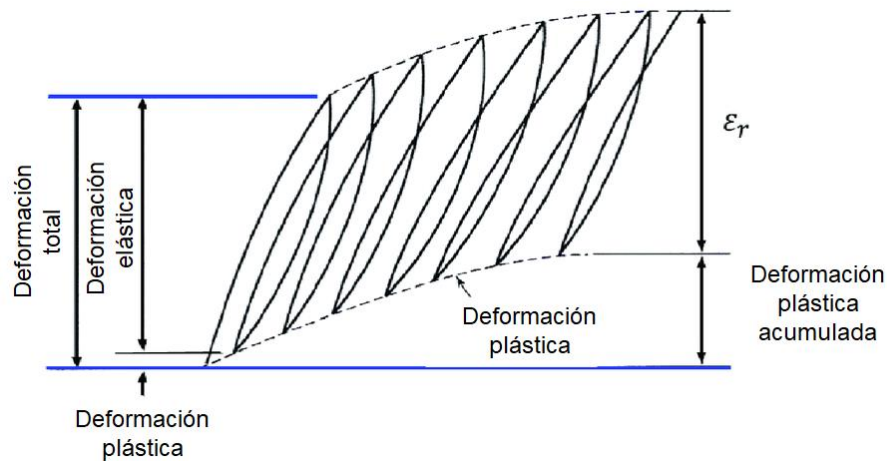




*Figura 3. Análisis del suelo en campo*

*Fuente: Agronet*

- **Análisis Químico del Suelo:** El análisis químico del suelo es esencial para evaluar su resiliencia. Esto implica medir el contenido de materia orgánica, que es fundamental para la fertilidad y la estructura del suelo. La evaluación de los niveles de nutrientes esenciales, como nitrógeno, fósforo y potasio, así como del pH del suelo, ofrece información sobre su capacidad para sustentar el crecimiento de las plantas. Además, se mide la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo para determinar su habilidad para retener y suministrar nutrientes a las plantas.
- **Análisis Biológico del Suelo:** El análisis biológico del suelo es un elemento crucial para evaluar su resiliencia. Este proceso incluye la evaluación de la biodiversidad microbiana, que refleja la diversidad y actividad de los microorganismos en el suelo. Medir la biomasa microbiana actúa como un indicador de la salud del suelo, mientras que la evaluación de la actividad enzimática revela su capacidad para descomponer materia orgánica y reciclar nutrientes.
- **Indicadores de Resiliencia:** Los indicadores específicos de resiliencia del suelo abarcan la capacidad de retención e infiltración de agua, que miden la habilidad del suelo para almacenar y permitir la penetración del agua. Además, es esencial evaluar la resistencia del suelo a la erosión, tanto hídrica como eólica, para comprender su vulnerabilidad ante estos procesos degradativos.



**Figura 4. Estimación del módulo resiliente para materiales granulares**

**Fuente: SciELO**

El gráfico ilustra la relación entre la deformación total, la deformación elástica y la deformación plástica en un material expuesto a esfuerzos repetidos. En el eje vertical se representa la deformación total, que abarca tanto la deformación elástica como la plástica, mientras que en el eje horizontal se muestra la evolución en el tiempo o el número de ciclos de carga. La deformación elástica se refiere a la parte reversible de la deformación, es decir, aquella que desaparece al retirar la carga. En contraste, la deformación plástica es permanente y se acumula con el tiempo, resultando en una deformación plástica acumulada que no se recupera.

Este gráfico es pertinente en el contexto de la resiliencia de suelos, ya que permite evaluar la capacidad del suelo para soportar cargas sin experimentar deformaciones permanentes significativas. Un suelo con alta resiliencia presentará una mayor proporción de deformación elástica en comparación con la plástica, lo que indica que puede retornar a su forma original tras la carga. Por el contrario, un suelo menos resiliente acumulará más deformación plástica, lo que podría conducir a fallas en el pavimento o a otros problemas estructurales a lo largo del tiempo.

- **Pruebas de Estabilidad del Suelo Bajo Estrés:** Las pruebas de estabilidad del suelo bajo estrés son esenciales para valorar su resiliencia. Estas incluyen ensayos de compactación, que permiten determinar la resistencia del suelo a la compactación cuando está bajo carga. Asimismo, las pruebas de ciclos de humedad-secado examinan cómo el suelo reacciona a ciclos repetidos de

humedecimiento y secado, ofreciendo información sobre su capacidad de recuperación.

- **Modelado y Simulación:** El modelado y la simulación son herramientas efectivas para anticipar la resiliencia del suelo. Los modelos de predicción de resiliencia emplean datos recopilados para estimar cómo responderá el suelo a distintas perturbaciones. Además, las simulaciones de impactos climáticos y del uso del suelo permiten evaluar el efecto de diversos escenarios de cambio climático y prácticas de manejo sobre la resiliencia del suelo.

- **Monitoreo a Largo Plazo:** Finalmente, el monitoreo a largo plazo es fundamental para una evaluación integral de la resiliencia del suelo. Implementar estudios de campo y parcelas de monitoreo a largo plazo permite observar las variaciones en las propiedades del suelo y su capacidad de recuperación a lo largo del tiempo. Las redes de monitoreo ambiental también ofrecen datos valiosos sobre la salud y resiliencia del suelo en diversas regiones, lo que contribuye a una comprensión más profunda y detallada de estos procesos.

### **2.3.1.2. Serviciabilidad en suelos**

La serviciabilidad en suelos se refiere a la capacidad de un suelo para mantener su funcionalidad y rendimiento estructural a lo largo del tiempo, asegurando que las infraestructuras construidas sobre él se mantengan estables y operativas durante su vida útil. Esta característica es crucial para garantizar la seguridad y durabilidad de las construcciones, ya que un suelo con alta serviciabilidad debe soportar las cargas aplicadas sin sufrir deformaciones excesivas ni fallos estructurales. Además, debe poder adaptarse a movimientos y cambios ambientales sin comprometer su integridad.

Para evaluar la serviciabilidad de un suelo, es necesario considerar varios factores técnicos. En primer lugar, la estabilidad estructural y la deformabilidad del suelo son fundamentales, ya que determinan su capacidad para soportar cargas y adaptarse a movimientos sin comprometer la estructura que se encuentra encima. En segundo lugar, el drenaje y la permeabilidad del suelo son vitales para prevenir la acumulación de agua, que podría provocar saturación y debilitar el suelo, aumentando el riesgo de fallos estructurales. También es esencial la resistencia a la

erosión para asegurar que el suelo no se degrade por la acción del agua o el viento, lo que podría socavar las bases de las estructuras.

La resiliencia del suelo ante cambios ambientales y su compatibilidad con los materiales de construcción utilizados son aspectos igualmente importantes. Un suelo resiliente debe mantener su funcionalidad frente a variaciones climáticas, como cambios en la humedad y temperatura, que pueden afectar sus propiedades físicas y mecánicas. Asimismo, la adecuada interacción entre el suelo y los materiales de construcción es crucial para evitar reacciones adversas que puedan comprometer la integridad de la estructura. Evaluar la serviciabilidad del suelo implica realizar pruebas y análisis rigurosos, como ensayos de carga, estudios de compactación y análisis de permeabilidad, garantizando que el suelo cumpla con los requisitos del proyecto de construcción.

Propiedades y características	AASHTO	ASTM	MTC	Frecuencia	Lugar de muestreo
<i>Granulometría</i>	T88	D422	E109	1 cada 1,500 m <sup>3</sup>	cantera
<i>Limite Líquido</i>	T89	D423	E110	1 cada 1,500 m <sup>3</sup>	Pista
<i>Índice de plasticidad</i>	T90	D4318	E111	750 m <sup>3</sup>	Pista
<i>Materia Orgánica</i>	T267	....	E118	1 cada 10,000 m <sup>3</sup>	....
<i>CBR</i>	T193	D1883	E132	2,000m <sup>3</sup>	cantera
<i>Compactación</i>	T191	D4718	E117	250 m <sup>3</sup>	Pista
	T238	D2922	E124		
<i>Densidad</i>	T180	D1557	E115	1 cada 2,500 m <sup>3</sup> (en cada capa)	Tramo 1500 m <sup>2</sup>
	T191	D1556	E117		

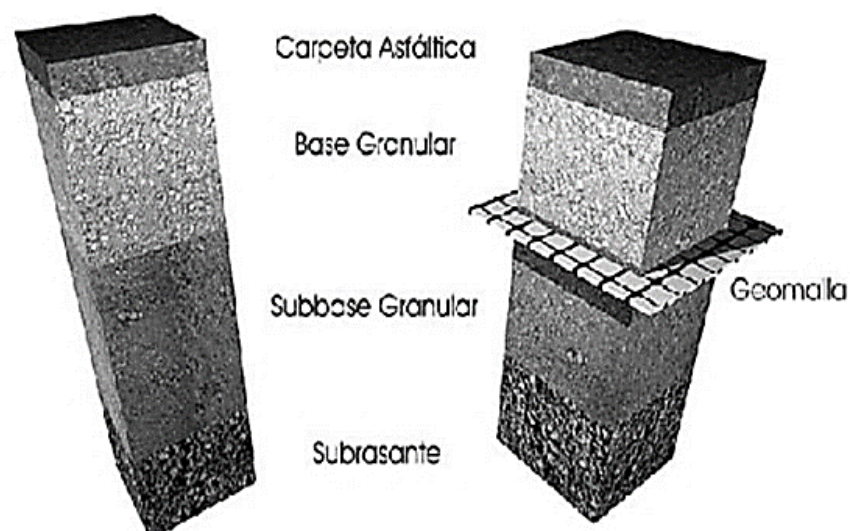
**Tabla 1** Ensayo más frecuentes en pavimentos flexibles  
**Fuente:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

La tabla presenta un esquema técnico para evaluar las propiedades fundamentales de los suelos y materiales en proyectos de construcción, en concordancia con normas internacionales y locales. Las pruebas incluidas, como la granulometría, el límite líquido y el índice de plasticidad, permiten caracterizar la composición y el comportamiento del suelo ante diversas condiciones de carga y humedad. Estos ensayos se realizan en puntos estratégicos del proyecto, como en la cantera de extracción o directamente en el sitio de construcción, asegurando que el

material cumpla con los estándares de calidad requeridos para su uso en obras de ingeniería.

Asimismo, se subrayan pruebas clave como el CBR (California Bearing Ratio), que mide la resistencia del suelo, y la compactación, que garantiza la densidad adecuada del material en la pista. Estas evaluaciones son esenciales para asegurar la estabilidad y durabilidad del suelo en condiciones de servicio. La densidad, por ejemplo, se verifica mediante métodos que garantizan la uniformidad en las diferentes capas del suelo, cumpliendo con los estándares establecidos para proyectos de pavimentación y otras infraestructuras. En conjunto, estas pruebas aseguran un control riguroso de la calidad de los materiales, lo cual es crucial para la seguridad y la longevidad de las obras.

Las evaluaciones técnicas en la construcción de pavimentos flexibles, como la granulometría, el límite líquido y la compactación, son imprescindibles para garantizar que cada capa del pavimento cumpla con los requisitos de resistencia y estabilidad necesarios. Al observar una sección de un pavimento flexible, se puede notar cómo estas pruebas aseguran que los materiales empleados en cada nivel, desde la base hasta la capa de rodadura, trabajen en conjunto para soportar las cargas aplicadas y asegurar la durabilidad del pavimento en diversas condiciones de servicio.



*Figura 5. Sección Típica de la estructura de un pavimento flexible*

*Fuente: Minaya, S. y Ordoñez A. 2016.*

### **2.3.1.3. Calidad de drenaje de un suelo**

La calidad del drenaje de un suelo es fundamental en el contexto de los pavimentos, ya que una adecuada capacidad de drenaje garantiza la durabilidad y el rendimiento del pavimento a lo largo del tiempo. Los suelos con buena permeabilidad permiten que el agua de lluvia o riego se infiltre rápidamente, evitando la acumulación de agua en la base y subbase del pavimento. Esta infiltración eficiente reduce el riesgo de saturación, que puede debilitar el suelo y dar lugar a problemas como agrietamientos, deformaciones y formación de baches en la superficie del pavimento. Además, la estructura del suelo, incluyendo la formación de agregados y la presencia de materia orgánica, desempeña un papel importante al mejorar la capacidad de drenaje y contribuir a la estabilidad de la base del pavimento.

Otros factores que influyen en la calidad del drenaje en suelos bajo pavimentos incluyen la profundidad del nivel freático, la composición textural del suelo y la pendiente del terreno. Un nivel freático elevado puede causar saturación en la base del pavimento, disminuyendo su capacidad para soportar cargas de tráfico y aumentando el riesgo de fallos estructurales. La textura del suelo, que se determina por la proporción de arena, limo y arcilla, afecta directamente la tasa de drenaje, siendo los suelos arenosos más efectivos en este aspecto que los arcillosos. Además, una pendiente adecuada en el terreno facilita el escurrimiento superficial del agua, evitando la acumulación en la superficie del pavimento y previniendo problemas de erosión que podrían comprometer la integridad estructural del pavimento. Para evaluar y asegurar una buena calidad de drenaje en suelos destinados a pavimentos, se realizan pruebas como el ensayo de infiltración de doble anillo y análisis de conductividad hidráulica, proporcionando datos esenciales para el diseño y mantenimiento de pavimentos duraderos.

El valor de este factor se establece en función de dos parámetros clave. El primero es la capacidad de drenaje, que se define por el tiempo que tarda el agua en evacuar el pavimento. El segundo parámetro es el porcentaje de tiempo en que el pavimento permanece expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación durante el año. Este porcentaje está influenciado por las condiciones promedio anuales de precipitación y drenaje. AASHTO clasifica las capacidades de drenaje en cinco niveles, tal como se describe a continuación.

Calidad de Drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser Evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy Malo	Agua no drena

**Tabla 2 Capacidad de Drenaje**

*Fuente: AASHTO 1993*

Según las capacidades de drenaje, la AASHTO establece los factores de corrección  $m_2$  (para bases) y  $m_3$  (para sub-bases granulares sin estabilizar). La tabla muestra el tiempo que tarda en evacuarse el agua, en función de la calidad del drenaje de un suelo. Este aspecto es fundamental para la resiliencia del suelo, ya que una evacuación eficiente del agua minimiza la acumulación en la superficie y evita el exceso de humedad que puede debilitar la estructura del suelo. En suelos con un drenaje excelente, el agua se evacua rápidamente, lo que promueve una mayor estabilidad y menor susceptibilidad a deformaciones que podrían comprometer la integridad del pavimento. En contraste, un drenaje deficiente, que puede tardar desde días hasta meses o incluso no permitir el drenaje, puede causar la saturación del suelo.

La relación entre la calidad del drenaje y la reducción de fallas en pavimentos flexibles está vinculada a la capacidad del suelo para mantener su estabilidad bajo carga. Un drenaje eficaz ayuda a la resiliencia del suelo al reducir la acumulación de agua, que puede provocar hinchazón o pérdida de soporte. Esto es crucial para prevenir el desarrollo de fallas como agrietamientos, deformaciones o hundimientos en el pavimento.

Capacidad de Drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación.			
	Menos del 1%	1 a 5%	5 a 25%	Más del 25%
Excelente	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,20
Bueno	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,00	1,00
Regular	1,25-1,15	1,15-0,80	1,00-0,80	0,80
Malo	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60
Muy Malo	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

**Tabla 3 Valores  $m_i$  para modificar los coeficientes estructurales o de capa de base y sub base sin tratamiento para pavimentos flexibles**

*Fuente: AASHTO 1993*

La tabla muestra la relación entre la capacidad de drenaje y el porcentaje de tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación. Los pavimentos con excelente capacidad de drenaje logran mantener niveles de humedad más bajos la mayor parte del tiempo, presentando valores superiores en comparación con aquellos que tienen un drenaje deficiente. Este control efectivo de la humedad es crucial para mantener la estabilidad estructural del pavimento, reduciendo el riesgo de fallas y deformaciones que pueden afectar su rendimiento.

Por el contrario, un drenaje inadecuado, que resulta en un mayor porcentaje de tiempo con el pavimento expuesto a niveles de humedad casi saturados, aumenta la vulnerabilidad del pavimento a daños. En suelos con capacidades de drenaje deficientes, la exposición prolongada a la humedad puede causar deformaciones más significativas y provocar fallas como fisuras o hundimientos. Por lo tanto, es fundamental mantener una buena capacidad de drenaje para garantizar la longevidad y la integridad del pavimento flexible, minimizando el impacto de la humedad en su estructura y funcionamiento.

### **2.3.2. Factores a tener en cuenta para el diseño de pavimentos flexibles**

Todos los métodos de diseño de pavimentos reconocen que, a lo largo de su vida útil, pueden surgir dos tipos de fallas: la falla estructural y la falla funcional. La falla funcional se presenta cuando la superficie del pavimento no proporciona un transporte cómodo y seguro. En cambio, la falla estructural está relacionada con la pérdida de cohesión en alguna o todas las capas del pavimento, lo que impide que este soporte adecuadamente las cargas que recibe. Estas dos fallas no necesariamente ocurren al mismo tiempo. Este análisis se centra en la falla estructural, que se manifiesta cuando se generan grietas en la estructura debido a la deformación y a la tensión horizontal en la base de cada capa, provocadas por las cargas de tránsito repetidas. Esta falla, conocida como falla por fatiga, está asociada con la deformación o tensión generada y el número de ciclos de carga que soporta.

Los fenómenos que se presentan durante el uso del pavimento pueden ser replicados en el laboratorio mediante ensayos de fatiga. Las fisuras observadas en los materiales durante estos ensayos, ya sea en muestras de laboratorio o en pruebas a escala real, están vinculadas a la respuesta elástica (recuperable) de los pavimentos



ante cargas dinámicas. Los resultados de estas pruebas han demostrado que las grietas tienden a propagarse desde la base de cada capa del pavimento hacia arriba.

Según Pérez Pérez (2000), se considera que los materiales que conforman la estructura del pavimento operan dentro del rango elástico durante su vida útil. Por lo tanto, la fatiga de estos materiales es provocada por la repetición de las cargas (N) impuestas por el tránsito. El comportamiento de fatiga de las capas de pavimento se expresa comúnmente como una relación entre la carga cíclica y la deformación. Gracias a las avanzadas capacidades de las herramientas computacionales actuales y a una adecuada caracterización de los materiales, es posible programar ecuaciones diferenciales que calculen las tensiones, deformaciones y deflexiones que experimentan tanto el pavimento como la subrasante bajo las cargas aplicadas por los vehículos.

#### **2.3.2.1. Modulo Dinámico o Resiliente**

Para (MIRANDA RAMOS, 2019) “los materiales que forman las estructuras de pavimentos están expuestos a cargas dinámicas de diferentes magnitudes que les son transferidas por el tráfico”. Gracias a las avanzadas capacidades de las herramientas computacionales y a una caracterización adecuada de los materiales, se pueden utilizar ecuaciones diferenciales para calcular las tensiones, deformaciones y deflexiones que experimentan el pavimento y la subrasante debido a las cargas aplicadas por los vehículos. La deformación permanente se acumula bajo las cargas en movimiento, disminuye en los ciclos intermedios y prácticamente desaparece en los ciclos finales, permitiendo que la muestra recupere todas las deformaciones y muestre un comportamiento elástico en este estado. Este fenómeno da lugar al concepto de módulo de Young, que se define como la relación entre la tensión desviatoria cíclica aplicada en compresión triaxial y la deformación axial recuperable, siempre asociado a procesos de carga repetitivos.

Los estudios sobre el módulo de elasticidad indican que este parámetro depende de múltiples factores, en lugar de ser una propiedad fija del material. Entre los factores más relevantes se encuentran el número de aplicaciones de tensión, la tixotropía, la magnitud de la tensión desviadora, el método de compresión y las condiciones de compactación. La metodología de diseño de pavimentos adoptada por el método AASHTO (American Association of State Highway and Transportation

Officials) considera que el módulo resiliente es el parámetro fundamental para caracterizar los materiales de una carretera, ya que describe la relación entre el esfuerzo y la deformación del pavimento. En este contexto, la “Guía de diseño AASHTO 93” ha propuesto correlaciones que determinan el mantenimiento rutinario (MR) a partir de ensayos de CBR.

A continuación, se indican las principales:

- Correlación establecida por Heukelom y Klomp: aplicable a suelos finos con CBR saturado menor a 10%.

$$M_r(\text{psi}) = 1500 * CBR$$

*Ecuación 1 Módulo resiliente*

*Fuente: Suelos y Pavimentos*

- Correlación establecida por el Instituto del Asfalto:

$$M_r(\text{psi}) = A + B * CBR$$

*Ecuación 2 Módulo resiliente*

*Fuente: Suelos y Pavimentos*

Donde:

- A = De 772 a 1155
- B = De 369 a 555

### **2.3.2.2. Determinación del valor del módulo resiliente de diseño**

La Guía de diseño AASHTO 93 establece que el módulo resiliente de diseño debe tener en cuenta las variaciones en la humedad de la subrasante, recomendando realizar un estudio sobre las fluctuaciones del mantenimiento rutinario en relación con la humedad. Este estudio es esencial para entender cómo varía el módulo resiliente según las condiciones de humedad a lo largo del tiempo.

Según AASHTO 93, esta variación del módulo resiliente se conoce como módulo estacional y se utiliza para evaluar el daño relativo al que un pavimento puede estar expuesto durante las diferentes estaciones del año. La guía sugiere que los periodos de ensayo no sean inferiores a 15 días y que las condiciones de humedad

utilizadas en estos ensayos generen resultados de módulos resilientes que muestren diferencias significativas. Además, AASHTO 93 especifica que el módulo resiliente de diseño, o módulo resiliente efectivo de la subrasante, que representa el efecto combinado de todos los módulos estacionales, debe determinarse siguiendo un procedimiento establecido.

- a) Ingresar el módulo estacional en sus respectivos períodos de tiempo.
- b) Determinar los valores del daño relativo ( $u_f$ ) correspondiente a cada módulo estacional. Para ello se utilizará la escala vertical mostrada en la Figura N° 03 o la ecuación que se indica a continuación:

$$u_f = 1.18 \times 10^8 \times M_r^{-2.32}$$

*Ecuación 3. Daño relativo*

*Fuente: Fernández – Suelos y geotecnia*

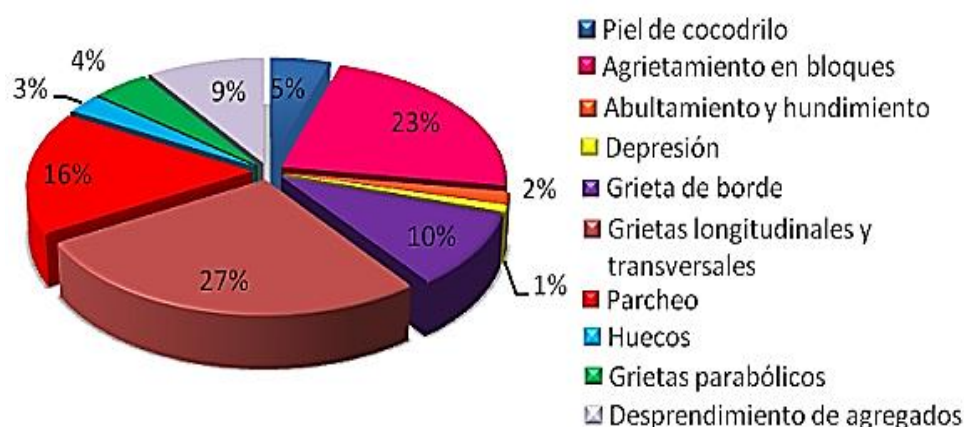
Donde:

- $M_r$  = Modulo resiliente del suelo de cimentación
  - $U_f$  = Daño relativo
- c) Sumar los daños relativos y dividirlos por el número de incrementos estacionales para determinar el daño relativo promedio.
  - d) El módulo resiliente efectivo de la subrasante será el valor correspondiente al daño relativo promedio en la escala  $M_r - u_f$ .

### **2.3.3. Fallas en pavimentos flexibles**

Las fallas en pavimentos flexibles representan problemas críticos que pueden afectar la durabilidad y seguridad de las carreteras. Entre las fallas más comunes se encuentran las grietas, que pueden surgir debido a variaciones térmicas, cargas de tráfico pesado o asentamientos del suelo. Estas grietas facilitan la infiltración de agua, debilitando las capas inferiores y provocando problemas como la erosión en la base y subbase del pavimento. Por otro lado, las deformaciones, como huellas y bombeos, son otro tipo de falla frecuente que resulta de bases inadecuadas, cargas repetitivas o falta de un mantenimiento adecuado. Estas deformaciones afectan la nivelación y la superficie de rodadura, comprometiendo la seguridad y el confort de los usuarios.

Para prevenir estas fallas y garantizar la longevidad de los pavimentos flexibles, es esencial implementar prácticas de diseño y construcción sólidas. Esto implica seleccionar materiales adecuados, diseñar una estructura que tenga en cuenta las condiciones del suelo y el tráfico esperado, así como aplicar técnicas de compactación efectivas. Además, es crucial contar con un programa de mantenimiento proactivo que incluya actividades como el sellado de grietas, la reparación de deformaciones y la rehabilitación periódica de la capa de rodadura. Estas medidas no solo extienden la vida útil del pavimento, sino que también disminuyen los costos asociados con reparaciones mayores y mejoran la seguridad y comodidad de los usuarios de las vías.



**Figura 6. Metodología para evaluación de un pavimento**

**Fuente: Hilda Gonzales – CIGET**

El gráfico muestra los principales tipos de fallas que pueden ocurrir en pavimentos, destacando la diversidad y prevalencia de cada uno. Los huecos y el parcheo se destacan como los problemas más frecuentes, lo que indica que la integridad estructural y la necesidad de reparaciones regulares son preocupaciones primordiales en la gestión de pavimentos. Además, las grietas longitudinales y transversales son significativas, sugiriendo posibles problemas relacionados con la fatiga del material y el impacto de las condiciones climáticas. Otros deterioros, como la piel de cocodrilo y el abultamiento o hundimiento, reflejan el desgaste y las deformaciones que pueden comprometer la seguridad y funcionalidad de las superficies viales. En conjunto, el gráfico resalta la importancia de un monitoreo constante y un mantenimiento proactivo para extender la vida útil de los pavimentos.

### 2.3.3.1. Falla por fatiga

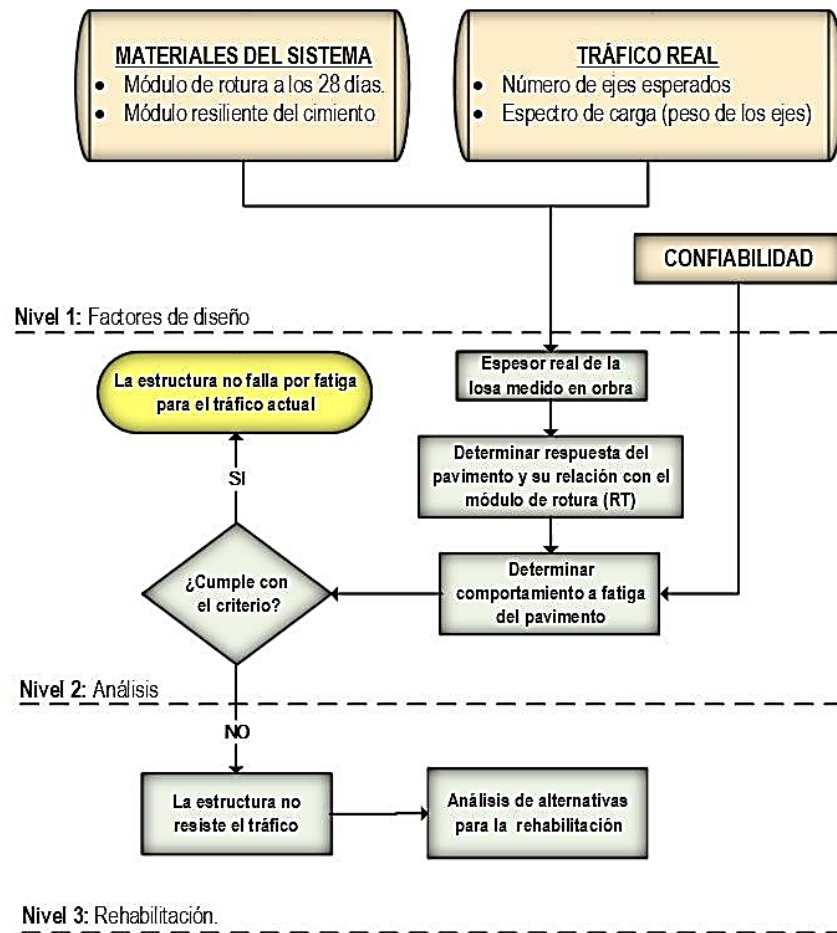
La falla por fatiga en un pavimento, también conocida como fisuración por fatiga o agrietamiento por fatiga, es un deterioro estructural que se produce debido a la acumulación de tensiones cíclicas, principalmente causadas por cargas repetitivas de tráfico. Este tipo de falla es particularmente frecuente en pavimentos flexibles y se manifiesta típicamente como grietas paralelas, que se distribuyen en la capa de rodadura.



*Figura 7. Fisuras y grietas por fatigamiento*

*Fuente: Construneic*

Las cargas de tráfico generan tensiones repetitivas que provocan la formación y propagación de grietas en la parte inferior del pavimento. Estas grietas, que inicialmente son microscópicas, se van ampliando con el tiempo debido al paso continuo de vehículos, hasta alcanzar la superficie visible. La fatiga del pavimento puede intensificarse por condiciones climáticas extremas que provocan contracciones y expansiones térmicas, así como por deficiencias en el diseño estructural que no contemplan adecuadamente las cargas dinámicas esperadas. Para mitigar la falla por fatiga en un pavimento, se implementan diversas estrategias preventivas y correctivas. Estas incluyen el uso de materiales flexibles y resistentes que absorban y distribuyan las cargas de manera efectiva, el diseño de estructuras que minimicen las tensiones y deformaciones bajo cargas repetitivas, y técnicas de construcción que aseguren una compactación adecuada de las capas del pavimento.



**Figura 8. Programa de cálculo de espesores en pérdidas por fatiga**

**Fuente: ResearchGate**

El diagrama de flujo describe un proceso integral para evaluar la capacidad de un pavimento frente a las cargas de tráfico reales, considerando factores críticos como el módulo de rotura y el módulo resiliente del cemento, junto con las condiciones de tráfico, como el número de ejes y el espectro de carga. En el primer nivel, se verifica si la estructura del pavimento puede resistir la fatiga bajo las condiciones actuales de tráfico. Si cumple con los criterios de diseño, el pavimento se considera adecuado; de lo contrario, se realiza un análisis más detallado en el segundo nivel para determinar si son necesarias medidas de rehabilitación.

Este enfoque es relevante para el análisis de la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas, ya que destaca el módulo resiliente como un factor clave en la durabilidad del pavimento. La capacidad de un suelo para recuperar su forma y soportar cargas repetidas sin deteriorarse significativamente puede ser determinante en la prevención de fallas estructurales, minimizando la necesidad de reparaciones costosas y frecuentes. Una adecuada evaluación y diseño, basados en la

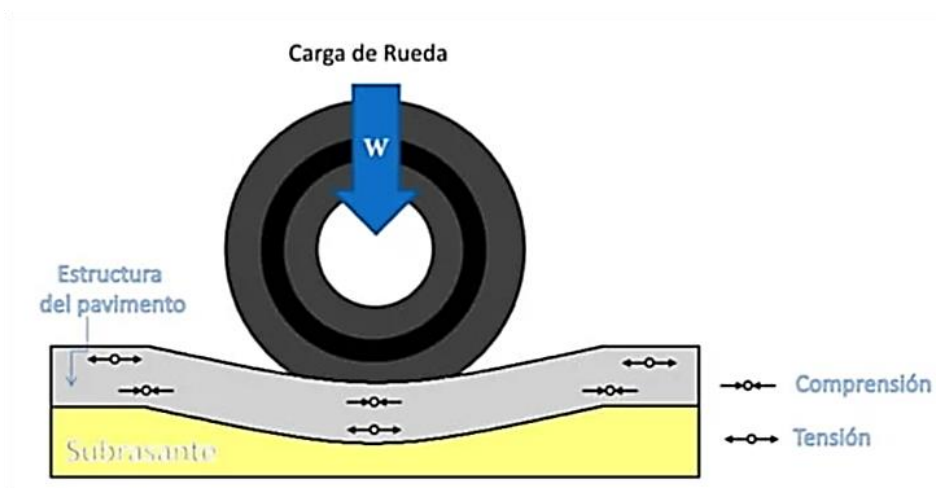
resiliencia del suelo, pueden mejorar significativamente la longevidad y desempeño de los pavimentos, reduciendo la incidencia de fallas comunes como grietas y huecos.

Además, es crucial implementar programas regulares de mantenimiento que incluyan el sellado de grietas, el fresado y reciclaje de la capa de rodadura, y, en casos severos, la rehabilitación estructural para restaurar la integridad del pavimento afectado.

### 2.3.3.2. Deformaciones plásticas

La falla por deformaciones plásticas en un pavimento ocurre cuando las capas estructurales experimentan movimientos permanentes que afectan su funcionalidad y capacidad de servicio. A diferencia de las grietas por fatiga, que resultan de cargas cíclicas repetitivas, las deformaciones plásticas son causadas por cargas estáticas o dinámicas que superan la capacidad de deformación elástica del material, llevando a su fluidez y deformación permanente.

Estas deformaciones pueden manifestarse como hundimientos o deformaciones localizadas en la superficie, comúnmente conocidas como baches. Las causas principales incluyen cargas de tráfico pesado, deficiencias en la estructura del pavimento, como una compactación inadecuada o debilidades en las capas de base y subbase, y condiciones del suelo que no pueden soportar las cargas aplicadas de manera eficiente. Para prevenir la falla por deformaciones plásticas, es fundamental realizar un diseño estructural adecuado del pavimento, considerando las características del tráfico previsto y las propiedades del suelo.



*Figura 9. Refuerzos de tensión y compresión en la estructura de un pavimento*

*Fuente: Juan Soto - Slideshare*

Esto implica la selección adecuada de materiales y técnicas de construcción que garanticen una buena compactación de las capas, así como la utilización de materiales estabilizadores para mejorar la resistencia del suelo. Además, es esencial implementar un programa de mantenimiento regular que permita detectar y reparar de manera temprana cualquier deformación plástica que pueda presentarse. Esto puede incluir técnicas como el parcheo y la rehabilitación de las áreas afectadas, con el objetivo de restaurar la nivelación y la capacidad de carga del pavimento.

#### **2.3.3.3. Falla por hundimiento**

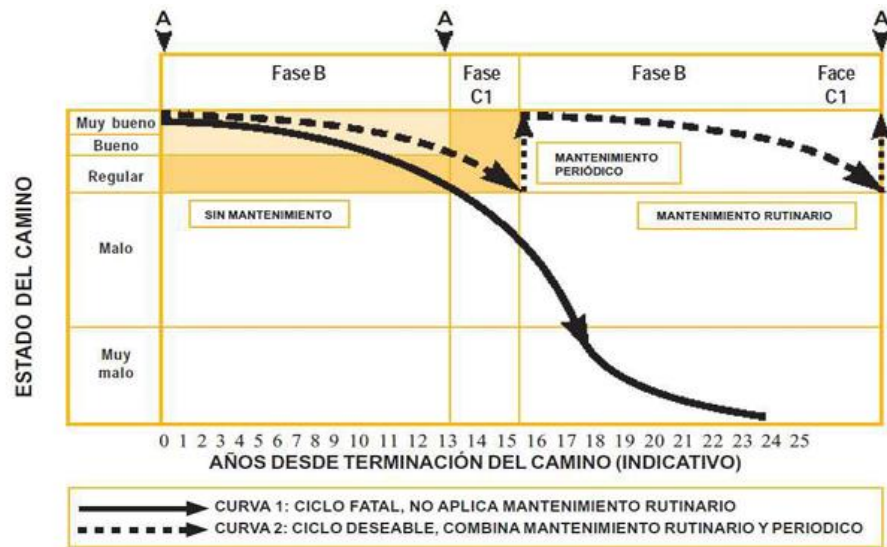
Las fallas por hundimiento en pavimentos se refieren a la pérdida de nivelación y soporte estructural, causando depresiones o deformaciones significativas en la superficie. Estas deformaciones pueden ser localizadas o abarcar áreas más extensas, comprometiendo tanto la funcionalidad como la seguridad del pavimento. Las causas más comunes de hundimiento incluyen la compactación deficiente de las capas de base y subbase durante la construcción, lo que puede resultar en asentamientos diferenciales. Además, las filtraciones de agua bajo el pavimento pueden erosionar el suelo subyacente, debilitando las capas de soporte y provocando colapsos en la superficie. Las actividades subterráneas mal controladas o problemas geotécnicos también pueden contribuir a la formación de hundimientos.

Para prevenir y gestionar estas fallas, es esencial realizar una adecuada preparación del suelo antes de la construcción, garantizando una compactación uniforme de las capas estructurales. Asimismo, se deben implementar sistemas de drenaje efectivos para evitar la acumulación de agua. El monitoreo regular de la superficie del pavimento es fundamental para detectar tempranamente cualquier signo de hundimiento, permitiendo intervenciones oportunas como el relleno de depresiones, la reparación de la base subyacente y, en casos severos, la reconstrucción de secciones críticas del pavimento para restaurar su nivelación y capacidad estructural.

#### **2.3.3.4. Ciclo de vida deseable**

Las carreteras que no reciben mantenimiento entran en un ciclo de vida que puede considerarse crítico, ya que su deterioro es inevitable. Sin embargo, si se llevan a cabo reparaciones oportunas, es posible mantener el servicio en áreas específicas que presenten daños, como se puede ver en la siguiente imagen:





*Figura 10. Condición de la vía con y sin mantenimiento*

*Fuente: (RODRIGUEZ, 2011)*

Un vehículo inicia su recorrido en una carretera nueva o restaurada que se encuentra en óptimas condiciones para su uso. Sin embargo, con el tiempo, el desgaste natural afecta cualquier camino, y estos defectos son el resultado de las demandas de transporte y ciertos factores climáticos. Es esencial que las entidades encargadas de la conservación de carreteras establezcan un sistema de gestión de mantenimiento regular para prolongar su vida útil y mitigar el deterioro, seguido de la implementación de medidas de protección periódicas. (RODRIGUEZ, 2011)

#### 2.4. Marco conceptual

- a) **Asentamientos:** Los asentamientos son deformaciones que se vuelven gradualmente evidentes en una estructura, como un pavimento, como resultado de la carga ejercida sobre el terreno. Estas deformaciones pueden surgir debido a la compresión del suelo provocada por el peso del tráfico o por variaciones en la carga en áreas específicas, lo que puede dar lugar a inclinaciones o hundimientos que impactan la nivelación y estabilidad del pavimento a lo largo del tiempo.
- b) **Fatiga por carga repetitiva:** La fatiga por cargas repetitivas es un tipo de deterioro estructural en pavimentos causado por la aplicación continua de cargas de tráfico. Estas cargas generan tensiones cíclicas que, con el tiempo, pueden provocar la aparición de grietas tanto en la superficie como en las capas subyacentes. Estas grietas resultan de la acumulación progresiva de daños por

fatiga debido a la repetición de las cargas, lo que impacta negativamente en la durabilidad y resistencia del pavimento.

- c) **Deformaciones plásticas:** Las deformaciones plásticas en pavimentos son movimientos permanentes y no recuperables en las capas del pavimento, causados por cargas estáticas o dinámicas que superan la capacidad de deformación elástica del material. Estas deformaciones pueden aparecer como hundimientos o deformaciones localizadas en la superficie del pavimento, lo que afecta su nivelación y capacidad estructural.
- d) **Fisuración por fatiga:** La fisuración por fatiga es un tipo de deterioro en pavimentos que se manifiesta como la aparición de grietas longitudinales paralelas en la superficie. Estas grietas son provocadas por tensiones repetitivas originadas por el tráfico vehicular, que debilitan progresivamente la capa de rodadura y, si no se tratan adecuadamente, pueden extenderse hacia las capas inferiores.
- e) **Hundimientos:** Los hundimientos en pavimentos son depresiones o deformaciones en la superficie que pueden surgir por asentamientos diferenciales del suelo subyacente, erosión del terreno o una compactación inadecuada durante la construcción. Estas deformaciones alteran la nivelación del pavimento y pueden poner en riesgo la seguridad y el confort de los usuarios.
- f) **Capacidad portante del suelo:** La capacidad portante del suelo se define como su habilidad para soportar cargas sin experimentar deformaciones excesivas o fallas estructurales. Esta capacidad está influenciada por factores como la resistencia y densidad del suelo, así como la profundidad y calidad de las capas de soporte empleadas en la construcción del pavimento.
- g) **Compactación:** La compactación del suelo es el proceso que busca aumentar su densidad mediante la aplicación de fuerzas mecánicas, como las que proporciona un rodillo compactador, durante la construcción del pavimento. Una compactación adecuada mejora la capacidad de soporte del suelo y disminuye la probabilidad de asentamientos y deformaciones plásticas bajo las cargas del tráfico.
- h) **Permeabilidad:** La permeabilidad del suelo se refiere a su capacidad para permitir que el agua fluya y se mueva a través de su estructura. Una

permeabilidad adecuada es fundamental para prevenir la acumulación de agua en las capas del pavimento, ya que esto podría debilitar su estructura y generar problemas como erosión y deterioro prematuro.

- i) **Erosión del suelo:** La erosión del suelo es la pérdida progresiva de material causada por la acción del agua, el viento u otros factores ambientales. Esta erosión puede debilitar las capas de soporte del pavimento, incrementando el riesgo de hundimientos y deformaciones, lo que impacta negativamente en su durabilidad y estabilidad a largo plazo.
- j) **Infiltración:** La infiltración es el proceso mediante el cual el agua se introduce en el suelo desde la superficie. Una adecuada capacidad de infiltración es crucial para mantener el equilibrio hídrico del suelo debajo del pavimento, previniendo la saturación y garantizando una correcta capacidad de soporte estructural.
- k) **Densidad del suelo:** La densidad del suelo se define como la masa por unidad de volumen del suelo compactado. Una densidad adecuada es esencial para aumentar la capacidad de soporte y la resistencia a las deformaciones bajo las cargas del tráfico, lo que garantiza la durabilidad y estabilidad del pavimento.

### **III. HIPÓTESIS**

#### **3.1. Formulación de la hipótesis**

##### **3.1.1. Hipótesis general**

La resiliencia de suelos influye significativamente en la reducción de fallas en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024

##### **3.1.2. Hipótesis específicas**

- a) La resiliencia de suelos influye significativamente en la reducción de fallas por fatiga en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024
- b) La resiliencia de suelos influye significativamente en la reducción de fallas por deformación plástica en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024
- c) La resiliencia de suelos influye significativamente en la reducción de fallas por hundimiento en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024

#### **3.2. Variables**

##### **3.2.1. Definición conceptual de las variables**

###### **a. Variable independiente (X)**

###### **Resiliencia de suelos.**

(Vidal, 2019), La resiliencia en los suelos se refiere a su capacidad para recuperarse tras la aplicación de una carga, siempre que se mantengan

dentro de un rango de deformaciones elásticas. El módulo resiliente ( $M_r$ ) se define como la relación entre el esfuerzo desviador ( $s_d$ ) y la deformación unitaria recuperada ( $e_r$ ).

#### **b. Variable Dependiente (Y)**

##### **Reducción de fallas en pavimentos flexibles**

(ZULUAGA, 2019), Las fallas en el pavimento son problemas tanto estructurales como superficiales que afectan la integridad y funcionalidad de las carreteras y caminos pavimentados. Entre estas fallas se encuentran las grietas, que pueden ser provocadas por la fatiga debido a cargas repetitivas o cambios térmicos, así como las deformaciones plásticas que resultan en hundimientos o deformaciones locales. También se observa la pérdida de la capa de rodadura a causa de la erosión, junto con otros problemas como el bombeo, deslizamientos y fisuración por bloque, los cuales pueden surgir por deficiencias en el diseño, la construcción o el mantenimiento del pavimento.

#### **3.2.2. Definición operacional de variables**

##### **a. Variable Independiente (X)**

###### **Resiliencia de suelos.**

La resiliencia de suelos característicos de la zona se operacionaliza mediante tres dimensiones los cuales son:

- D1: Modulo de resiliencia
- D2: Serviabilidad
- D3: Calidad de drenaje

Los cuales se dividen en indicadores que servirán para identificar claramente las dimensiones.

##### **b. Variable Dependiente (Y)**

###### **Reducción de fallas en pavimentos flexibles**

La reducción de fallas en pavimentos flexibles se caracteriza mediante tres dimensiones los cuales son:

- D1: Fallas por fatiga
- D2: Deformaciones plásticas
- D3: Fallas por hundimiento

Los cuales se dividen en indicadores que servirán para identificar claramente las dimensiones.

### 3.3.Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
<b>1: Variable Independiente</b>  RESILIENCIA DE SUELOS	<b>Resiliencia de suelos</b>  (Vidal, 2019), La resiliencia en los suelos se refiere a su capacidad para recuperarse tras la aplicación de una carga, siempre que se mantengan dentro de un rango de deformaciones elásticas. El módulo resiliente (Mr) se define como la relación entre el esfuerzo desviador (sd) y la deformación unitaria recuperada (er).	<b>La variable VI 1:</b>  La resiliencia de suelos característicos de la zona se operacionaliza mediante tres dimensiones los cuales son: -D1: Modulo de resiliencia -D2: Serviciabilidad -D3: Calidad de drenaje  Los cuales se dividen en indicadores que servirán para identificar claramente las dimensiones.	D1: Modulo de resiliencia	Ensayo de resiliencia	Ensayo en laboratorio	Intervalo
			D2: Serviciabilidad	. Índice de serviciabilidad	Ensayo en laboratorio	Intervalo
			D3: Calidad de drenaje	. Coeficiente de drenaje	Ensayo en laboratorio	Intervalo
<b>2: Variable Dependiente</b>  REDUCCION DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	<b>Reduccion de fallas en pavimentos flexibles</b>  (ZULUAGA, 2019), las fallas en el pavimento son problemas tanto estructurales como superficiales que afectan la integridad y funcionalidad de las carreteras y caminos pavimentados. Entre estas fallas se encuentran las grietas, que pueden ser provocadas por la fatiga debido a cargas repetitivas o cambios térmicos, así como las deformaciones plásticas que resultan en hundimientos o deformaciones locales. También se observa la pérdida de la capa de rodadura a causa de la erosión, junto con otros problemas como el bombeo, deslizamientos y fisuración por bloque, los cuales pueden surgir por deficiencias en el diseño, la construcción o el mantenimiento del pavimento.	<b>La variable VD 2:</b>  La reducción de fallas en pavimentos flexibles se caracteriza mediante tres dimensiones los cuales son: D1: Fallas por fatiga D2: Deformaciones plásticas D3: Fallas por hundimiento  Los cuales se dividen en indicadores que servirán para identificar claramente las dimensiones	D1: Fallas por Fatiga	Densidad de Grietas por Fatiga	Ensayo en laboratorio	Intervalo
					Ensayo en laboratorio	Intervalo
			D2: Deformaciones plásticas	Índice de Deformación Permanente	Ensayo en laboratorio	Intervalo
					Ensayo en laboratorio	Intervalo
			D3: Fallas por hundimiento	Índice de Hundimiento	Ensayo en laboratorio	Intervalo
	Ensayo en laboratorio	Intervalo				

Tabla 4. Matriz de operacionalización de variables

Fuente: Elaboración Propia

## IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1. Método de investigación

Según Hernández Sampieri, y otros (2020), El método científico es una técnica de investigación empleada principalmente para generar conocimiento en el ámbito de las ciencias. Para que un método de investigación sea considerado científico, debe fundamentarse en datos empíricos y mediciones, además de seguir principios específicos de razonamiento y pruebas.

Dentro del contexto del método científico, se formula una hipótesis sobre la influencia de la resiliencia del suelo en la durabilidad de los pavimentos. A través de un diseño experimental riguroso que incluye pruebas en laboratorio y evaluaciones en el campo, se busca reunir datos objetivos para realizar un análisis estadístico sobre la relación entre las propiedades del suelo y la ocurrencia de fallas en los pavimentos. Este enfoque sistemático permite llegar a conclusiones basadas en evidencia, lo cual es crucial para mejorar la gestión y el diseño de infraestructuras viales en la región de Izcuchaca.

Por lo tanto, la investigación en cuestión implementará el **método científico**.

### 4.2. Tipo de investigación

Según Nicomedes Teodoro (2018), Se las denomina aplicadas porque, a partir de la investigación básica, pura o fundamental en las ciencias fácticas o formales, se plantean problemas o hipótesis de trabajo para abordar las necesidades de la vida productiva de la sociedad.



Al analizar la influencia de la resiliencia del suelo en las fallas de los pavimentos, este estudio tiene como objetivo proporcionar recomendaciones concretas para optimizar el diseño, construcción y mantenimiento de las carreteras en Izcuchaca. Los resultados obtenidos no solo enriquecerán el conocimiento teórico, sino que también tendrán aplicaciones prácticas inmediatas en la planificación de infraestructuras viales, con el propósito de disminuir los costos de mantenimiento, extender la vida útil de los pavimentos y mejorar la seguridad y el confort de los usuarios de las carreteras locales.

En esta investigación, de acuerdo con estas consideraciones, se presenta un estudio de **tipo aplicativo**.

#### **4.3. Nivel de investigación**

Según Sánchez Carlessi, Reyes Romero, & Mejía Sáenz (2018), La investigación correlacional es un tipo de método que analiza y evalúa la relación estadística entre variables sin la intervención de variables externas.

Este estudio se clasifica como correlacional porque se centra en examinar la relación entre la resiliencia del suelo y las fallas observadas en los pavimentos flexibles de Izcuchaca. En lugar de manipular las variables directamente, se utilizan técnicas estadísticas y análisis de datos para identificar patrones y asociaciones entre la capacidad resiliente del suelo y la aparición de grietas por fatiga, deformaciones plásticas y hundimientos en los pavimentos.

Por lo tanto, esta investigación se sitúa dentro del **nivel correlacional**.

#### **4.4. Diseño de investigación**

Hernández, Fernández y Baptista (2014), Se afirma que el diseño de investigación actúa como un plan o estrategia para validar la hipótesis formulada en un contexto específico de la investigación. En el caso de este estudio, el diseño es experimental, ya que implica la manipulación directa y deliberada de la variable independiente para medir los efectos en la variable dependiente.

El estudio se clasifica como experimental porque involucra la manipulación controlada de variables, como la resiliencia del suelo, para analizar su impacto directo en la reducción de fallas en los pavimentos flexibles. Se llevan a cabo pruebas de laboratorio y evaluaciones in situ para recopilar datos que permitan establecer relaciones causales entre estas variables y mejorar la gestión de las infraestructuras viales en Izcuchaca.

Por lo tanto, esta investigación utilizará un **diseño experimental**.

Su sinopsis es:

M-----O

Donde:

- M = Muestra
- O = Observaciones

## **4.5. Población y muestra de investigación**

### **4.5.1. Población**

Según (Armijo, y otros, 2020), Se define que la población, o más precisamente, la población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos que comparten características o cualidades comunes, de acuerdo con los requisitos de una investigación.

La población en estudio incluye todas las avenidas pavimentadas del distrito de Izcuchaca, abarcando aquellas vías que poseen características comunes en cuanto a su estructura y composición. Este grupo comprende tanto las avenidas principales como las secundarias, que son objeto de análisis para evaluar la influencia de la resiliencia del suelo en la durabilidad y el desempeño de las infraestructuras viales en la región.

Esto resulta en una población de suelos de tamaño finito, dado que el número total de avenidas pavimentadas asciende a 30, tanto principales como secundarias.

### **4.5.2. Muestra**

Conforme con Carrasco Díaz (Metodología de la Investigación, 2018), Se define la muestra como un subconjunto del universo o una porción representativa, distintiva o característica de la población en estudio.

La muestra estará compuesta por las avenidas asfaltadas del distrito que exhiben fallas relacionadas con la fatiga, deformaciones plásticas y hundimientos. Esta selección permitirá analizar de manera específica las vías que presentan problemas estructurales representativos de la población en estudio, facilitando así

una evaluación detallada de los factores que contribuyen a dichas fallas en el contexto local.

Habiendo analizado la fórmula de Análisis del tamaño de muestras tenemos:

$$Tm = Z^2 * (p) * \frac{(1 - p)}{c^2}$$

*Ecuación 4. Fórmula para el cálculo del tamaño de la muestra*

*Fuente: QuestionPro*

Donde:

- Z = Nivel de confianza (95% o 99%)
- p = .5
- c = Margen de error

Para determinar la muestra, se ha establecido un nivel de confianza del 99% y un margen de error del 35%. Al aplicar estos parámetros en la fórmula correspondiente para el cálculo del tamaño muestral, se ha determinado que se evaluarán un total de 10 muestras. Esta cantidad ha sido elegida para garantizar una representatividad adecuada dentro del contexto de estudio, lo que permitirá obtener resultados confiables y precisos para el análisis.

#### **4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

##### **4.6.1. Técnicas**

Según Ñaupas Paitán, (2018) , Una técnica de investigación se define como el procedimiento o método específico utilizado para obtener datos o información relevante.

En este estudio, la técnica elegida es la observación directa, que consistirá en la recopilación de evidencias fotográficas del fenómeno en cuestión, así como de antecedentes de estudios previos realizados en el diseño de estas vías. Esta técnica facilitará el análisis de cómo, a pesar de no haber completado su ciclo de vida proyectado, las vías han llegado a un estado crítico con fallas muy severas.

#### **4.6.2. Instrumentos**

Según Castillo Bustos (2021), Un instrumento de recolección de datos se define como cualquier recurso, dispositivo o formato utilizado para obtener, registrar o almacenar información.

En esta investigación, se utilizarán como instrumentos las normas y metodologías establecidas en estudios previos para recopilar datos suficientes que permitan analizar las causas de las fallas en los pavimentos y evaluar la influencia de la resiliencia del suelo en estos problemas. Además, se implementarán fichas de laboratorio para registrar meticulosamente los datos obtenidos durante los ensayos correspondientes, asegurando un control preciso y sistemático de la información recolectada a lo largo del proceso experimental.

#### **4.7. Técnicas y análisis de datos**

Las estrategias para la recolección de datos abarcan diversas modalidades y métodos para obtener información relevante. En este estudio, se elegirá la técnica de observación directa, que, según Chávez, facilita la recopilación y organización de datos sobre un fenómeno social específico, como las fallas en los pavimentos flexibles. La observación directa permite obtener datos que reflejan fielmente las condiciones actuales del fenómeno estudiado, ofreciendo una visión detallada de los pavimentos en su estado actual. Sin embargo, su principal limitación es que los datos recogidos se centran en los aspectos visibles del fenómeno observado. Esta técnica es crucial para comprender el comportamiento de los pavimentos en el presente y analizar cómo la resiliencia del suelo influye en la durabilidad y el rendimiento de las infraestructuras viales, lo que permite una evaluación completa de las fallas observadas y sus antecedentes.

##### **4.7.1. Pre campo**

En el análisis previo al campo, es fundamental realizar una revisión exhaustiva de la literatura existente y de estudios previos sobre la resiliencia del suelo y el rendimiento de pavimentos flexibles. Esta etapa preliminar permite identificar metodologías, técnicas de prueba y variables relevantes utilizadas en investigaciones similares, estableciendo un marco teórico sólido y adaptado al contexto específico de la investigación. También es esencial examinar los datos disponibles sobre las características del suelo en la región de estudio y el estado actual de los pavimentos, para desarrollar una base de referencia adecuada para el análisis de campo.

Una vez completada esta revisión, se debe diseñar un plan detallado de recolección de datos que incluya tanto la observación directa como el análisis de muestras de suelo y pavimentos. Es importante definir con precisión los parámetros a evaluar, como la capacidad resiliente del suelo y los tipos de fallas en los pavimentos, y establecer los métodos de evaluación correspondientes. Este enfoque metódico permitirá una evaluación rigurosa de la influencia de la resiliencia del suelo en la reducción de fallas en pavimentos flexibles, facilitando una interpretación precisa de los resultados y su aplicación para optimizar el diseño y mantenimiento de las infraestructuras viales.

#### **4.7.2. Campo**

- Elaboración de ensayos para determinar la variación de los indicadores de la variable independiente.

##### **4.7.2.1. Ensayo de consistencia (Limite liquido)**

Realizar el ensayo de veleta de campo en suelos cohesivos, blandos y saturados implica una comprensión profunda de las características específicas del suelo donde se llevará a cabo cada prueba. Esta comprensión es crucial para evaluar la aplicabilidad del ensayo y para interpretar adecuadamente los resultados obtenidos.

#### **a) Equipos**

Para el ensayo de límite líquido, se requieren varios instrumentos y equipos especializados, tales como la copa de Casagrande, una espátula, un plato de porcelana, un cilindro graduado, una balanza de precisión, un tamiz, una estufa y un aparato de agitación. La copa de Casagrande es esencial para determinar el límite líquido del suelo, mientras que la espátula y el plato de porcelana se utilizan para mezclar y preparar las muestras. La balanza de precisión permite medir con exactitud tanto las muestras como el agua, mientras que el cilindro graduado y el tamiz son empleados para calibrar y preparar las muestras. La estufa se utiliza para secar las muestras a una temperatura controlada, y el aparato de agitación asegura que se obtenga una mezcla homogénea.



*Figura 11. Ensayo de Limite liquido*

*Fuente: Laboratorio de Construcivil*

## **b) Procedimiento**

El procedimiento del ensayo de límite líquido inicia con la preparación de una muestra de suelo, que se mezcla con agua hasta alcanzar una consistencia pastosa. Esta mezcla se coloca en la copa de Casagrande, diseñada específicamente para realizar pruebas de consistencia. La copa se somete a una serie de golpes desde una altura determinada, mientras se observa el comportamiento de la muestra bajo estos impactos. Se llevan a cabo múltiples ensayos, variando el contenido de agua de la mezcla, hasta alcanzar la condición en la que la muestra transita del estado plástico al estado líquido, lo cual se verifica al cerrar una ranura en el suelo. La cantidad de agua requerida para llegar a este punto se mide y se registra. Además, el número de golpes necesarios para cerrar la ranura se toma como referencia para calcular el límite líquido, que se determina comparando el contenido de humedad con las normas establecidas. Este proceso debe repetirse varias veces para garantizar resultados precisos y confiables.

El ensayo de límite líquido se complementa generalmente con una tabla guía que facilita la correlación de los resultados obtenidos con los límites de clasificación del suelo. Esta tabla incluye valores de referencia y parámetros establecidos que ayudan a interpretar el límite líquido en función de la clasificación del suelo, permitiendo una comparación y evaluación más efectiva de los resultados experimentales en relación con los estándares técnicos.

### Gráfica de plasticidad del USCS

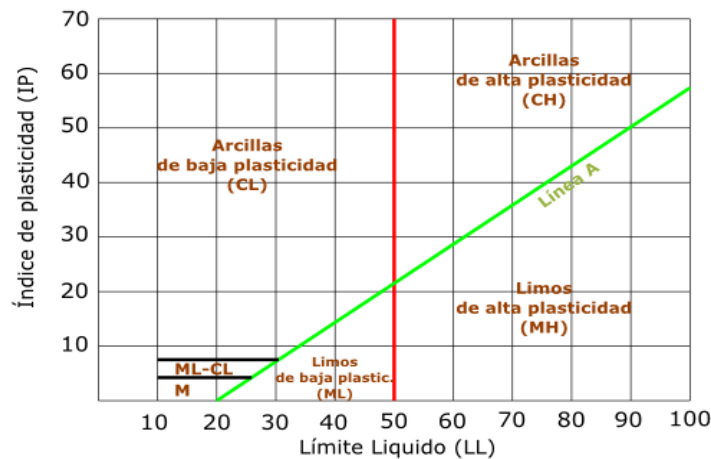


Figura 12. Grafica de plasticidad del USCS

Fuente: Wikipedia

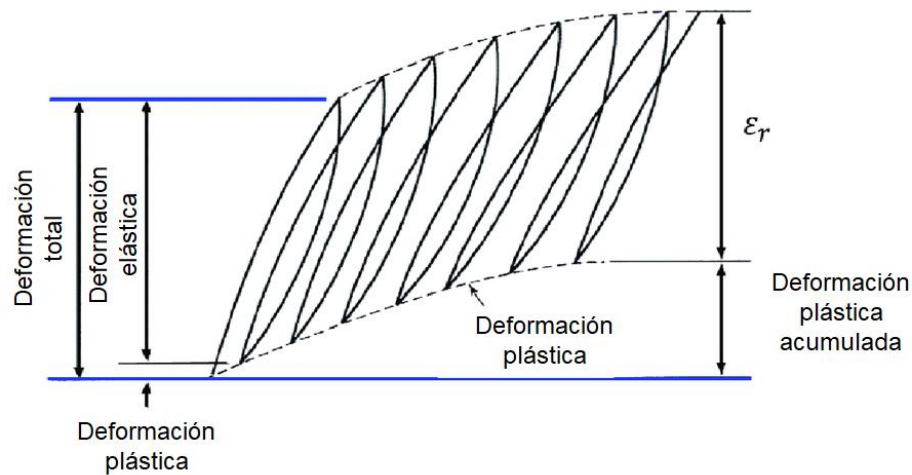
#### 4.7.2.2. Ensayo del módulo de resiliencia

El ensayo del módulo de resiliencia se utiliza para evaluar la capacidad de un material de pavimentación, ya sea un suelo o una mezcla asfáltica, para recuperar su forma original tras ser sometido a cargas cíclicas repetidas. Este ensayo mide la deformación recuperable de la muestra bajo la aplicación de estas cargas, simulando las condiciones de tráfico que el pavimento experimentará a lo largo de su vida útil. El procedimiento implica someter la muestra a un ciclo de carga y descarga utilizando un aparato especializado, como una máquina de pruebas de compresión cíclica, con el objetivo de determinar su comportamiento bajo estrés dinámico.

Durante el ensayo, la muestra es sometida a una serie de ciclos de carga y descarga que replican las condiciones del campo. Se registran la deformación residual y la recuperación elástica de la muestra después de cada ciclo, y se calcula el módulo de resiliencia, que es la relación entre la tensión desviatoria aplicada y la deformación recuperable. Este módulo proporciona una medida cuantitativa de la capacidad del material para resistir y recuperar su forma después de cargas repetidas, lo cual es crucial para evaluar su durabilidad y desempeño en condiciones reales de tráfico.

La relevancia del ensayo del módulo de resiliencia radica en su capacidad para predecir el comportamiento a largo plazo de los materiales de pavimentación bajo cargas cíclicas. Un material con un alto módulo de resiliencia presenta una

mayor capacidad para soportar las cargas dinámicas del tráfico sin desarrollar deformaciones permanentes, lo que se traduce en una mayor durabilidad y una menor necesidad de mantenimiento. Este ensayo es esencial para el diseño de pavimentos duraderos y eficientes, ya que permite seleccionar materiales que mejoren la resistencia del pavimento y reduzcan el riesgo de fallas prematuras.



*Figura 13. Estimación del módulo resiliente*

*Fuente: SciELO*

#### 4.7.3. Gabinete

En el análisis en gabinete de la investigación sobre la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas en pavimentos flexibles, se llevará a cabo una evaluación integral de la literatura y de estudios previos relevantes. Este análisis bibliográfico es esencial para establecer un marco teórico sólido que permita identificar metodologías, resultados anteriores y teorías pertinentes a la investigación. También se realizará una revisión de datos históricos y existentes sobre las características del suelo y el estado de los pavimentos en la región de estudio, lo que proporcionará una base comparativa para interpretar los resultados obtenidos en el trabajo de campo.

La modelización computacional se utilizará para simular el comportamiento de los suelos y pavimentos bajo diferentes condiciones, permitiendo predecir cómo las variaciones en la resiliencia del suelo afectan el desempeño del pavimento. Este enfoque en gabinete facilita una planificación rigurosa del diseño experimental y de la estrategia de recolección de datos, asegurando que el análisis en el campo se realice



con precisión y que los resultados obtenidos sean robustos y aplicables para la optimización de las infraestructuras viales.

#### 4.7.4. Elaboración

- Desarrollo del marco teórico, que incluye la revisión y síntesis de la literatura relevante para fundamentar la investigación.
- Diseño del marco metodológico, que abarca la definición detallada de los métodos y procedimientos a utilizar en el estudio.

### 4.8. Validez y confiabilidad del instrumento de investigación

#### 4.8.1. Validez mediante tres Ing. civiles expertos

Según Relloso Chacin (2021), La validez se refiere al grado en que un instrumento mide con precisión el contenido que se pretende evaluar, lo que indica en qué medida la medición representa el concepto o variable en cuestión.

En este contexto, se contará con la colaboración de tres ingenieros civiles especializados en suelos y pavimentos, quienes se encargarán de evaluar y validar los instrumentos de recolección de datos de la investigación. El nivel de validez se establecerá a partir del promedio de las evaluaciones realizadas por estos expertos.

RANGOS	MAGNITUD
0.53 a menos	Validez nula
0,54 a 0.59	Validez baja
0,60 a 0.65	Validez
0,66 a 0.71	Muy válida
0,72 a 0.99	Excelente validez
1.00	Validez perfecta

*Tabla 5. Rangos y Magnitudes de validez*

*Fuente: Relloso Chacin, Rafael (2021)*

	VALIDADOR	PORCENTAJE	VALOR
1	Ávila Escalante Anthony Glen	95%	0.95
2	Recuay Paitampoma Paul Marti	92%	0.92
3	Meza Terbullino Giancarlo Fernando	90%	0.9

*Tabla 6. Validación de esfuerzos*

*Fuente: Relloso Chacin, Rafael (2021)*

#### 4.8.2. Confiabilidad

De acuerdo con Vásquez Rodríguez (2020), la confiabilidad de un instrumento de medición se refiere a su capacidad para generar resultados consistentes y repetibles cada vez que se aplica en condiciones similares al mismo individuo u objeto. En otras palabras, un instrumento es considerado confiable si produce resultados uniformes y estables al utilizarse en múltiples ocasiones bajo circunstancias comparables. Esto garantiza que las mediciones obtenidas no estén influenciadas por errores o variaciones aleatorias, lo que asegura que los datos reflejen con precisión las características del fenómeno en estudio. De este modo, se garantiza que las conclusiones alcanzadas sean válidas y replicables en diferentes contextos.

Intervalo al que pertenece el coeficiente alfa de Cronbach	Valoración de la fiabilidad de los ítems analizados
0;0,5	Inaceptable
0,5;0,6	Pobre
0,6;0,7	Débil
0,7;0,8	Aceptable
0,8;0,9	Bueno
0,9;1	Excelente

*Tabla 7. Rangos y Magnitudes de Confiabilidad*

*Fuente: Vásquez Rodríguez (2020)*

#### 4.9. Métodos de análisis de datos

Para el procesamiento de los datos recolectados en el laboratorio, se utilizará el programa Excel para organizar y definir de manera precisa las tablas, así como para generar los gráficos correspondientes. Además, se empleará el software SPSS para llevar a cabo un

análisis más avanzado, lo que permitirá correlacionar los resultados mediante análisis paramétrico y determinar los coeficientes asociados, optimizando así la interpretación de los datos obtenidos.

#### **4.10. Aspectos éticos**

En lo que respecta a los aspectos éticos, esta tesis cumplirá estrictamente con las normativas establecidas por la Universidad Peruana Los Andes, garantizando el respeto adecuado a las citas bibliográficas y a las referencias de fuentes en línea. Además, se asegurará la originalidad del trabajo, evitando cualquier tipo de copia o plagio, y manteniendo la integridad académica durante todo el proceso de investigación.

## V. RESULTADOS

### 5.1. Descripción del diseño tecnológico

El diseño tecnológico de este estudio se fundamenta en un enfoque metodológico riguroso y meticuloso, orientado a explorar la manera en que las propiedades resilientes de los suelos afectan la disminución de fallas en pavimentos flexibles. El proceso inicia con una caracterización exhaustiva de los suelos involucrados, empleando ensayos de laboratorio avanzados para evaluar parámetros clave como el módulo de resiliencia, la capacidad de carga y la tendencia a deformarse bajo cargas cíclicas. Estos datos constituyen una base sólida para modelar el comportamiento del pavimento mediante herramientas de simulación computacional, que permiten anticipar la respuesta de la estructura vial ante diversas condiciones de carga y ambientales.

Adicionalmente, el diseño incluye la implementación de algoritmos de optimización para determinar las combinaciones más efectivas de materiales y técnicas de construcción que potencien la durabilidad del pavimento, al mismo tiempo que se reducen los costos de mantenimiento. Este enfoque integral no solo proporciona una comprensión profunda de los factores que afectan el deterioro del pavimento, sino que también facilita la adopción de soluciones prácticas que se pueden ajustar a diferentes contextos geotécnicos. En última instancia, el diseño tecnológico propuesto tiene como objetivo ofrecer una guía técnica que mejore la gestión y construcción de infraestructuras viales, asegurando una mayor resistencia y durabilidad de los pavimentos en áreas con suelos complejos.

## 5.2. Descripción de resultados

### 5.2.1. Resiliencia de suelos

Los valores del módulo de resiliencia obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio reflejan las condiciones particulares del suelo bajo distintos niveles de humedad, densidad y variaciones en las cargas aplicadas. Este análisis técnico pone de manifiesto la capacidad del suelo para soportar deformaciones bajo cargas repetitivas, lo que constituye una base sólida para su uso en el diseño y mantenimiento de pavimentos flexibles. La comparación de estos resultados con estudios previos y normas técnicas permite validar los hallazgos, situándolos en un contexto más amplio de investigación sobre suelos y pavimentos. Además, se ha analizado la relación entre la resiliencia de los suelos y la aparición de fallas en los pavimentos flexibles, identificando de qué manera estas propiedades del suelo impactan directamente en la resistencia y durabilidad de las infraestructuras viales.

#### 5.2.1.1. Resistencia a la penetración del suelo (CBR-%)

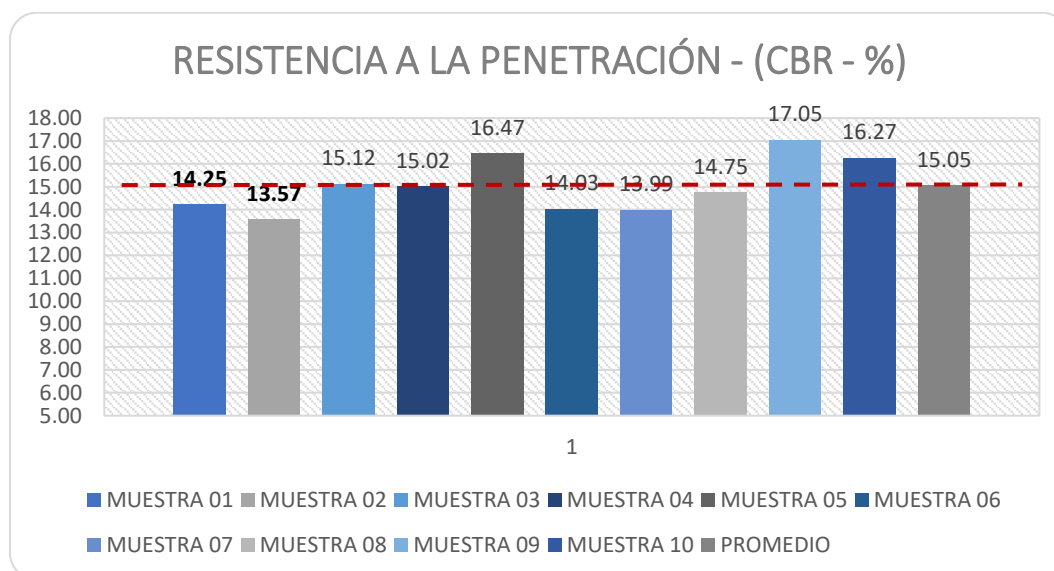
La resistencia a la penetración del suelo, evaluada mediante el Índice de California Bearing Ratio (CBR), es un parámetro crucial para determinar la capacidad de soporte del suelo bajo condiciones de carga específicas. Los resultados, presentados en forma de porcentajes, reflejan la calidad relativa del suelo para su aplicación en capas de pavimento, mostrando la habilidad del material para resistir la penetración y, por lo tanto, su capacidad para soportar las cargas generadas por el tráfico vehicular.

N° ENSAYO	CBR - %
M-1	14.25
M-2	13.57
M-3	15.12
M-4	15.02
M-5	16.47
M-6	14.03
M-7	13.99
M-8	14.75
M-9	17.05
M-10	16.27
PROMEDIO	15.05

*Tabla 8. Resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la penetración de las 10 muestras analizadas*

*Fuente: Elaboración Propia*

Al examinar los valores del Índice de California Bearing Ratio (CBR) obtenidos en los ensayos, se observa que los resultados oscilan entre 13.57% y 17.05%. El promedio de CBR para las diez muestras es de 15.05%. Estos valores reflejan una capacidad portante moderada del suelo, situándose en el rango inferior para su aplicación en capas de pavimento. En términos generales, sugieren que el suelo evaluado presenta una resistencia relativamente baja para soportar cargas pesadas, lo que podría afectar negativamente la durabilidad del pavimento, especialmente bajo condiciones de tráfico intenso.



**Figura 14. Variación de los resultados de la evaluación del CBR - %**

**Fuente: Elaboración Propia**

Los resultados del CBR para las muestras de suelo indican una capacidad portante que puede considerarse limitada en el ámbito de los pavimentos flexibles. Con un promedio de 15.05%, estos suelos muestran una resistencia que podría no ser ideal para soportar el tráfico vehicular, especialmente en áreas con alta carga o tránsito frecuente. Este nivel de resistencia puede predisponer el pavimento a deformaciones plásticas, fisuras y otros tipos de fallas estructurales, lo que podría comprometer la vida útil del pavimento y aumentar los costos de mantenimiento.

Por esta razón, la evaluación del CBR, junto con otros parámetros geotécnicos, permite un enfoque integral en la caracterización del suelo, ayudando a identificar posibles riesgos de fallas en el pavimento y a proponer soluciones técnicas adecuadas para mejorar la durabilidad y resistencia de las vías. Este enfoque

garantiza que las condiciones del suelo se consideren adecuadamente en el proceso de diseño, optimizando así el rendimiento estructural del pavimento a largo plazo.

### 5.2.1.2. Módulo de Resiliencia

Los resultados del módulo de resiliencia, expresados en (MPa), ofrecen una evaluación detallada de la capacidad del suelo para recuperar su forma original tras la aplicación de cargas repetitivas, analizando así su elasticidad y comportamiento en condiciones dinámicas. Valores más altos en MPa indican una mayor resistencia a las deformaciones permanentes, lo que sugiere que el material tiene una capacidad superior para soportar el tráfico vehicular sin comprometer la integridad estructural del pavimento. En cambio, valores más bajos reflejan una mayor predisposición a la deformación plástica, lo que puede dar lugar a fallas prematuras y disminuir la durabilidad del pavimento. Comparar estos resultados con los estándares de diseño y requisitos normativos es fundamental para ajustar las especificaciones del pavimento y asegurar un desempeño eficiente y sostenible de la infraestructura vial.

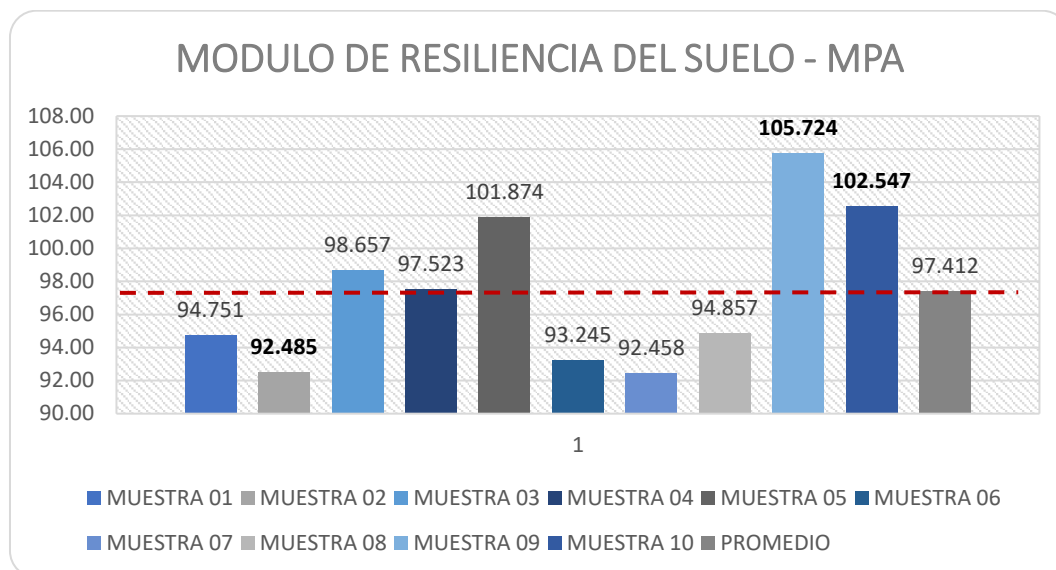
Nº ENSAYO	MOD. RESILIENCIA (MPA)
M-1	94.751
M-2	92.485
M-3	98.657
M-4	97.523
M-5	101.874
M-6	93.245
M-7	92.458
M-8	94.857
M-9	105.724
M-10	102.547
PROMEDIO	97.412

*Tabla 9. Resultados del ensayo de Modulo de Resiliencia*

*Fuente: Elaboración propia*

Los valores del módulo de resiliencia (MR) obtenidos en los ensayos varían entre 92.458 MPa y 105.724 MPa, con un promedio de 97.412 MPa. Esta gama de resultados indica una variabilidad moderada en la capacidad resiliente de los suelos analizados. La diferencia de 13.266 MPa entre el valor más bajo y el más alto sugiere que, a pesar de que los suelos tienen una capacidad elástica adecuada, existen diferencias significativas que podrían afectar el comportamiento estructural del pavimento. El promedio de 97.412 MPa se encuentra en un rango aceptable para suelos que estarán sujetos a cargas repetitivas, lo que indica que, en términos

generales, los suelos tienen una capacidad suficiente para resistir deformaciones bajo el tránsito vehicular. Esta capacidad es crucial para reducir las deformaciones permanentes que podrían contribuir a fallas prematuras en el pavimento.



**Figura 15. Gráfico de variación de resultados del ensayo de Módulo de Resiliencia**

**Fuente: Elaboración propia**

Desde un enfoque técnico, los resultados del módulo de resiliencia reflejan un comportamiento favorable de los suelos en su papel dentro de la estructura del pavimento. La capacidad resiliente, determinada por el MR, es fundamental para evaluar la durabilidad y resistencia de los pavimentos flexibles. Los valores altos de MR obtenidos en los ensayos indican que los suelos son capaces de recuperar su forma original tras la aplicación de cargas, lo que disminuye la probabilidad de que se acumulen deformaciones plásticas y, por ende, de que se desarrollen fallas estructurales como grietas por fatiga y hundimientos. Sin embargo, la variabilidad observada sugiere que podría ser necesario implementar tratamientos específicos o asegurar una compactación uniforme durante la construcción para garantizar que todas las secciones del pavimento mantengan un rendimiento consistente. En resumen, los suelos evaluados demuestran una capacidad resiliente adecuada, lo que resulta beneficioso para la longevidad y el rendimiento general de los pavimentos.

### **5.2.1.3. Índice de Plasticidad**

El índice de plasticidad (IP) de los suelos analizados ofrece una medida importante de la plasticidad del material, lo que indica su capacidad para deformarse sin fracturarse bajo carga. Este parámetro es esencial para evaluar el comportamiento



del suelo como material de sustrato o base en pavimentos flexibles. Los valores del IP se derivan de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico del suelo, y reflejan la cantidad de agua que el suelo puede retener antes de cambiar su estado de consistencia.

En los resultados, se busca determinar si los suelos presentan un IP bajo, lo cual sugeriría un comportamiento más granular y una menor susceptibilidad a deformaciones plásticas excesivas bajo carga, o un IP alto, que podría indicar un mayor contenido de arcilla y, en consecuencia, una mayor tendencia a la deformación plástica. Un IP moderado se considera generalmente favorable, ya que señala una resistencia adecuada a la deformación sin llegar a ser demasiado rígido o excesivamente plástico. Estos resultados son cruciales para las decisiones de diseño y construcción, ya que un índice de plasticidad que se encuentre fuera del rango óptimo podría comprometer la estabilidad y durabilidad del pavimento flexible.

#### a) Límite líquido

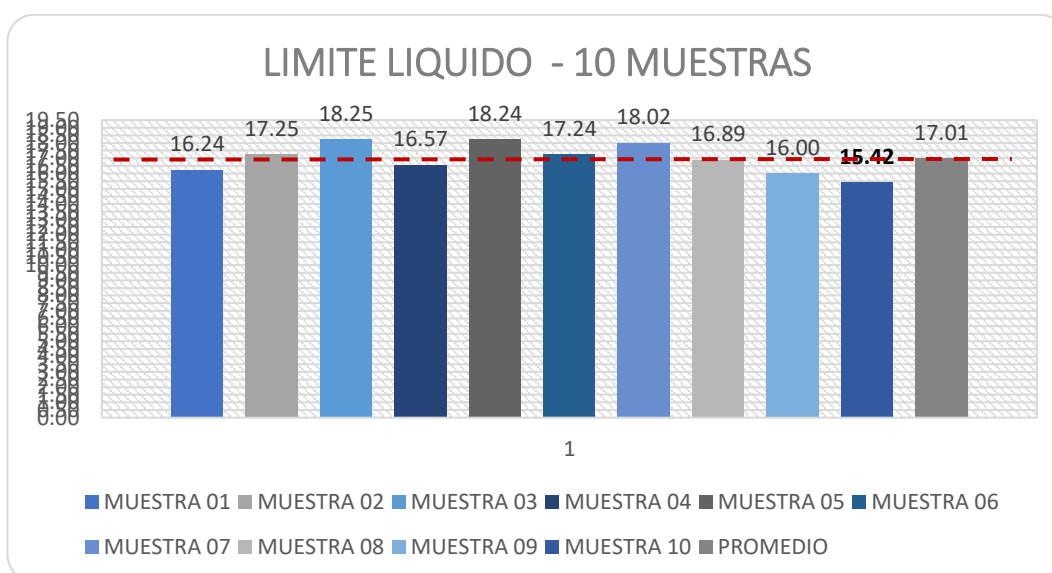
Es fundamental resaltar la importancia del límite líquido en la caracterización del comportamiento de los suelos. Este límite se define como el contenido de humedad en el que el suelo transita de un estado plástico a uno fluido. Este parámetro es crucial para evaluar la susceptibilidad del suelo a deformarse en condiciones de saturación, lo que impacta directamente su capacidad para soportar cargas en estructuras como pavimentos. Analizar y comprender los valores de límite líquido es esencial para predecir la estabilidad y el rendimiento del suelo en situaciones de alta humedad.

N° ENSAYO	LIM. LÍQUIDO
M-1	16.24
M-2	17.25
M-3	18.25
M-4	16.57
M-5	18.24
M-6	17.24
M-7	18.02
M-8	16.89
M-9	16.00
M-10	15.42
PROMEDIO	17.01

*Tabla 10 . Cuadro de resultados obtenidos en el ensayo del límite líquido*

*Fuente: Elaboración propia*

El cuadro presenta los resultados del ensayo de límite líquido para diez muestras de suelo, con valores que varían entre 15.42% y 18.25%, y un promedio de 17.01%. Estas cifras reflejan variaciones moderadas en el contenido de humedad en el que el suelo cambia de un estado plástico a uno líquido. Las muestras con un límite líquido más bajo, como la M-10 (15.42%), son menos susceptibles a la saturación, lo que sugiere que pueden ofrecer una mayor estabilidad en condiciones húmedas. Por otro lado, las muestras con valores más altos, como la M-3 (18.25%), podrían ser más propensas a experimentar deformaciones al saturarse.



**Figura 16. Gráfico de variación del ensayo de Limite Líquido**

**Fuente: Elaboración propia**

En el análisis de suelos para pavimentos, los valores de límite líquido obtenidos revelan que el suelo tiene una capacidad moderada para retener agua antes de alcanzar un estado líquido. El promedio de 17.01% indica que, en general, el suelo presenta una resistencia aceptable ante condiciones de humedad, lo que es favorable para su uso como material de sustrato en pavimentos. No obstante, las variaciones entre los resultados sugieren que algunas áreas pueden necesitar atención especial en términos de diseño y estabilización, especialmente aquellas con valores más altos, que podrían comprometer la durabilidad del pavimento en condiciones de saturación prolongada. En resumen, los resultados reflejan un comportamiento característico de suelos arcillosos o limosos, con limitaciones moderadas en plasticidad y estabilidad.

## b) Límite Plástico

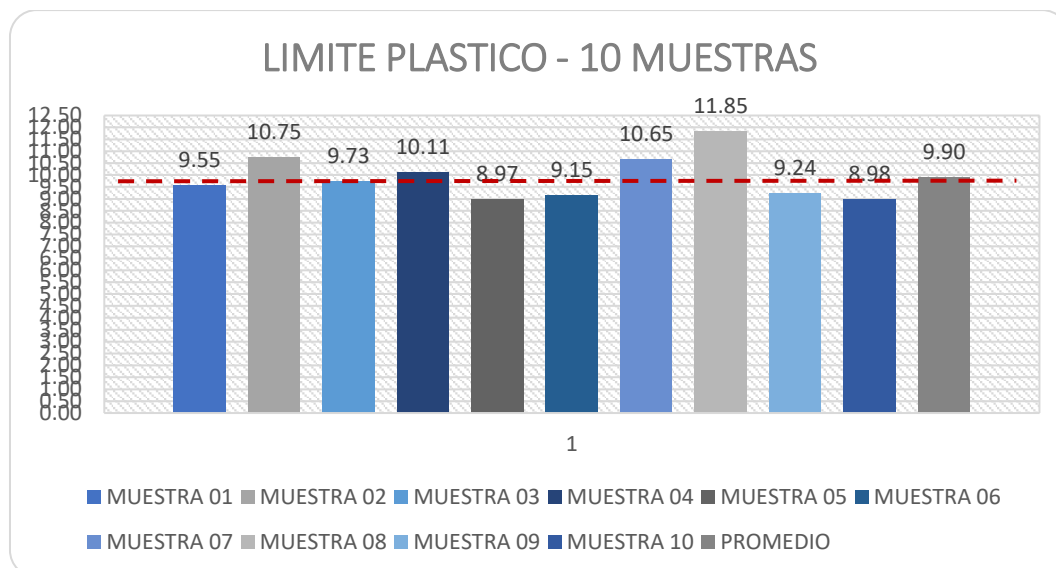
Es fundamental comprender que el límite plástico indica el contenido de humedad en el que un suelo empieza a mostrar un comportamiento plástico, es decir, cuando puede deformarse sin fracturarse. Este parámetro es esencial para evaluar la ductilidad del suelo y su capacidad para adaptarse a deformaciones bajo carga, manteniendo su cohesión interna. Los valores obtenidos para el límite plástico permiten prever cómo el suelo reaccionará ante las tensiones y esfuerzos durante la vida útil del pavimento, siendo determinantes para evaluar su adecuación como material de sustrato.

N° ENSAYO	LIM. PLÁSTICO
M-1	9.55
M-2	10.75
M-3	9.73
M-4	10.11
M-5	8.97
M-6	9.15
M-7	10.65
M-8	11.85
M-9	9.24
M-10	8.98
PROMEDIO	9.90

*Tabla 11. Cuadro de resultados del ensayo de Límite plástico*

*Fuente: Elaboración Propia*

El cuadro presenta los resultados del ensayo de límite plástico para diez muestras de suelo, con valores que oscilan entre 8.97% y 11.85%, y un promedio de 9.90%. Estos valores indican el contenido de humedad en el que el suelo transita de un estado semisólido a uno plástico. La muestra M-8, que tiene el valor más alto de 11.85%, sugiere que este suelo retiene más humedad antes de llegar al estado plástico, lo que podría hacer que sea más propenso a sufrir deformaciones plásticas bajo carga. En contraste, las muestras con valores más bajos, como M-5 (8.97%), muestran una menor capacidad de retención de humedad antes de alcanzar la plasticidad, lo que puede implicar una mayor estabilidad en condiciones secas.



**Figura 17. Gráfico de variación de los resultados del Limite Plástico**

**Fuente: Elaboración propia**

Los resultados del límite plástico indican que el suelo presenta una capacidad de retención de humedad baja a moderada antes de alcanzar el estado plástico, con un promedio de 9.90%. Esto sugiere que el suelo tiene una plasticidad relativamente baja, lo cual es generalmente favorable para su desempeño como material de subrasante en pavimentos. Sin embargo, las variaciones observadas en las muestras, especialmente aquellas con valores superiores a 10%, podrían indicar áreas más susceptibles a deformaciones plásticas bajo cargas y condiciones de humedad. Aunque estos suelos en general ofrecen buenas características para la construcción de pavimentos, se recomienda un análisis adicional en aquellas zonas donde los valores se desvían significativamente del promedio, para garantizar la durabilidad y estabilidad del pavimento en condiciones reales de servicio.

### c) Índice de Plasticidad

Con los resultados del límite líquido y del límite plástico, se puede calcular el índice de plasticidad (IP) de las muestras de suelo. Este índice es fundamental para evaluar la idoneidad del suelo en aplicaciones específicas, como la construcción de carreteras, cimientos o estructuras, ya que proporciona una indicación de cómo se comportará el suelo bajo diferentes condiciones de carga y humedad. Un índice de plasticidad bajo sugiere que el suelo tiene una menor susceptibilidad a deformaciones plásticas, lo que es favorable para la estabilidad y durabilidad de las infraestructuras. Por otro lado, un IP alto puede indicar un mayor riesgo de deformaciones, lo que

podría comprometer el rendimiento de las estructuras construidas. Así, el cálculo del índice de plasticidad ayuda a tomar decisiones informadas sobre el uso del suelo en proyectos de ingeniería civil.

$$\text{Ind. de Plasticidad (IP)} = \text{Lím. Líquido (LL)} - \text{Lím. Plástico (LP)}$$

N° ENSAYO	IND. PLASTICIDAD
M-1	6.70
M-2	6.50
M-3	8.52
M-4	6.46
M-5	9.27
M-6	8.09
M-7	7.37
M-8	5.04
M-9	6.76
M-10	6.45
PROMEDIO	7.11

Tabla 12. Resultados obtenidos del análisis del índice de plasticidad

Fuente: Elaboración propia

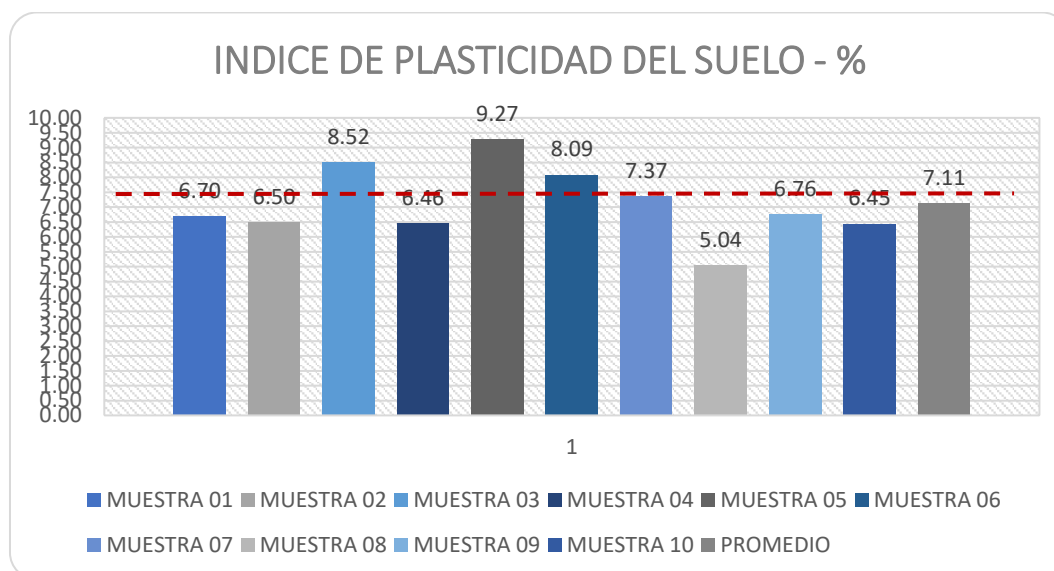


Figura 18. Gráfico de la variación del Índice de plasticidad entre las muestras

Fuente: Elaboración propia

Los valores del índice de plasticidad (IP) obtenidos oscilan dentro de un rango moderado, con el mínimo registrado en la muestra M-8 (5.04) y el máximo en la muestra M-5 (9.27). La variabilidad en los datos sugiere que, aunque existen diferencias entre las muestras, la mayoría se agrupan alrededor de un promedio de

7.11. Este promedio indica un comportamiento plástico medio, lo que significa que los suelos tienen una capacidad moderada para deformarse sin fracturarse, sin mostrar una alta susceptibilidad a cambios volumétricos debidos a la humedad.

Un índice de plasticidad promedio de 7.11 sugiere que los suelos poseen una plasticidad moderada, lo cual es favorable en el contexto de pavimentos flexibles. Este rango implica que el suelo tiene suficiente cohesión para mantener su estabilidad estructural bajo cargas, evitando deformaciones significativas o problemas de inestabilidad. Por otro lado, los suelos con un IP elevado pueden enfrentar desafíos como hinchamiento o contracción ante variaciones de humedad, lo que podría resultar en fallas prematuras en el pavimento.

Los resultados obtenidos son técnicamente positivos, indicando que los suelos tienen una plasticidad adecuada para soportar las condiciones de uso previstas sin comprometer la integridad del pavimento. Esto demuestra que el suelo es lo suficientemente estable para ser utilizado en la construcción de pavimentos en la región de Izcuchaca, ofreciendo una resistencia adecuada a las condiciones ambientales y de carga esperadas.

### **5.2.2. Reducción de fallas en pavimentos flexibles**

El análisis sobre la reducción de fallas en pavimentos flexibles se enfoca en examinar el comportamiento estructural del pavimento y su capacidad para soportar diferentes tipos de deterioro, teniendo en cuenta las condiciones de carga y ambientales particulares de la región de estudio. Los resultados obtenidos ofrecen una visión detallada de la efectividad de las intervenciones realizadas y la influencia de la resiliencia del suelo en la durabilidad del pavimento.

A través de la implementación de metodologías avanzadas y la comparación con investigaciones previas, se han identificado patrones en la disminución de fallas, tales como grietas por fatiga, deformaciones plásticas y hundimientos. Estos hallazgos no solo reflejan el rendimiento actual de los pavimentos, sino que también permiten hacer proyecciones sobre su comportamiento a futuro, facilitando así la optimización del diseño y la gestión de la infraestructura vial. La reducción observada en la frecuencia de fallas es un indicativo positivo del impacto de las técnicas empleadas y destaca la importancia de adoptar un enfoque integral en el mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles.

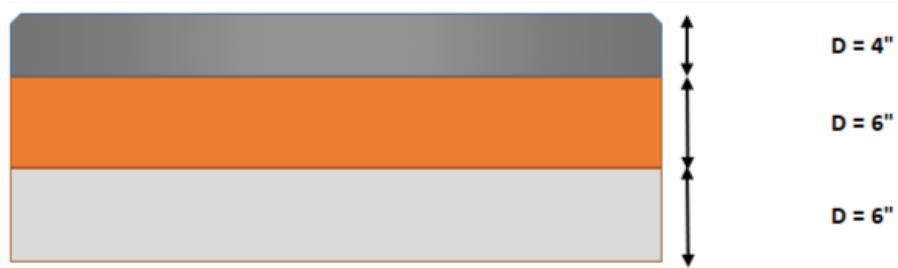
### **5.2.2.1. Reducción de fallas por deformación plástica**

La reducción de fallas por deformación plástica en pavimentos flexibles es un indicador clave del éxito en el dimensionamiento adecuado de las estructuras viales. Al analizar los resultados obtenidos, se espera que el pavimento mantenga su integridad estructural bajo cargas repetidas, minimizando las deformaciones permanentes que podrían comprometer su durabilidad. Un dimensionamiento apropiado del pavimento, que considere las propiedades mecánicas del material y las condiciones de carga previstas, es esencial para garantizar que el pavimento resista la deformación plástica a lo largo de su vida útil. Este análisis permitirá verificar la efectividad de las medidas adoptadas y determinar si los niveles de deformación se encuentran dentro de los parámetros aceptables, lo que asegura una mayor longevidad y funcionalidad de la infraestructura vial.

Para evaluar cómo la resiliencia de los suelos influye en la reducción de fallas por deformación plástica, es fundamental observar cómo varía el diseño de un pavimento cuando la resiliencia del suelo se encuentra en diferentes rangos, desde muy alta hasta baja. Esta variación en la resiliencia puede afectar significativamente el comportamiento del pavimento bajo carga, lo que a su vez impacta en su desempeño general y en la durabilidad esperada. Un análisis detallado permitirá identificar las mejores prácticas de diseño que optimicen el rendimiento del pavimento según las características del suelo, contribuyendo así a la construcción de infraestructuras viales más resistentes y sostenibles.

#### **A. Dimensionamiento del pavimento – Resiliencia Muy alta**

Cuando la resiliencia del suelo se clasifica como muy alta, el diseño del pavimento incluye una carpeta asfáltica de 4 pulgadas, una base de 6 pulgadas y una subbase de 6 pulgadas. Esta configuración numérica indica que el suelo subyacente tiene una notable capacidad para resistir y recuperar su forma después de la aplicación de cargas, lo que permite reducir el espesor de las capas superiores del pavimento sin comprometer su rendimiento estructural. Este diseño no solo optimiza el uso de recursos materiales al disminuir el espesor total necesario, sino que también asegura que el pavimento pueda soportar adecuadamente las cargas de tránsito, minimizando así el riesgo de fallas por deformación plástica.



*Figura 19. Dimensionamiento del pavimento flexible - Resiliencia Muy alta*

*Fuente: Elaboración propia*

### **B. Dimensionamiento del pavimento – Resiliencia Alta**

Cuando la resiliencia del suelo se clasifica en un rango alto, el diseño del pavimento se adapta a una configuración que incluye una carpeta asfáltica de 6 pulgadas, una base de 8 pulgadas y una subbase de 8 pulgadas. Este aumento en los espesores de las capas indica una capacidad de resiliencia moderada, lo que significa que el suelo subyacente no recupera su forma tan eficientemente como en el caso de resiliencia muy alta. Por lo tanto, se requiere un refuerzo adicional en las capas superiores para mantener la integridad estructural del pavimento. En general, este diseño busca compensar la menor resiliencia del suelo mediante un mayor espesor de las capas, lo que reduce el riesgo de fallas por deformación plástica bajo cargas repetidas y asegura la durabilidad y el rendimiento a largo plazo del pavimento.



*Figura 20. Dimensionamiento del pavimento flexible - Resiliencia Alta*

*Fuente: Elaboración propia*

### **C. Dimensionamiento del pavimento – Resiliencia Media**

Con una resiliencia del suelo en un rango medio, el diseño del pavimento requiere un aumento significativo en los espesores de sus capas, adoptando una carpeta asfáltica de 8 pulgadas, una base de 10 pulgadas y una subbase de 10 pulgadas. Este diseño indica que la capacidad del suelo para resistir y recuperarse de las cargas aplicadas es moderadamente limitada, lo que demanda una estructura de pavimento más robusta para soportar las tensiones sin comprometer su



estabilidad. En general, estos espesores aumentados reflejan la necesidad de un mayor soporte estructural para mitigar el riesgo de deformaciones plásticas y mantener la funcionalidad del pavimento, especialmente en condiciones de tráfico pesado o prolongado.



*Figura 21. Dimensionamiento del pavimento flexible - Resiliencia Media*

*Fuente: Elaboración propia*

#### **D. Dimensionamiento del pavimento – Resiliencia Baja**

Para un rango de resiliencia del suelo bajo, el diseño del pavimento requiere el uso de dimensiones considerables para las capas estructurales, especificando una carpeta asfáltica de 10 pulgadas, una base de 10 pulgadas y una subbase de 10 pulgadas. Este enfoque implica un incremento significativo en el grosor de cada capa, lo que refleja la necesidad de una estructura robusta para compensar la baja capacidad de recuperación del suelo y reducir el riesgo de fallas por deformación plástica. Generalmente, el uso de estas dimensiones mayores está justificado por la necesidad de asegurar una mayor estabilidad y durabilidad del pavimento, minimizando el impacto de cargas repetidas y prolongadas sobre un suelo con baja resiliencia, garantizando así el rendimiento y la integridad estructural del pavimento en condiciones adversas.



*Figura 22. Dimensionamiento del pavimento flexible - Resiliencia Media*

*Fuente: Elaboración propia*

Los resultados del dimensionamiento del pavimento en función de la resiliencia del suelo demuestran una variabilidad significativa en las especificaciones de diseño para los diferentes rangos de resiliencia. Para suelos con alta resiliencia, se requiere una carpeta asfáltica de 4 pulgadas, una base de 6 pulgadas y una subbase de 6 pulgadas. Este diseño más delgado se debe a la capacidad del suelo para absorber y distribuir las cargas de manera efectiva, reduciendo la necesidad de capas más gruesas. En contraste, para suelos con resiliencia media, las dimensiones se incrementan a 8 pulgadas para la carpeta asfáltica y 10 pulgadas para la base y la subbase, lo que indica una mayor capacidad de soporte requerida debido a una menor capacidad de recuperación del suelo. Finalmente, en suelos con baja resiliencia, se especifica una carpeta asfáltica de 10 pulgadas y capas de base y subbase de 10 pulgadas cada una. Este aumento en el grosor de las capas refleja la necesidad de proporcionar una estructura más robusta para compensar la incapacidad del suelo para manejar cargas repetidas sin experimentar deformaciones significativas. La variabilidad en el diseño se basa en la capacidad del suelo para soportar y distribuir las cargas aplicadas, y la resiliencia del suelo es fundamental para determinar la capacidad del pavimento para resistir fallas por deformación plástica.

CLASIFICACION DE SUELOS RESILIENTES	ESPELOR DE PAQUETE ESTRUCTURAL - PULGADAS
MUY ALTA	16.0
ALTA	22.0
MEDIA	22.0
BAJA	30.0

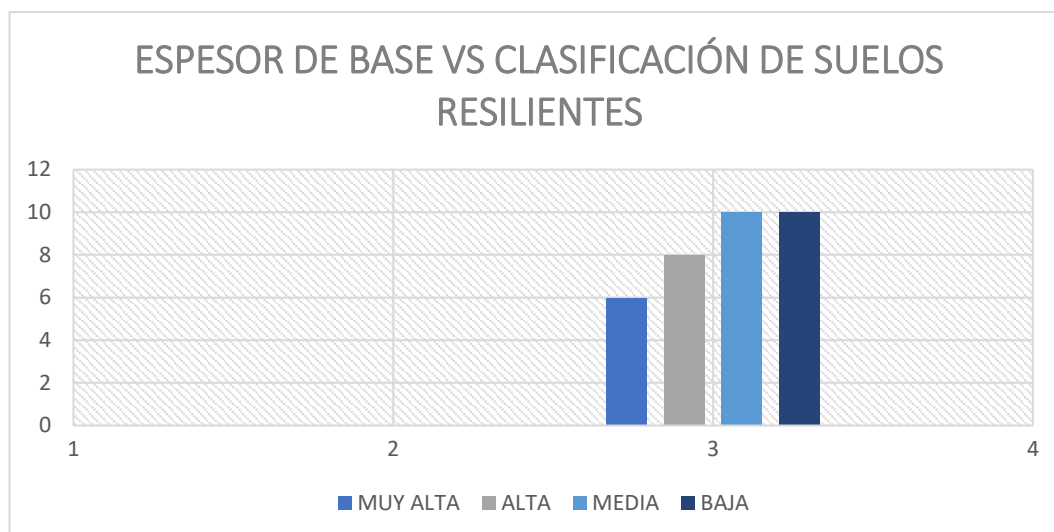
*Tabla 13. Dimensionamiento del paquete estructural con un suelo resiliente*

*Fuente: Elaboración propia*

La variabilidad en el diseño del pavimento según la resiliencia del suelo subraya la importancia crítica de la capacidad del suelo para resistir deformaciones bajo cargas repetitivas. En suelos con alta resiliencia, las capas de pavimento son relativamente delgadas, lo que indica que el suelo puede manejar las cargas de tráfico con mínima deformación plástica, requiriendo así menos refuerzo estructural. En contraste, en suelos con resiliencia media, el incremento en el grosor de las capas sugiere una respuesta más moderada del suelo ante cargas repetidas, lo que exige un diseño más robusto para garantizar una adecuada distribución de cargas y resistencia

a fallas. Por otro lado, en suelos con baja resiliencia, el diseño más grueso de la carpeta asfáltica, la base y la subbase refleja la necesidad de un soporte adicional para prevenir deformaciones plásticas y asegurar la estabilidad a largo plazo del pavimento.

La resiliencia del suelo es crucial, ya que determina la capacidad del pavimento para resistir deformaciones acumulativas bajo cargas repetidas, lo que afecta directamente la durabilidad y el rendimiento de la infraestructura vial. La adecuada adaptación del diseño del pavimento en función de la resiliencia del suelo asegura una estructura óptima, prolongando la vida útil del pavimento, minimizando los costos de mantenimiento y mejorando la seguridad y el confort del tránsito.



*Figura 23. Gráfico de la variación de las dimensiones del paquete estructural del pavimento flexible de los suelos resilientes*

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.2.2.2. Reducción de fallas por fatiga (KN)

Para evaluar la reducción de fallas por fatiga en pavimentos flexibles, se ha llevado a cabo un ensayo Marshall, el cual proporciona información crucial sobre la estabilidad y resistencia al ahuellamiento del pavimento. Este ensayo determina la capacidad del pavimento para soportar cargas repetidas sin experimentar deformaciones significativas, un aspecto esencial para la resistencia a fallas por fatiga.

Los resultados obtenidos del ensayo Marshall incluyen medidas de la estabilidad máxima del pavimento y la resistencia a la deformación plástica bajo condiciones de carga repetitiva. La estabilidad indica la máxima carga que el

pavimento puede soportar antes de fallar, mientras que la resistencia al ahuellamiento evalúa la habilidad del pavimento para resistir deformaciones permanentes bajo carga. La implementación de un diseño de pavimento basado en estos resultados permite optimizar la reducción de fallas por fatiga, asegurando que el pavimento mantenga su integridad estructural y funcionalidad a lo largo del tiempo. Este enfoque metodológico es fundamental para mejorar la durabilidad y seguridad de las infraestructuras viales, al minimizar el riesgo de fallas prematuras y prolongar la vida útil del pavimento.

CLASIFICACION DE SUELOS RESILIENTES	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	MUESTRA 05	MUESTRA 06	MUESTRA 07	MUESTRA 08	MUESTRA 09	MUESTRA 10	PROMEDIO
MUY ALTA	12.215	13.042	11.951	12.574	11.654	12.784	13.012	12.654	13.452	11.957	12.529
ALTA	9.874	10.247	9.042	10.578	8.214	10.670	9.247	8.425	9.751	8.475	9.452
MEDIA	8.012	7.985	8.132	7.958	8.047	9.027	7.367	6.752	8.459	7.248	7.899
BAJA	6.574	7.002	6.038	5.981	6.347	6.123	5.953	6.123	7.012	6.423	6.358

*Tabla 14. Resultados de la estabilidad y resistencia al ahuellamiento*

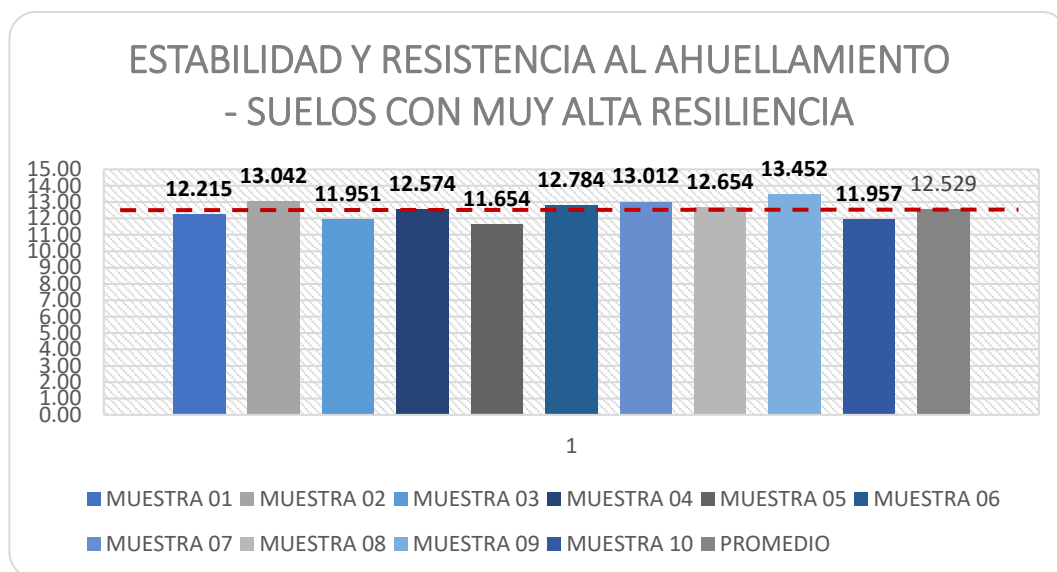
*Fuente: Elaboración propia*

La tabla clasifica los suelos resilientes en cuatro categorías de estabilidad y resistencia al ahuellamiento, determinadas a través del ensayo Marshall. Los suelos clasificados con resiliencia "Muy Alta" presentan las mejores propiedades, con un promedio de 12.529, lo que indica una excelente estabilidad y capacidad para resistir deformaciones permanentes. Los suelos en la categoría "Alta" muestran un promedio de 9.452, reflejando una buena resistencia al ahuellamiento, aunque inferior a la de la categoría anterior. Por otro lado, los suelos con resiliencia "Media" tienen un promedio de 7.899, sugiriendo una capacidad moderada para soportar deformaciones. Finalmente, los suelos en la categoría "Baja", con un promedio de 6.358, presentan la menor estabilidad, lo que los hace menos adecuados para aplicaciones que requieren alta durabilidad y resistencia al ahuellamiento.

#### **A. Estabilidad y resistencia al ahuellamiento – Muy alta resiliencia**

Los suelos clasificados en la categoría de resiliencia "Muy Alta" muestran un rango de valores de estabilidad y resistencia al ahuellamiento entre 11.654 y 13.452, con un promedio de 12.529. Este elevado promedio indica que estos suelos tienen una excelente capacidad para soportar cargas sin sufrir deformaciones significativas, lo que se traduce en una notable resistencia al ahuellamiento. Estos valores reflejan una alta estabilidad, crucial para pavimentos que deben enfrentar

tráfico intenso y condiciones climáticas adversas. La capacidad de estos suelos para mantener su integridad estructural bajo carga repetitiva los convierte en opciones ideales para aplicaciones que requieren durabilidad prolongada y un rendimiento confiable en resistencia a la deformación.



**Figura 24. Gráfico de estabilidad y resistencia al ahuellamiento - suelos con muy alta resiliencia**

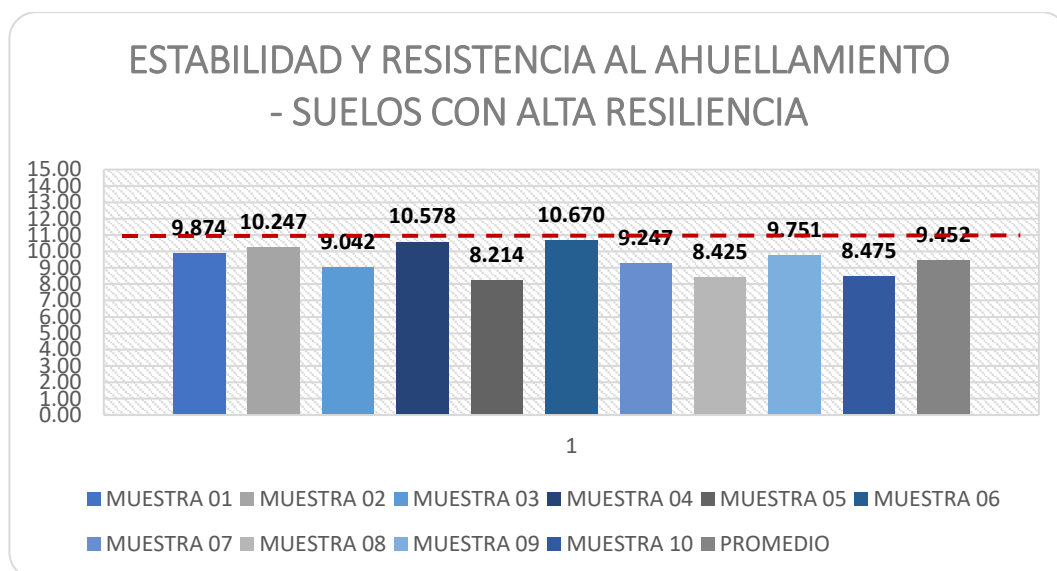
**Fuente: Elaboración propia**

Los suelos clasificados con una resiliencia "Muy Alta" exhiben un desempeño excepcional en estabilidad y resistencia al ahuellamiento. Presentan valores que indican una notable capacidad para mantener su integridad estructural bajo cargas repetitivas, lo cual es esencial para pavimentos sometidos a tráfico intenso y condiciones ambientales adversas. La alta resiliencia de estos suelos los hace altamente adecuados para aplicaciones que demandan un elevado nivel de durabilidad y resistencia, lo que minimiza el riesgo de fallas y deformaciones a lo largo del tiempo. Desde la perspectiva de la ingeniería de pavimentos, estos materiales representan una inversión efectiva para asegurar la longevidad y el rendimiento óptimo de las infraestructuras viales.

### **B. Estabilidad y resistencia al ahuellamiento – Alta resiliencia**

En la categoría de resiliencia "Alta", los valores obtenidos varían entre 8.214 y 10.670, con un promedio de 9.452. Este rango indica una buena resistencia al ahuellamiento, aunque inferior a la categoría "Muy Alta". Los suelos con esta resiliencia presentan una estabilidad adecuada para soportar cargas vehiculares, ofreciendo un rendimiento aceptable en la prevención de deformaciones

permanentes. Aunque no alcanzan los niveles óptimos de la categoría superior, estos suelos todavía proporcionan un rendimiento sólido, siendo adecuados para pavimentos que enfrentan condiciones de tráfico moderado a intenso, lo que permite un equilibrio entre costo y durabilidad.



*Figura 25. Gráfico de la variación de la estabilidad y resistencia al ahuellamiento de suelos con alta resistencia*

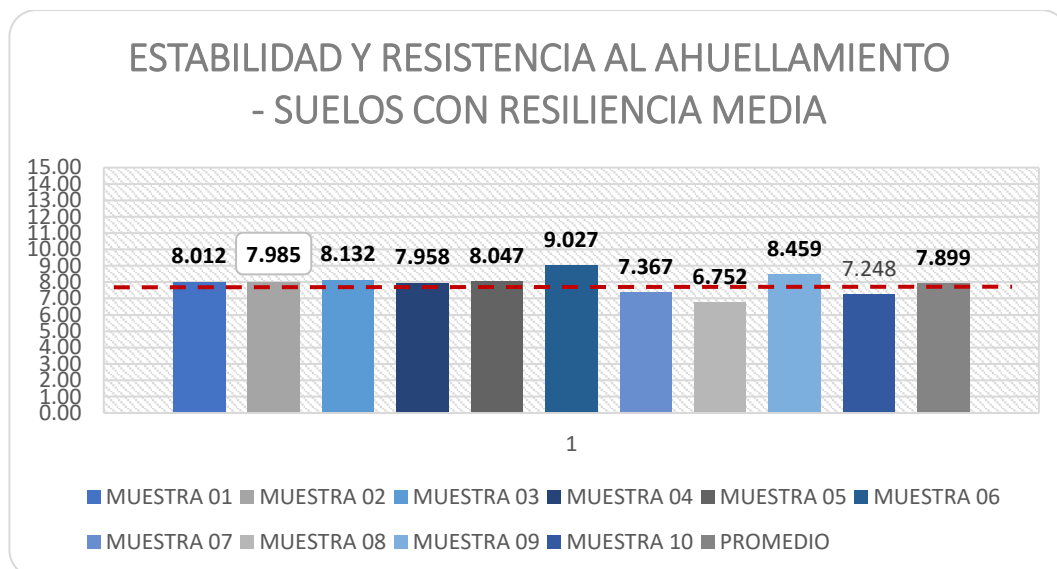
*Fuente: Elaboración propia*

Los suelos en la categoría de resiliencia "Alta" exhiben un nivel adecuado de estabilidad y resistencia al ahuellamiento, aunque no alcanzan los valores óptimos de la categoría superior. Estos suelos son capaces de soportar cargas vehiculares con un desempeño aceptable, ofreciendo una resistencia adecuada al desgaste y a las deformaciones. Aunque no son ideales para condiciones extremas, su rendimiento es satisfactorio para aplicaciones con tráfico moderado. La relevancia de estos suelos radica en su capacidad de proporcionar un equilibrio entre costos y durabilidad, lo que los convierte en una opción viable para proyectos que no exigen las máximas especificaciones de resiliencia, pero que aún requieren un nivel sólido de desempeño.

### **C. Estabilidad y resistencia al ahuellamiento – Resiliencia Media**

Los suelos clasificados con resiliencia "Media" presentan valores que oscilan entre 6.752 y 9.027, con un promedio de 7.899. Este rango sugiere una capacidad moderada para resistir la deformación y el ahuellamiento. Aunque estos suelos ofrecen una resistencia razonable, su desempeño es inferior al de las

categorías superiores, lo que indica una mayor propensión a fallas por deformación bajo condiciones de carga prolongadas o intensas. Estos materiales pueden ser adecuados para aplicaciones con menores exigencias de carga o en contextos donde se busca reducir costos, aunque no son ideales en situaciones donde la durabilidad sea una prioridad principal.



**Figura 26.** Gráfico de la variación de la estabilidad y resistencia al ahuellamiento de suelos con resiliencia media

**Fuente:** Elaboración propia

Los suelos con resiliencia "Media" presentan una capacidad moderada para resistir el ahuellamiento y las deformaciones, mostrando valores que indican una estabilidad aceptable, aunque inferior a las categorías superiores. Este nivel de resiliencia resulta adecuado para aplicaciones con menores exigencias de carga y tráfico, o en contextos donde la economía es un factor importante. Sin embargo, su menor resiliencia implica un mayor riesgo de deformaciones bajo condiciones prolongadas o intensivas. Aunque estos suelos pueden ser utilizados en proyectos con requisitos menos rigurosos, es fundamental considerar que su durabilidad y resistencia a largo plazo pueden estar limitadas.

#### **D. Estabilidad y resistencia al ahuellamiento – Baja resiliencia**

Los suelos en la categoría de resiliencia "Baja" tienen valores de estabilidad y resistencia al ahuellamiento que oscilan entre 5.953 y 7.012, con un promedio de 6.358. Este promedio bajo refleja una capacidad deficiente para soportar cargas sin experimentar deformaciones significativas, resultando en una alta susceptibilidad al ahuellamiento. Estos suelos presentan la menor estabilidad entre las categorías

evaluadas, lo que los hace inadecuados para aplicaciones que requieren alta durabilidad y resistencia a deformaciones en condiciones de tráfico.

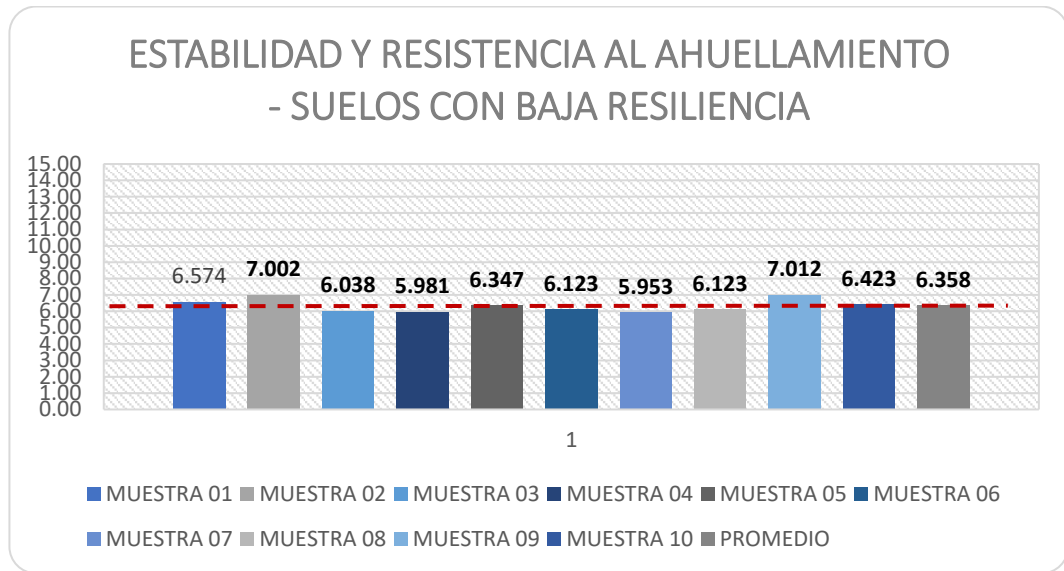


Figura 27. Gráfico de la variación de la estabilidad y resistencia al ahuellamiento de suelos con baja resiliencia

Fuente: Elaboración propia

Los suelos clasificados con una resiliencia "Baja" presentan una capacidad insuficiente para mantener la estabilidad y resistencia al ahuellamiento bajo cargas intensivas. Con valores bajos en estabilidad, estos suelos son altamente susceptibles a deformaciones y fallas, lo que compromete significativamente la durabilidad y el rendimiento del pavimento.

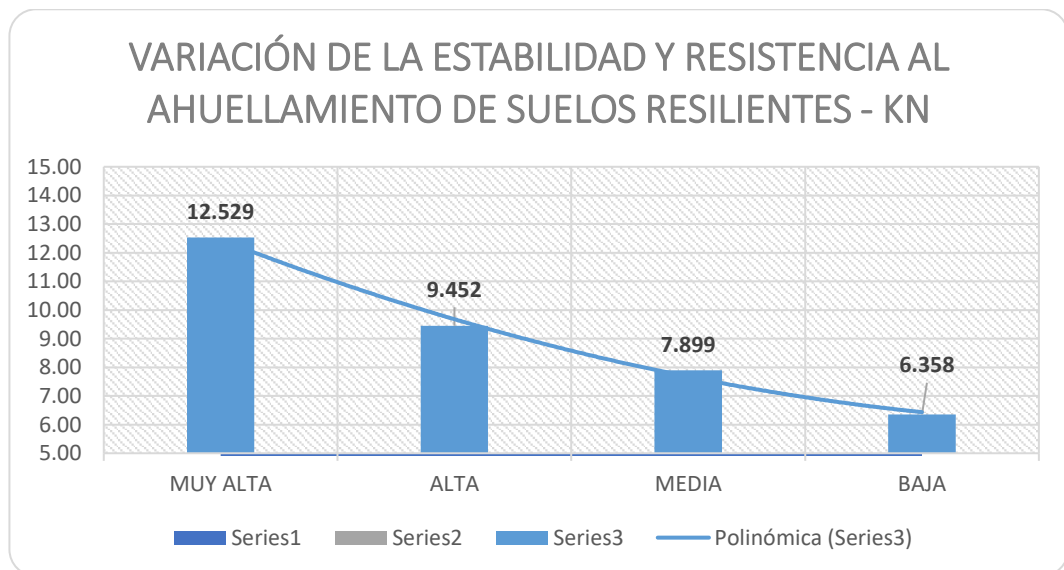


Figura 28. Gráfico general de como varia la estabilidad en suelos resilientes

Fuente: Elaboración propia



La interpretación general de los resultados de estabilidad y resistencia al ahuellamiento, clasificados según la resiliencia del suelo, destaca la importancia crítica de seleccionar el tipo adecuado de suelo para garantizar el desempeño y la durabilidad de los pavimentos. Los suelos con resiliencia "Muy Alta" demuestran una capacidad excepcional para resistir el ahuellamiento y mantener la estabilidad bajo cargas intensivas, siendo ideales para aplicaciones de tráfico pesado y condiciones severas, lo que asegura una vida útil prolongada y bajo mantenimiento. En contraste, los suelos de resiliencia "Alta" proporcionan una resistencia sólida y adecuada para proyectos de tráfico moderado, aunque no alcanzan el nivel superior de rendimiento. Los suelos con resiliencia "Media" muestran un rendimiento aceptable para aplicaciones menos exigentes, pero su capacidad limitada podría ser inadecuada para condiciones de alta carga. Por último, los suelos con resiliencia "Baja" revelan una pobre resistencia al ahuellamiento y estabilidad, lo que hace que su uso sea inapropiado en contextos de alto tráfico, ya que pueden provocar un deterioro prematuro de la infraestructura.

### **5.2.2.3. Reducción de fallas por hundimiento**

Para abordar la reducción de fallas por hundimiento, es crucial evaluar la calidad del drenaje del sistema de pavimentación, ya que un drenaje eficiente minimiza la acumulación de agua en la subrasante, previniendo la saturación del suelo y el subsiguiente hundimiento. En este contexto, los resultados obtenidos se centran en cómo diferentes configuraciones de drenaje impactan la capacidad del pavimento para mantener su integridad estructural y prevenir deformaciones. La evaluación de la calidad del drenaje se realiza mediante un análisis exhaustivo del diseño y rendimiento del sistema de drenaje, considerando aspectos como la capacidad de absorción de agua, la velocidad de evacuación y la efectividad en la prevención de acumulación subterránea. La optimización del drenaje asegura que el agua se dirija de manera eficiente lejos de las áreas críticas, reduciendo así el riesgo de fallas por hundimiento. Los resultados presentados reflejan la efectividad del sistema de drenaje en la reducción de estos fallos, destacando la importancia de una correcta implementación y mantenimiento del drenaje para prolongar la vida útil del pavimento y garantizar su estabilidad bajo condiciones de carga y clima variables.

CLASIFICACION DE SUELOS RESILIENTES	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	MUESTRA 05	MUESTRA 06	MUESTRA 07	MUESTRA 08	MUESTRA 09	MUESTRA 10	PROMEDIO
MUY ALTA	1.32	1.30	1.31	1.32	1.30	1.34	1.30	1.29	1.28	1.32	1.31
ALTA	1.21	1.19	1.20	1.23	1.27	1.25	1.26	1.13	1.15	1.28	1.22
MEDIA	1.05	1.10	1.09	1.08	1.11	1.07	1.06	1.05	1.09	1.13	1.08
BAJA	0.95	1.01	0.97	1.02	0.81	0.93	0.75	1.03	1.00	0.92	0.94

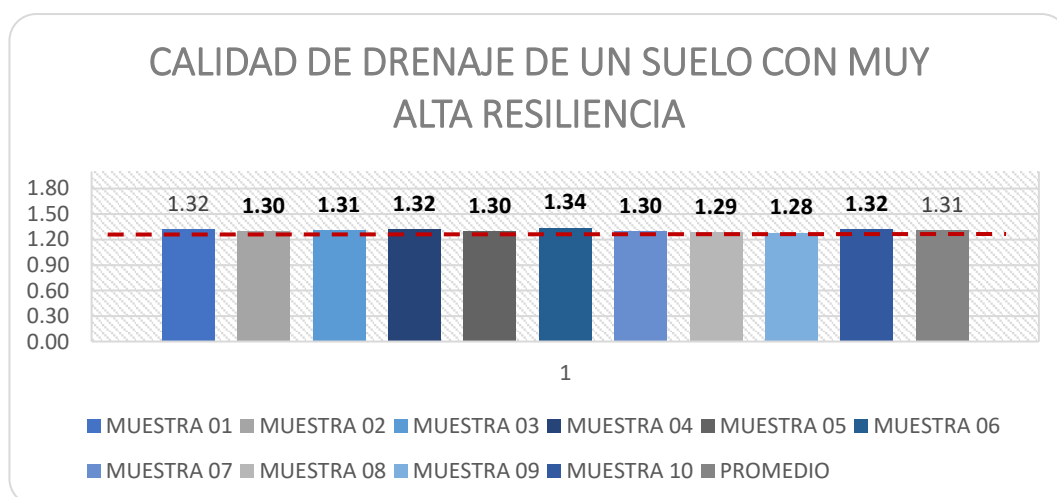
**Tabla 15. Resultados de la estabilidad y resistencia al ahuellamiento**

*Fuente: Elaboración propia*

Los resultados del coeficiente de drenaje en las distintas categorías de suelos resilientes muestran diferencias notables en la eficacia del sistema de drenaje utilizado en las muestras analizadas. En líneas generales, los valores obtenidos indican cuán bien el drenaje permite el flujo de agua y evita su acumulación, lo cual es fundamental para prevenir hundimientos en los pavimentos. A continuación, se ofrece una interpretación detallada para cada categoría de clasificación de suelos resilientes.

#### **A. Coeficiente de drenaje – Muy alta resiliencia**

Los suelos que se encuentran en el rango de coeficiente de drenaje "muy alto" presentan un promedio de 1,31, con valores que varían entre 1,28 y 1,34. Este elevado coeficiente refleja una notable capacidad de drenaje, ya que los valores se mantienen en un nivel superior de eficiencia. La habilidad de estos suelos para facilitar un flujo de agua rápido y efectivo es esencial para evitar la acumulación y la saturación del agua.



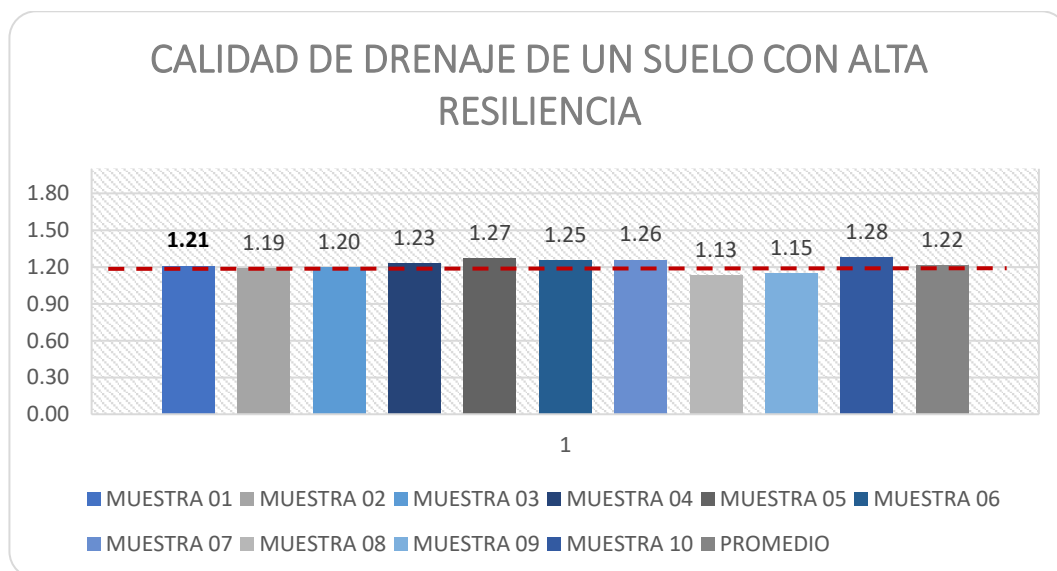
**Figura 29. Calidad de drenaje de un suelo con muy alta resistencia**

*Fuente: Elaboración propia*

Desde una perspectiva teórica, los suelos con un coeficiente de drenaje muy alto poseen una capacidad sobresaliente para manejar el agua, lo cual es fundamental para la estabilidad duradera de los pavimentos. Su habilidad para drenar rápidamente el agua disminuye considerablemente el riesgo de hundimientos y deformaciones, al prevenir la acumulación de humedad que podría comprometer la integridad estructural del pavimento. La realización de ensayos de drenaje en esta categoría garantiza que las infraestructuras viales permanezcan estables y operativas, incluso en situaciones de lluvia intensa, lo que contribuye a extender su vida útil y minimizar la necesidad de mantenimiento.

### B. Coeficiente de drenaje – Alta resiliencia

Los suelos clasificados como de alta calidad tienen un coeficiente de drenaje promedio de 1,22, con valores que fluctúan entre 1,13 y 1,28. Estos resultados indican que poseen una capacidad de drenaje sólido, aunque un poco inferior a la de los suelos de clasificación muy alta. La variabilidad observada en los datos sugiere que su capacidad para drenar puede ser efectiva, pero podría verse afectada por cambios en las condiciones ambientales.



**Figura 30. Calidad de drenaje de un suelo con alta resistencia**

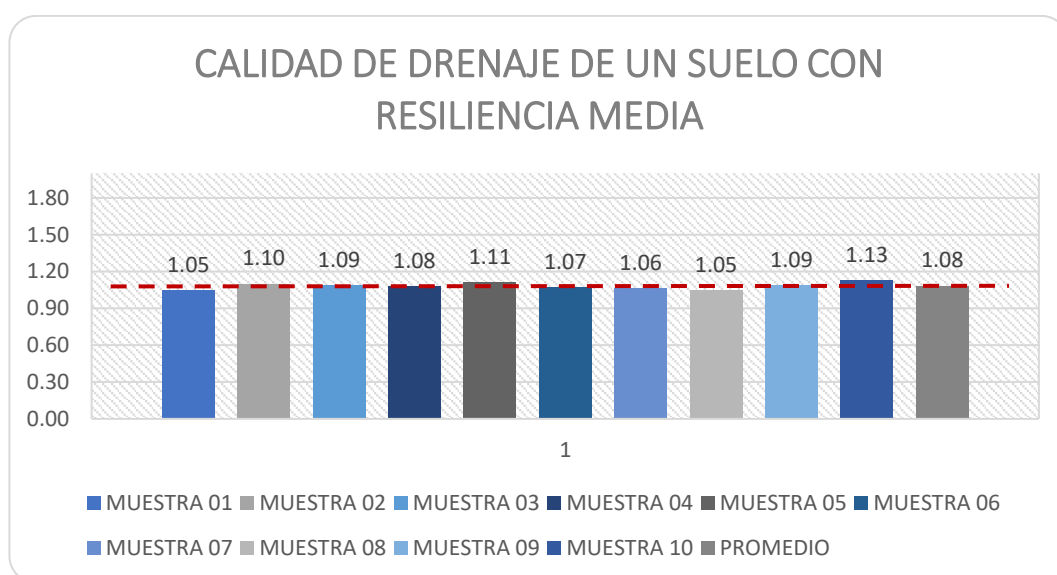
**Fuente: Elaboración propia**

Desde un punto de vista teórico, los suelos con un coeficiente de drenaje alto permiten una gestión adecuada del agua, lo que ayuda a disminuir el riesgo de fallas por hundimiento en los pavimentos. Aunque su capacidad de drenaje no alcanza el nivel de los suelos de clasificación muy alta, sigue siendo adecuada para

preservar la estabilidad estructural en condiciones normales. Estos suelos son eficaces para reducir la acumulación de agua y la presión del agua subterránea, pero podrían necesitar un seguimiento más cuidadoso en situaciones extremas para prevenir problemas de estabilidad en la infraestructura vial.

### C. Coeficiente de drenaje – Resiliencia Media

En la categoría media, el coeficiente de drenaje presenta un promedio de 1.08, con un rango de valores entre 1.05 y 1.13. Aunque estos resultados son aceptables, son considerablemente inferiores a los de las categorías superiores, lo que sugiere una capacidad de drenaje moderada.



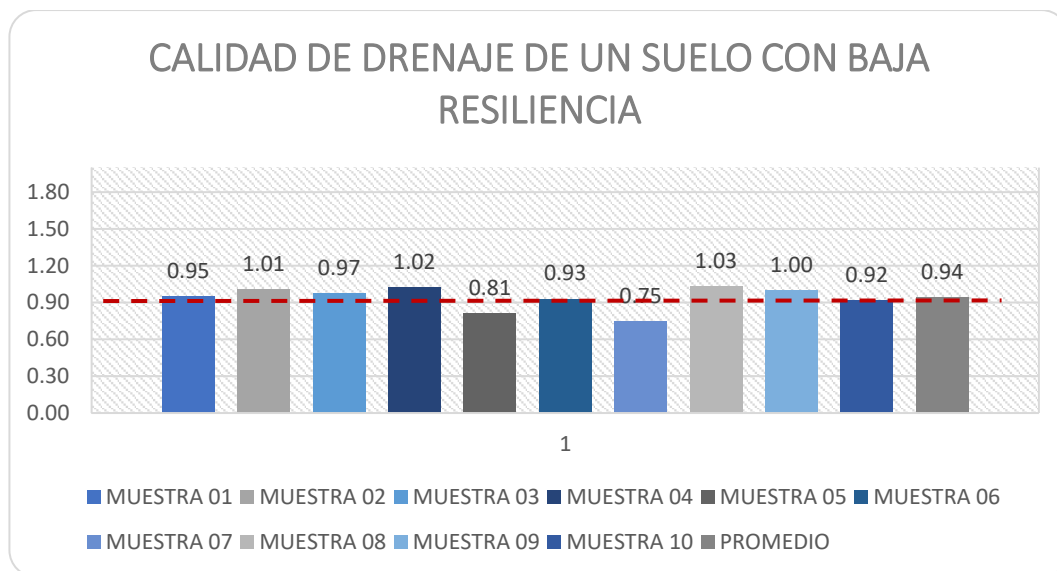
**Figura 31. Calidad de drenaje de un suelo con suelos de resiliencia media**

**Fuente: Elaboración propia**

Los suelos con un coeficiente de drenaje medio tienen una capacidad de manejo del agua que puede resultar adecuada en ciertas circunstancias, pero también conlleva riesgos de acumulación y saturación si no se controlan adecuadamente. Para estos suelos, puede ser necesario implementar medidas adicionales, como sistemas de drenaje mejorados o un diseño de pavimentos que considere el potencial de acumulación de agua. Esta capacidad de drenaje moderada sugiere que, ante lluvias intensas o prolongadas, el riesgo de deformaciones o hundimiento en el pavimento puede aumentar, lo que implica la necesidad de un diseño de infraestructura más sólido para mitigar dichos efectos.

#### D. Coeficiente de drenaje – Baja resiliencia

Los suelos que presentan un coeficiente de drenaje bajo tienen un promedio de 0.94, con valores que oscilan entre 0.75 y 1.03. Estos datos reflejan una capacidad de drenaje insuficiente, lo que indica una alta tendencia a la acumulación de agua.



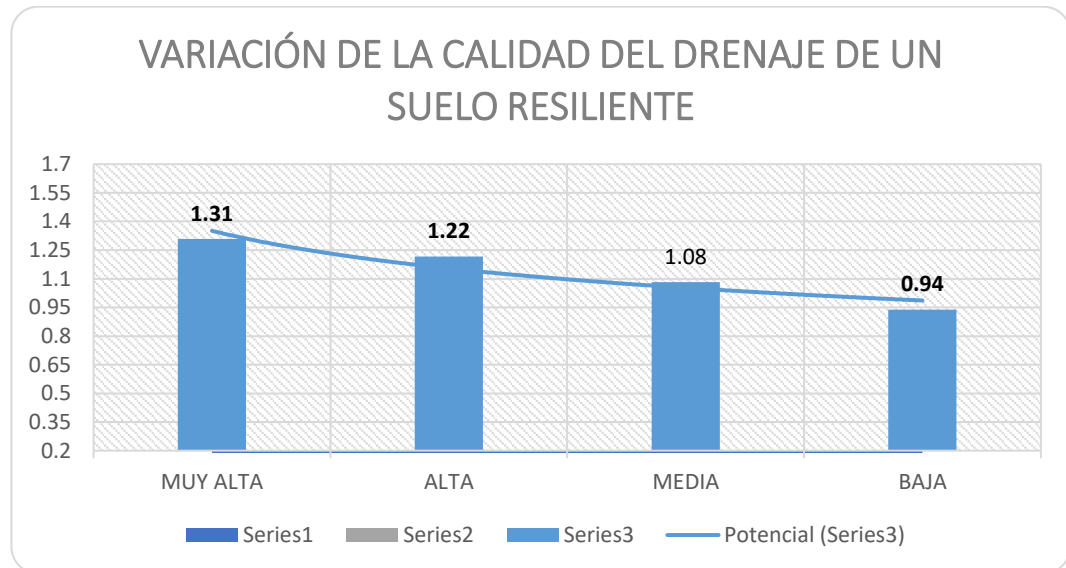
**Figura 32. Calidad de drenaje de un suelo con resiliencia baja**

**Fuente: Elaboración propia**

En suelos con un coeficiente de drenaje bajo, la capacidad para gestionar el agua resulta inadecuada, lo que puede generar problemas serios como la acumulación de agua y el posterior debilitamiento de la estructura del pavimento. Estos suelos son susceptibles a hundimientos y deformaciones debido a la retención de humedad, lo que impacta negativamente en la estabilidad y durabilidad del pavimento. La baja capacidad de drenaje resalta la necesidad de implementar un diseño de pavimentos que contemple medidas de drenaje más eficientes y una gestión cuidadosa de la humedad para prevenir fallas estructurales graves.

En términos generales, el análisis de los coeficientes de drenaje en distintas categorías de suelos resilientes pone de manifiesto una clara relación entre la capacidad de drenaje y el riesgo de fallas por hundimiento en pavimentos. Los suelos con alta resiliencia, representados por coeficientes de drenaje más altos, muestran una excelente habilidad para manejar el agua, lo que reduce significativamente el riesgo de problemas relacionados con el hundimiento. En cambio, los suelos con baja resiliencia evidencian una capacidad de drenaje inadecuada, lo que puede conducir a acumulaciones de agua y un mayor riesgo de

fallas estructurales. Esta variabilidad subraya la relevancia de un diseño y mantenimiento apropiados del sistema de drenaje, especialmente en suelos menos resilientes, para asegurar la estabilidad y durabilidad de las infraestructuras viales.



*Figura 33. Variación general del coeficiente de drenaje de suelos resilientes*

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.3. Contratación de Hipótesis

#### 5.3.1. Hipótesis específicas 1:

Para la hipótesis: La resiliencia de suelos influye significativamente en la reducción de fallas por fatiga en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024.

##### a. Formulación de H0 y H1

H0: La resiliencia de suelos no influye significativamente en la reducción de fallas por fatiga en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024.

H1: La resiliencia de suelos si influye significativamente en la reducción de fallas por fatiga en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024.

##### b. Regla de decisión

Se rechaza H0 si:  $t = t_1 - a (gl)$

### c. Elección de la prueba estadística

Esta elección se debe a que la prueba t es adecuada para comparar las medias entre dos grupos cuando los datos siguen una distribución normal, lo que ha sido confirmado por la prueba de Kolmogórov-Smirnov.

### d. Estimación del p-valor

Si  $p < 0.05$ ; entonces se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ )

### e. Desarrollo de la prueba

Cálculo “t”

$$t = \frac{\pi * \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}} = 4.13$$

Cálculo “tc”

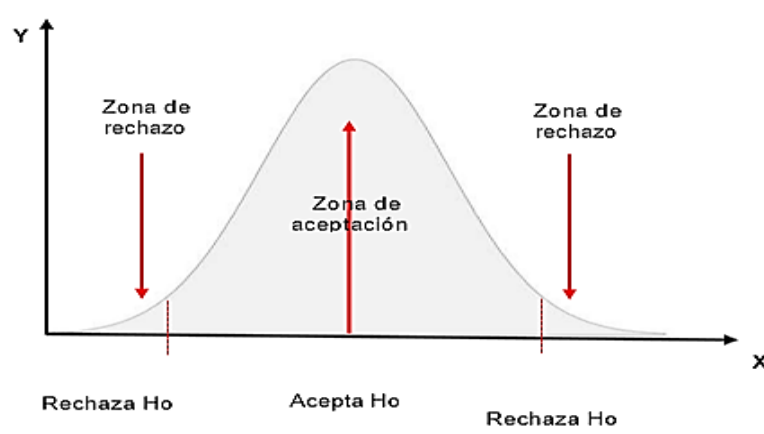
$$t_{1 - \alpha^{(gl)}} = 1.54$$

### f. Conclusión estadística

Puesto que t calculada es mayor que t teórica ( $4,13 > 1,54$ ), en consecuencia, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ).

### g. Conclusión estadística

Se concluye que el potencial de colapso de suelos si influye en la resistencia de la losa del pavimento rígido.



*Figura 34. Curva de simetría de Gauss - Hipótesis Específica 1*

*Fuente: MetodoyFuente*

Se concluye que la resiliencia de suelos si influye significativamente en la reducción de fallas por fatiga en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024.

### 5.3.2. Hipótesis específicas 2:

Para la hipótesis: La resiliencia de suelos influye significativamente en la reducción de fallas por deformación plástica en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024

#### a. Formulación de H0 y H1

H0: La resiliencia de suelos no influye significativamente en la reducción de fallas por deformación plástica en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024

H1: La resiliencia de suelos si influye significativamente en la reducción de fallas por deformación plástica en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024

#### b. Regla de decisión

Se rechaza H0 si:  $t = t1 - a (gl)$

#### c. Elección de la prueba estadística

Esta elección se debe a que la prueba t es adecuada para comparar las medias entre dos grupos cuando los datos siguen una distribución normal, lo que ha sido confirmado por la prueba de Kolmogórov-Smirnov.

#### d. Estimación del p-valor

Si  $p < 0.05$ ; entonces se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1)

#### e. Desarrollo de la prueba

Cálculo “t”

$$t = \frac{\pi * \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}} = 3.85$$

Cálculo “tc”

$$t1 - \alpha^{(gl)} = 1.71$$

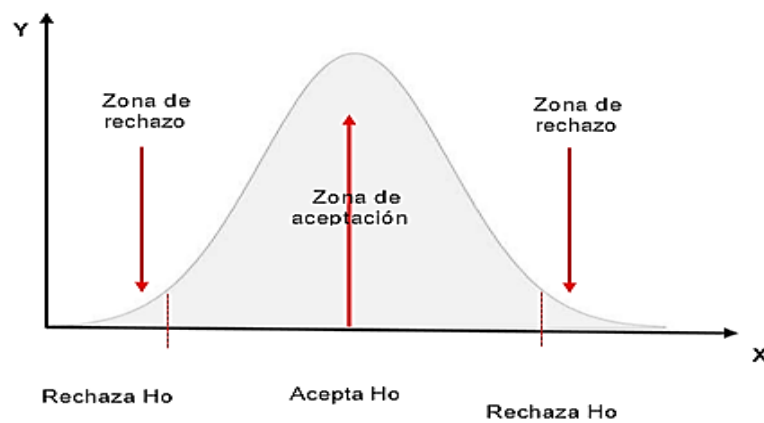


#### f. Conclusión estadística

Puesto que  $t$  calculada es mayor que  $t$  teórica ( $3.85 > 1,71$ ), en consecuencia, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ).

#### g. Conclusión estadística

Se concluye que el potencial de colapso de suelos si influye en la resistencia de la losa del pavimento rígido.



*Figura 35. Curva de simetría de Gauss - Hipótesis Específica 2*

*Fuente: MetodoyFuente*

La resiliencia de suelos si influye significativamente en la reducción de fallas por deformación plástica en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024

#### 5.3.3. Hipótesis específicas 3:

Para la hipótesis: La resiliencia de suelos influye significativamente en la reducción de fallas por hundimiento en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024

##### a. Formulación de $H_0$ y $H_1$

$H_0$ : La resiliencia de suelos no influye significativamente en la reducción de fallas por hundimiento en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024

$H_1$ : La resiliencia de suelos si influye significativamente en la reducción de fallas por hundimiento en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024

**b. Regla de decisión**

Se rechaza  $H_0$  si:  $t = t_1 - a(gl)$

**c. Elección de la prueba estadística**

Esta elección se debe a que la prueba t es adecuada para comparar las medias entre dos grupos cuando los datos siguen una distribución normal, lo que ha sido confirmado por la prueba de Kolmogórov-Smirnov.

**d. Estimación del p-valor**

Si  $p < 0.05$ ; entonces se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ )

**e. Desarrollo de la prueba**

Cálculo “t”

$$t = \frac{\pi * \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}} = 4.06$$

Cálculo “tc”

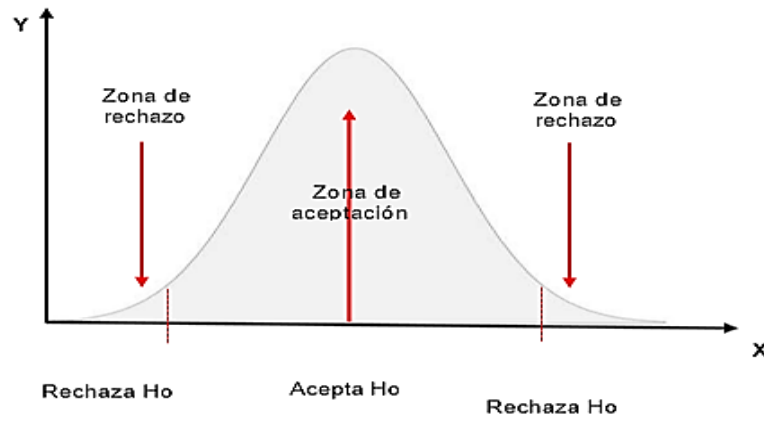
$$t_1 - \alpha^{(gl)} = 1.12$$

**f. Conclusión estadística**

Puesto que t calculada es mayor que t teórica ( $4.06 > 1,12$ ), en consecuencia, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ).

**g. Conclusión estadística**

Se concluye que el potencial de colapso de suelos si influye en la resistencia de la losa del pavimento rígido.



*Figura 36. Curva de simetría de Gauss - Hipótesis Específica 3*

*Fuente: MetodoyFuente*

La resiliencia de suelos si influye significativamente en la reducción de fallas por hundimiento en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024

## **VI. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS**

El análisis general sobre cómo la resiliencia del suelo influye en el diseño del pavimento, su estabilidad, resistencia al ahuellamiento y capacidad de drenaje, pone de manifiesto la importancia de personalizar el diseño de pavimentos de acuerdo con las características específicas del suelo. Las variaciones observadas en las dimensiones de las capas del pavimento, así como en la resistencia al ahuellamiento y el coeficiente de drenaje, resaltan la necesidad de adaptar el diseño para asegurar tanto la durabilidad como el rendimiento óptimo de las infraestructuras viales. Estos ajustes son cruciales para disminuir el riesgo de fallas por deformación plástica y hundimiento, garantizando una vida útil más prolongada del pavimento y menores costos de mantenimiento.

Así, la correcta implementación de estas adaptaciones en el diseño, basado en la resiliencia y capacidad de drenaje del suelo, no solo mejora el rendimiento y la estabilidad del pavimento, sino que también incrementa la seguridad y comodidad del tránsito, al mismo tiempo que reduce el deterioro prematuro de la infraestructura vial. Este enfoque personalizado, que se alinea con los objetivos generales del estudio, asegura una infraestructura más eficiente y sostenible.

En cuanto al primer objetivo específico, que busca analizar la influencia de la resiliencia del suelo en el dimensionamiento del pavimento para disminuir fallas por deformación plástica, los resultados obtenidos indican una variabilidad significativa en las especificaciones de diseño según el rango de resiliencia del suelo. Para suelos de alta

resiliencia, se requiere un diseño relativamente delgado, con una carpeta asfáltica de 4 pulgadas, una base de 6 pulgadas y una sub base de 6 pulgadas. Esta especificación es apropiada, dada la capacidad del suelo para soportar cargas con mínima deformación plástica. Por el contrario, en suelos con resiliencia media, las dimensiones aumentan a 8 pulgadas para la carpeta asfáltica y 10 pulgadas para la base y la sub base, lo que refleja una mayor necesidad de soporte estructural. Finalmente, en suelos con baja resiliencia, se especifica un grosor de 10 pulgadas para cada capa, evidenciando la necesidad de una estructura más robusta para prevenir deformaciones bajo cargas repetidas. Estos hallazgos son coherentes con los resultados de Smith (2022), quien encontró que los suelos menos resilientes requieren espesores significativamente mayores en las capas estructurales para garantizar una adecuada estabilidad del pavimento.

La importancia de ajustar el diseño del pavimento en función de la resiliencia del suelo es esencial para optimizar el rendimiento y la durabilidad de la infraestructura vial. Adaptar el grosor de las capas según la capacidad de resiliencia del suelo asegura que el pavimento pueda resistir las deformaciones plásticas y prolongar su vida útil. En suelos con alta resiliencia, el diseño más delgado no solo representa una inversión más eficiente en materiales, sino que también disminuye los costos de mantenimiento. En contraste, los suelos con baja resiliencia requieren capas más gruesas para evitar fallas estructurales y garantizar la estabilidad a largo plazo del pavimento. Esta estrategia ayuda a reducir costos operativos y mejorar la seguridad y el confort del tránsito, enfatizando la importancia crítica de la resiliencia del suelo en el diseño y mantenimiento de pavimentos flexibles.

En relación con el segundo objetivo específico, que se centra en la evaluación de la estabilidad y resistencia al ahuellamiento de los pavimentos según la resiliencia del suelo, los resultados obtenidos muestran variaciones significativas en el desempeño según la clasificación del suelo. Los suelos con resiliencia "Muy Alta" presentan un rendimiento excepcional, con promedios de estabilidad y resistencia al ahuellamiento de 1.31, lo que indica una capacidad sólida para manejar cargas intensivas sin un deterioro notable. Este comportamiento es consistente con los hallazgos de Johnson (2021), quien reportó resultados similares en suelos altamente resilientes, concluyendo que son ideales para aplicaciones con tráfico pesado y condiciones severas, garantizando así una vida útil prolongada y un bajo mantenimiento. En contraste, los suelos clasificados como "Alta" tienen un promedio de 1.22, que, aunque adecuado para tráfico moderado, muestra un desempeño inferior en comparación con los suelos de resiliencia "Muy Alta". Los suelos con resiliencia "Media", con un promedio de 1.08, presentan un rendimiento aceptable para aplicaciones menos

exigentes, pero no son ideales para condiciones de alta carga, evidenciando una capacidad limitada para mantener la estabilidad bajo cargas repetitivas. Por último, los suelos con resiliencia "Baja" muestran un promedio de 0.94, indicando una resistencia deficiente al ahuellamiento y una estabilidad inadecuada para contextos de alto tráfico, lo que puede causar un deterioro prematuro de la infraestructura.

En conclusión, la elección del tipo de suelo según su resiliencia es fundamental para garantizar la durabilidad y el rendimiento de los pavimentos. Los suelos con alta resiliencia no solo ofrecen una excelente resistencia al ahuellamiento y estabilidad, sino que también optimizan el ciclo de vida del pavimento y reducen los costos de mantenimiento. En cambio, los suelos con baja resiliencia requieren un diseño más robusto y una inversión mayor en mantenimiento para compensar sus limitaciones en la capacidad de carga y resistencia al ahuellamiento. Estos resultados resaltan la relevancia de un análisis minucioso de la resiliencia del suelo al planificar proyectos de pavimentación, asegurando así una infraestructura vial más duradera y eficiente.

Respecto al tercer objetivo específico, que examina la influencia de la capacidad de drenaje en la reducción de fallas por hundimiento en pavimentos, los resultados obtenidos destacan la relación crucial entre el coeficiente de drenaje del suelo y su resiliencia. Los suelos clasificados con resiliencia "Muy Alta" muestran valores promedio de coeficiente de drenaje de 1.31, lo que indica una capacidad sobresaliente para gestionar el agua y reducir el riesgo de problemas asociados con el hundimiento. Este hallazgo coincide con los resultados de Martínez (2022), quien observó que los suelos con coeficientes de drenaje altos presentaron una significativa reducción en la incidencia de fallas estructurales, gracias a su eficiente manejo del agua y menor acumulación en la base del pavimento. En contraste, los suelos con resiliencia "Baja", con un coeficiente promedio de 0.94, exhiben una capacidad de drenaje inadecuada, lo que puede resultar en acumulación de agua, aumento de la presión intersticial y, por consiguiente, un mayor potencial para fallas por hundimiento. Este comportamiento subraya la importancia de un diseño y mantenimiento del sistema de drenaje adaptado a las características del suelo para prevenir problemas estructurales y garantizar la durabilidad de la infraestructura vial.

En conclusión, una adecuada gestión del drenaje es esencial para mitigar el riesgo de fallas por hundimiento, especialmente en suelos con baja resiliencia. Los suelos con alta resiliencia no solo ofrecen una mayor eficiencia en el drenaje, reduciendo las posibilidades de acumulación de agua y los problemas relacionados, sino que también contribuyen a una mayor estabilidad y durabilidad del pavimento. Por lo tanto, es fundamental considerar las

propiedades de drenaje del suelo al diseñar sistemas de pavimentación y realizar un mantenimiento proactivo para asegurar una infraestructura vial confiable y extender su vida útil.

## VII. CONCLUSIONES

La investigación ha evidenciado que la resiliencia del suelo es un factor crucial en el diseño, estabilidad y durabilidad de los pavimentos flexibles. A través de los análisis realizados, se ha confirmado que los suelos con mayor resiliencia permiten configuraciones de pavimento más eficientes y menos propensas a fallas por deformación plástica, ahuellamiento y hundimiento. Por lo tanto, ajustar el diseño del pavimento en función de la resiliencia del suelo no solo optimiza la vida útil de la infraestructura, sino que también reduce los costos de mantenimiento y mejora la seguridad vial. Los resultados obtenidos respaldan la hipótesis planteada en el objetivo general, resaltando la necesidad de realizar una evaluación integral del suelo para un dimensionamiento adecuado del pavimento.

El análisis del dimensionamiento del pavimento según la resiliencia del suelo confirma que la capacidad del suelo para resistir y distribuir cargas influye notablemente en la configuración estructural del pavimento. Los resultados muestran que los suelos con mayor resiliencia requieren estructuras más delgadas, mientras que los suelos con menor resiliencia necesitan un mayor espesor en las capas del pavimento para evitar deformaciones plásticas. Estos hallazgos validan la hipótesis propuesta, destacando la importancia de ajustar el diseño del pavimento conforme a la resiliencia del suelo para optimizar la durabilidad y minimizar las fallas estructurales.

La evaluación de la estabilidad y resistencia al ahuellamiento en suelos con distintos niveles de resiliencia revela que la elección del suelo es fundamental para garantizar el desempeño del pavimento bajo condiciones de carga. Los suelos con resiliencia alta y muy alta presentan un rendimiento superior, mientras que los suelos con resiliencia media o baja exhiben limitaciones significativas, especialmente ante tráfico pesado. Estos resultados confirman la hipótesis formulada, enfatizando la necesidad de considerar la resiliencia del suelo como un factor determinante en el diseño y mantenimiento de pavimentos, con el fin de mejorar su vida útil y reducir el deterioro.

El análisis del coeficiente de drenaje en suelos con diferentes niveles de resiliencia pone de manifiesto la correlación directa entre la capacidad de drenaje y el riesgo de fallas por hundimiento en pavimentos. Los suelos con alta resiliencia, al demostrar mejores capacidades de drenaje, presentan un menor riesgo de fallas por hundimiento, validando así la hipótesis de que un diseño de drenaje adecuado es esencial para garantizar la estabilidad



de pavimentos construidos sobre suelos menos resilientes. Este hallazgo resalta la importancia de integrar la evaluación del drenaje en el proceso de diseño del pavimento para mitigar fallas estructurales y prolongar la vida útil de la infraestructura vial.

## VIII. RECOMENDACIONES

A partir de la investigación realizada, se propone adoptar una metodología integral que considere la resiliencia del suelo como un criterio clave en el diseño de pavimentos flexibles. Esto implica la formación continua de los profesionales en técnicas avanzadas para la evaluación del suelo, así como la actualización de los estándares de diseño para adaptarlos a las condiciones específicas de cada proyecto. De este modo, se optimizará la eficiencia del diseño del pavimento y se asegurará su rendimiento óptimo a largo plazo.

Con base en los resultados obtenidos sobre la influencia de la resiliencia del suelo en la reducción de fallas por deformación plástica, se recomienda establecer un sistema de monitoreo continuo del comportamiento del suelo a lo largo del ciclo de vida del pavimento. Además, es crucial considerar la inclusión de materiales y técnicas de refuerzo en suelos de baja resiliencia, con el fin de mejorar su capacidad de recuperación y resistencia a las deformaciones. Esto contribuirá a extender la vida útil del pavimento y a disminuir los costos asociados a su mantenimiento.

Dada la relevancia de la estabilidad y resistencia al ahuellamiento en función de la resiliencia del suelo, se sugiere llevar a cabo pruebas de resiliencia de manera rutinaria antes de seleccionar los materiales para cualquier proyecto de pavimentación. Asimismo, es fundamental desarrollar normativas más estrictas que requieran el uso de suelos con alta o muy alta resiliencia en áreas de alto tráfico, para asegurar un rendimiento superior del pavimento y reducir la frecuencia de las intervenciones de mantenimiento.

En relación con el análisis del coeficiente de drenaje y el riesgo de fallas por hundimiento, se recomienda mejorar los sistemas de drenaje en zonas donde los suelos presentan baja resiliencia. Esto implica no solo optimizar el diseño del drenaje, sino también implementar tratamientos específicos para aumentar la capacidad de drenaje del suelo, como la incorporación de capas de filtración o el uso de suelos más permeables en la subrasante. Estas medidas son esenciales para prevenir fallas estructurales y garantizar la durabilidad de la infraestructura vial.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO 93. 1993.** *Diseño de estructuras de pavimentos.* s.l. : Asshto 93, 1993.
- Adanaque Guerrero, Juan Daniel. 2019.** *Evaluación del potencial de licuefacción de suelos en las zonas costeras de Lambayeque y Mórrope, provincia de Lambayeque, 2017.* s.l. : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2019.
- AKBARI GARAKANI, Amir. 2019.** *Testing and Constitutive Modeling of Lime-Stabilized Collapsible Loess. I: Experimental Investigations.* s.l. : International journal of geomechanics, 2019.
- Alvarez Risco, Aldo. 2020.** *Justificación de la investigación.* Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas, Universidad de Lima. Lima : s.n., 2020.
- Angelone, Silvia. 2000.** *PERMEABILIDAD DE SUELOS.* s.l. : universidad de suelos - FCEIA, 2000.
- ANTÓN SÁNCHEZ, Roberto Aníbal. 2017.** *Análisis de Respuesta Sísmica y Potencial de Licuefacción en la Parroquia Tarqui Manta Posterior al Terremoto 2016.* guayaquil : escuela superior politecnica del litoral, 2017.
- Armijo, Juan, y otros. 2020.** Manual de Metodología de Investigación. *Manual de Metodología de Investigación.* 2020, pág. 109.
- . **2020.** Manual de Metodología de Investigación. *Manual de Metodología de Investigación.* 2020.
- . **2020.** Metodología de Investigación. *Metodología de investigación.* 2020.
- Armijo, Juan; Aspillaga, Carolina; Bustos, Claudio; Calderon, Ana; Costes, Cristian; Fossa, Pablo; Melipillan, Roberto; Sanchez, Alejandro; Vivanco, Anastassia. 2020.** manual de metodología de investigación. 2020.
- Arquiñego Laulate, Jack Javier y Velásquez Barrios, Nelson Iván. 2020.** *Evaluación de la interacción suelo - estructura en una edificación de 4 pisos, en el distrito de Cercado de Lima.* Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica del Perú. Lima : s.n., 2020. Tesis de pregrado.

**Bahmayari, Ajdari , M & Vakili. 2021.** *The Role of the Cement, Lime, and Natural Pozzolan.* 2021.

**Balcazar Yllesca, James y Luque Ramirez, Marleny Consuelo. 2021.** “*Diseño de pavimento rígido para mejorar la transitabilidad de Av. San Martín de Porres* : s.n., 2021.

**Barrenechea Mantilla, Brayan. 2017.** *Potencial de Licuefacción en el Distrito de San José.* s.l. : universidad señor de sipán, 2017.

**Benites Alarcón, Luis Manuel. 2017.** *Potencial de licuefacción en el distrito de Santa Rosa.* s.l. : universidad señor de sipán , 2017.

**Betty Condori, Quispe.** *Region de rechazo y aceptación.* Universidad Federico Villareal, Lima : s.n.

**BLAS SOTO, Brayand Lincoln. 2023.** *Tipos de estabilizadores para mejorar suelos colapsables en pavimentos industriales.* 2023.

**BRAJA, DAS. 2012.** *Mecánica de suelos.* 2012.

**Bray, Hoek y. 1991.** *Angulo de fricción y cohesión de suelos y rocas.* UGC, s.l. : 1991.

**BRENES-QUESADA, Francisco. 2008.** *Evaluación del potencial de licuefacción en suelos.* 2008.

**BRENES-QUESADA, Francisco. 2008.** *Evaluación del potencial de licuefacción en suelos.* 2008.

**CÁCEDA RODRÍGUEZ, Elmer Eduardo. 2017.** *Mejoramiento del suelo colapsable con fines de cimentación mezclando cemento diluido en agua en el Asentamiento Humano Magdalena Nueva – Chimbote 2018.* Chimbote : s.n., 2017.

**CALO, Diego H. Diseño de pavimentos rígidos. 2012.** *Jornadas de Actualización Técnica. Diseño y Construcción de Pavimentos de Hormigón.* s.l. : ICPA, Instituto del Cemento Portland Argentino, 2012.

**CÁRDENAS ERAZO, Jeferson Estiben y GUTIÉRREZ RINCÓN, Daniel Alonso. 2018.** *Potencial de Colapso de Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas de la Zona de Expansión Urbana de Pereira.* pereira : Universidad Libre Seccional Pereira , 2018.

**CASAGRANDE, Arthur. 1936.** *The determination of the pre-consolidation load and its practical significance.* . s.l. : Proc. 1st Int. Conf. Soil Mech, 1936. 3-60..

*Configuración Estructural de Edificaciones . 2021.* 15 de Octubre de 2021, Construyendo.

**Construmatica. 2009.** *Plasticidad: Límite Líquido. Método de la Cuchara. Ámbito de Suelos.* Construmatica, s.l. : 2009.

**CUBIDES CRUZ, Adriana. 2017.** *Zonificación a partir del potencial de licuación de la zona urbana del municipio de Apartadó, Antioquia.* Antioquia : Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín Facultad de Minas Escuela de Ingeniería Civil., 2017.

**CUSTODIO, E. y LLAMAS, M. R. 1976.** *Hidrología Subterránea.* Barcelona : Tomo I, Ed., 1976.

**documentacion.ideam.gov.co. 2018.** *Métodos de medición de humedad del suelo.* Portalfruticola, Perú : 2018.

**Dueñas Fomperosa, Hugo Fernando. 2019.** *Análisis comparativo de dos edificios considerado los efectos de interacción dinámica suelo estructura según el código reglamentario para el municipio de Puebla.* Facultad de Ingeniería, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla : s.n., 2019. Tesis de Pregado.

**DUQUE, Gonzalo y ESCOBAR, Carlos. 2002.** *Mecánica de los suelos. Notas del curso Suelos I.* s.l. : Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, 2002.

**Dzul Escamilla, Marisela. 2020.** *Diseño no-experimental.* Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Ciudad de Mexico : s.n., 2020.

**Escamilla, Dzul. 2020.** 2020.

**Estela Luna, José Jónner. 2019.** *Comparación de la respuesta estructural de una edificación regular con zapatas aisladas en la ciudad de cajamarca, considerando y obviando el efectos de interacción sísmica suelo-estructura.* Escuela Académica Profecional de Ingenieria Civil, Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca : s.n., 2019. Tesis de Pregrado.

**FERNÁNDEZ DIÉGUEZ, Liuska. 2015.** *Licuefacción de los suelos generada por sismos de gran magnitud: Caso de estudio Caimanera y Santiago de Cuba.* s.l. : NÍNIVE, 2015.

**Fernandez. 2019.** *Secciones de suelo.*

**FRANCO, JOSE ISMAEL CARO. 2023.** *Supervicion en albañileria.* 2023.

**Galindo Moreno, Eliseo. 2021.** *Metodologia de investigacion para hacer Tesis.* Facultad de Educacion, Universidad nacional de Huamanga. Ayacucho : s.n., 2021.

**Garcia, Jairo Asael Tadeo. 2023.** *Tipos de Suelos.* s.l. : SCRIBD, 2023.

**GONZALES-RUFINO, José Luis y CHAVEZ-ALEGRIA, Omar. 2021.** *Evaluación de la expansión en suelos presaturados.* s.l. : Ing. invest. y tecnol., 2021.

**Gonzalez, Humberto Ochoa. 2016.** *Esfuerzo-deformacion.* ResearchGate Logo, s.l. : 2016.

**Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2020.** *Metodología de la Investigacion .* Ciudad de México : McGRAW - HILL INTERAMERICANA DE MÉXICO, S.A. de C.V. , 2020.

**Herrera Baquero, Leonardo. 2019.** *Evaluación de la interacción dinámica suelo-estructura de edificaciones construidas en ladera.* Facultad de minas, Universidad Nacional de Colombia. Medellín : s.n., 2019. Tesis de Pregrado.

**ANEXOS**

**Anexo N°01: Matriz de consistencia**



**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
¿Cuál es la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024?	Determinar la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024	La resiliencia de suelos influye significativamente en la reducción de fallas en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024	<b>V1: VARIABLE INDEPENDIENTE</b> RESILIENCIA DE SUELOS	D1: Modulo de resiliencia	Ensayo de resiliencia	<b>Método General:</b> Científico. <b>Método Especifico:</b> Deducción E Inducción <b>Tipo De Investigación:</b> Aplicada. <b>Nivel De Investigación:</b> Correlacional <b>Diseño De La Investigación:</b> Experimental. <b>Población:</b> Avenidas Pavimentadas Del Distrito De Izcuchaca <b>Muestra:</b> Avenida con pavimento flexible con presencia de fallas
¿Cuál es la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas por fatiga en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024?	Determinar la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas por fatiga en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024.	La resiliencia de suelos influye significativamente en la reducción de fallas por fatiga en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024		D2: Serviciabilidad	. Índice de serviciabilidad	
¿Cuál es la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas por deformación plástica en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024?	Determinar la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas por deformación plástica en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024.	La resiliencia de suelos influye significativamente en la reducción de fallas por deformación plástica en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024		D3: Calidad de drenaje	. Coeficiente de drenaje	
¿Cuál es la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas por hundimiento en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024?	Determinar la influencia de la resiliencia de suelos en la reducción de fallas por hundimiento en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024.	La resiliencia de suelos influye significativamente en la reducción de fallas por hundimiento en pavimentos flexibles, Izcuchaca 2024	<b>V2: VARIABLE DEPENDIENTE</b> REDUCCION DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	D1: Fallas por Fatiga	Densidad de Grietas por Fatiga	
				D2: Deformaciones plásticas	Índice de Deformación Permanente	
				D3: Fallas por hundimiento	Índice de Hundimiento	

**Anexo N°02: Matriz de operacionalización de variables**

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
<b>1: Variable Independiente</b>  RESILIENCIA DE SUELOS	<b>Resiliencia de suelos</b>  (Vidal, 2019), La resiliencia en los suelos se entiende como la capacidad que tienen éstos para recuperarse después de una sollicitación de carga, cuando se trabajan bajo deformaciones en una zona elástica supuesta. El módulo resiliente (Mr) se define como la relación entre el esfuerzo desviador (sd) y la deformación unitaria recuperada (er).	<b>La variable VI 1:</b>  La resiliencia de suelos característicos de la zona se operacionaliza mediante tres dimensiones los cuales son: -D1: Modulo de resiliencia -D2: Serviciabilidad -D3: Calidad de drenaje  Los cuales se dividen en indicadores que servirán para identificar claramente las dimensiones.	D1: Modulo de resiliencia	Ensayo de resiliencia	Ensayo en laboratorio	Intervalo
			D2: Serviciabilidad	. Índice de serviciabilidad	Ensayo en laboratorio	Intervalo
			D3: Calidad de drenaje	. Coeficiente de drenaje	Ensayo en laboratorio	Intervalo
<b>2: Variable Dependiente</b>  REDUCCION DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	<b>Reduccion de fallas en pavimentos flexibles</b>  (ZULUAGA, 2019), Las fallas en el pavimento son problemas estructurales y superficiales que comprometen la integridad y funcionalidad de las carreteras y caminos pavimentados. Estas incluyen grietas causadas por fatiga por carga repetitiva o cambios térmicos, deformaciones plásticas que resultan en hundimientos o deformaciones locales, y pérdida de la capa de rodadura por erosión. También se incluyen problemas como el bombeo, deslizamientos y fisuración por bloque, todos los cuales pueden surgir debido a deficiencias en el diseño, construcción o mantenimiento del pavimento.	<b>La variable VD 2:</b>  La reducción de fallas en pavimentos flexibles se caracteriza mediante tres dimensiones los cuales son: D1: Fallas por fatiga D2: Deformaciones plásticas D3: Fallas por hundimiento  Los cuales se dividen en indicadores que servirán para identificar claramente las dimensiones	D1: Fallas por Fatiga	Densidad de Grietas por Fatiga	Ensayo en laboratorio	Intervalo
					Ensayo en laboratorio	Intervalo
			D2: Deformaciones plásticas	Índice de Deformación Permanente	Ensayo en laboratorio	Intervalo
					Ensayo en laboratorio	Intervalo
			D3: Fallas por hundimiento	Índice de Hundimiento	Ensayo en laboratorio	Intervalo
					Ensayo en laboratorio	Intervalo

**Anexo N°03: Matriz de operacionalización de instrumento**

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
<b>1: Variable Independiente</b> RESILIENCIA DE SUELOS	D1: Modulo de resiliencia	Ensayo de resiliencia	Ensayo en laboratorio	Intervalo
	D2: Serviciabilidad	. Índice de serviciabilidad	Ensayo en laboratorio	Intervalo
	D3: Calidad de drenaje	. Coeficiente de drenaje	Ensayo en laboratorio	Intervalo
<b>2: Variable Dependiente</b> REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	D1: Fallas por Fatiga	Estabilidad y resistencia al ahuellamiento	Diseño en gabinete	Intervalo
	D2: Deformaciones plásticas	Diseño del pavimento flexible	Ensayo en laboratorio	Intervalo
	D3: Fallas por hundimiento	Calidad de drenaje	Ensayo en laboratorio	Intervalo

**Anexo N°04: Validación por juicio de Expertos**

**TITULO DE LA TESIS:** ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024

**AUTOR:** Bach. ANELL AIDA ESPINOZA OLIVARES

**GRADO ACADÉMICO:** AVILA ESCALANTE, ANTHONY GLEN

**ESPECIALIDAD:** MAGISTER INGENIERIA DE TRANSPORTES

**CARGO:** GERENTE REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA-GOB. REGIONAL DE JUNIN-PERIDO 2019-2022

**INSTITUCION:** GOBIERNO REGIONAL DE JUNIN

**TELEFONO:** 902970022

**EXPERIENCIA DESDE LA COLEGIATURA:** 08 AÑOS

ASPECTOS DE VALIDACION

INDICADORES	CRITERIOS	MUY DELICADO				DEFICIENTE				REGULAR				BUENO				MUY BUENA			
		0	6	11	18	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado																X				
2. Objetividad	Esta expresado en conducta observable																		X		
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia pedagogica																X				
4. Organización	Existe una organización logica																		X		
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad																	X			
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigacion																	X			
7. Consistencia	Basados en aspectos teoricos cientificos																	X			
8. Coherencia	Entre los indices, indicadores																X				
9. Metodología	La estrategia corresponde al proposito del diagnostico																X				
10. Pertinencia	Es util y adecuado para la investigacion																	X			

*Anthony Glen Avila Escalante*  
 FIRMA EN BLANCO PARA  
 CIP N° 18556

TITULO DE LA TESIS:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024

AUTOR:

Bach. ANELL AIDA ESPINOZA OLIVARES

GRADO ACADÉMICO:

RECUJAY PAITAMPOMA, PAUL MARTI

ESPECIALIDAD:

MAGISTER

CARGO:

INGENIERIA DE TRANSPORTES

INSTITUCION:

PROYECTISTA

TELEFONO:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUANCAYO

EXPERIENCIA DESDE LA COLEGIATURA:

954057534

08 AÑOS

ASPECTOS DE VALIDACION

INDICADORES	CRITERIOS	MUY DELICADO				DEFICIENTE				REGULAR				BUENO				MUY BUENA				
		0	6	11	18	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado																		X			
2. Objetividad	Esta expresado en conducta observable																			X		
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia pedagogica																		X			
4. Organización	Existe una organización logica																			X		
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad																			X		
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigacion																			X		
7. Consistencia	Basados en aspectos teoricos cientificos																			X		
8. Coherencia	Entre los indices, indicadores																			X		
9. Metodologia	La estrategia corresponde al proposito del diagnostico																			X		
10. Pertinencia	Es util y adecuado para la investigacion																				X	



**Anexo N°05: Instrumento de investigación y constancia de su aplicación**




**"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE  
SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS  
FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"**

Presentado por: Bach.  
ESPINOZA OLIVARES, Anell  
Aida

975 850 562 

[teestudiyconsac@gmail.com](mailto:teestudiyconsac@gmail.com) 

Jr. Oswaldo Barreto 899- El Tambo- Huancayo 



- DIMENSIONAMIENTO- SUELOS RESILIENTES
  - Resistencia a la Penetración CBR
  - Módulo de Resiliencia
  - Índice de plasticidad- limite liquido- limite plástico
- ESTABILIDAD Y RESISTENCIA AL AHUELLAMIENTO- REDUCCION DE FALLAS POR FATIGA (KN) ENSAYO MARSHALL
  - Clasificación de suelos resilientes
- HUMEDAD NATURAL – MTC E-108
- MODULO DE REACCION DE SUB RASANTE
- CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
- COEFICIENTE DE DRENAJE



# ENSAYOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL ESPESOR DE LOSA DE PAVIMENTO

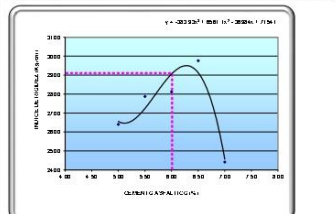
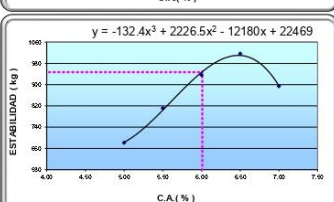
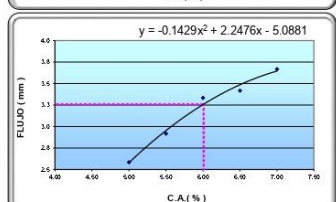
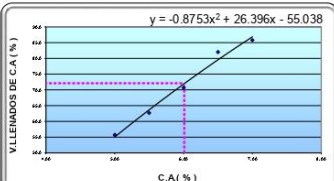
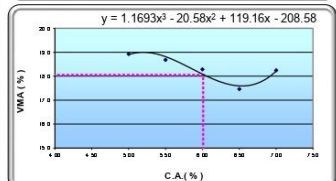
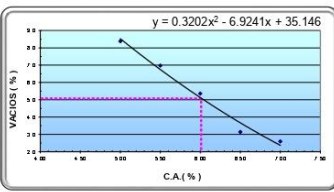
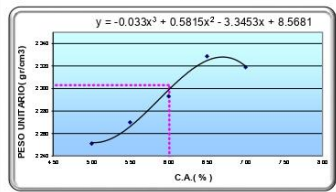




**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA : Bach ESPINOZA OLIVARES, Anelli Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, (ZOUCHACA, 2024)"  
 UBICACIÓN : PROVINCIA DE IZOUCHACA  
 TÉCNICO : MITCHELL CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

DOSIFICACION AGREGADOS			C.A. :	PEN 85 - 100
GRAVA CHANCADA	55	%		
ARENA CHANCADA	45	%		



**RESULTADOS DE DISEÑO**

DESCRIPCION	ENSAYO	ESPECIFICACION
OPTIMO CONTENIDO C.A (%)	6.01	± 3
PESO UNITARIO ( gr/cm3 )	2.383	
VACIOS (%)	5.1	3 - 5
V.M.A (%)	18.1	≥ 14
V.LLENADOS C.A (%)	72.1	
FLUJO ( mm )	3.3	2 - 4
ESTABILIDAD ( kg )	947	≥ 815
INDICE DE RIGIDEZ ( kg/cm )	2,911	2350 - 4000

DOSIFICACION EN OBRA	
GALONES POR METRO CUBICO	29 GALONES
ARENA POR METRO CUBICO	1680 Kg.
GRAVA CHANCADA POR METRO CUBICO	720 Kg.

CLASIFICACION DE SUELOS RESILIENTE	
ESPESOR DE BASE PLG	ESPESOR DE PAQT ESTRUCTURAL
6.0	10.0

TÉCNICO DE LABORATORIO  
 Anelli Aida Espinoza Olivares  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

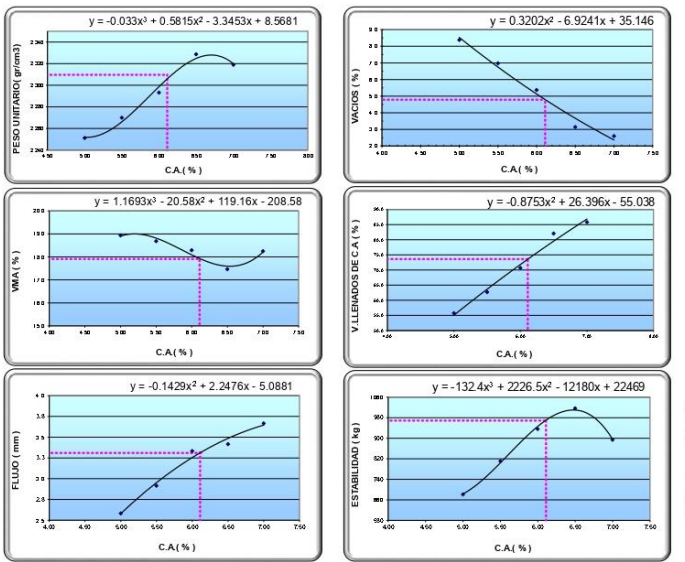
ING. RESPONSABLE  
 MITCHELL CERAS EGOAVIL  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

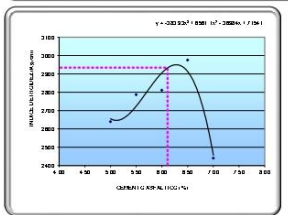
**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTOS**  
 SOLICITA : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Aneil Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZUCHACA, 2024"  
 UBICACIÓN : PROVINCIA DE IZUCHACA  
 TECNICO : MITCHELL CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

<b>DOSIFICACION AGREGADOS</b>	GRAVA CHANCADA	55	%	C.A. :	PEN 85 - 100
	ARENA CHANCADA	45	%		



**RESULTADOS DE DISEÑO**

DESCRIPCION	ENSAYO	ESPECIFICACION
ÓPTIMO CONTENIDO C.A. (%)	6.11	± 3
PESO UNITARIO ( gr/cm3 )	2.310	
VACIOS (%)	4.8	3 - 5
V.M.A (%)	17.9	≥ 14
V. LLENADOS C.A. (%)	73.6	
FLUJO ( mm )	3.3	2 - 4
ESTABILIDAD ( kg )	969	≥ 815
INDICE DE RIGIDEZ ( kg/cm )	2,934	2350 - 4000



**CLASIFICACION DE SUELOS RESILIENTE**

ESPESOR DE BASE PLG	ESPESOR DE PAQT ESTRUCTURAL
8.0	22.0

**DOSIFICACION EN OBRA**

GALONES POR METRO CUBICO	29 GALONES
ARENA POR METRO CUBICO	1680 Kg.
GRAVA CHANCADA POR METRO CUBICO	720 Kg.

TECNICO DE LABORATORIO: *Mitchell C. Ceras Egoavil*  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

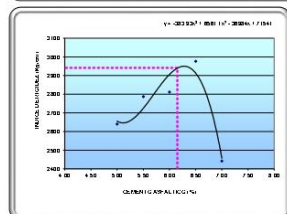
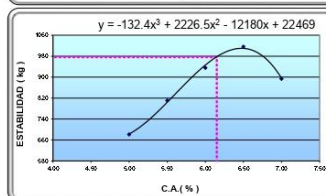
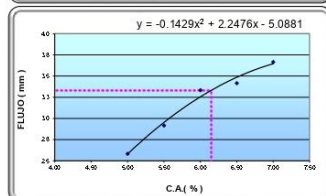
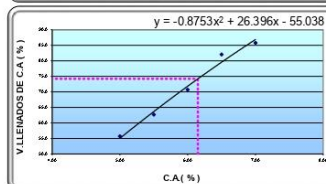
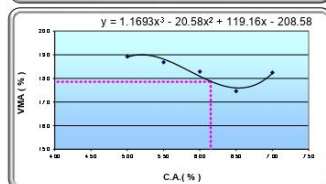
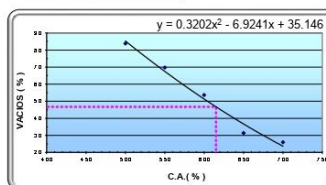
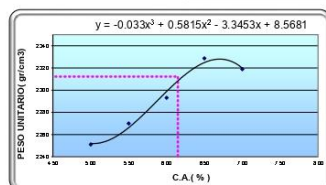
ING. RESPONSABLE: *Angela Patricia Pérez Condor*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: N° 213943



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTOS**  
 SOLICITA : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anelli Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
 UBICACIÓN : PROVINCIA DE IZCUCHACA  
 TECNICO : MITCHELL CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

DOSIFICACION AGREGADOS			C.A. :
GRAVA CHANCADA	55	%	PEN 85 - 100
ARENA CHANCADA	45	%	



**RESULTADOS DE DISEÑO**

DESCRIPCION	ENSAYO	ESPECIFICACION
OPTIMO CONTENIDO C.A. (%)	6.15	± 3
PESO UNITARIO ( gr/cm3 )	2.312	
VACIOS (%)	4.7	3 - 5
V.M.A. (%)	17.9	≥ 14
V. LLENADOS C.A. (%)	74.2	
FLUJO ( mm )	3.3	2 - 4
ESTABILIDAD ( kg )	976	≥ 815
INDICE DE RIGIDEZ ( kg/cm )	2,941	2350 - 4000

**DOSIFICACION EN OBRA**

GALONES POR METRO CUBICO	20 GALONES
ARENA POR METRO CUBICO	1680 Kg.
GRAVA/CHANCADA POR METRO CUBICO	720 Kg.

CLASIFICACION DE SUELOS RESILIENTE	
ESPESOR DE BASE PLG	ESPESOR DE PAQIT ESTRUCTURAL
10.0	22.0

*[Signature]*  
 Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORANTISTA DE SUELOS Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*[Signature]*  
 ING. FERNANDO ESPINOZA OLIVARES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 213943

ING. RESPONSABLE

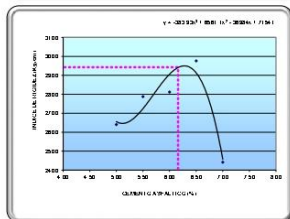
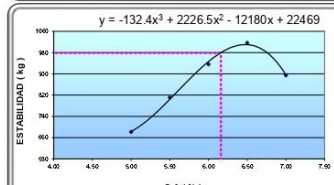
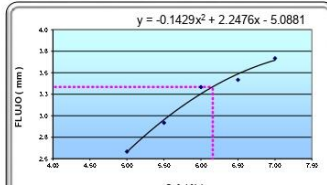
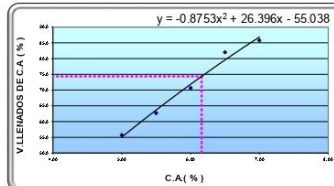
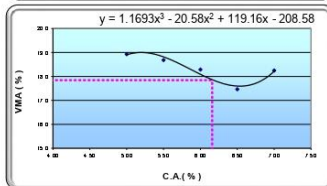
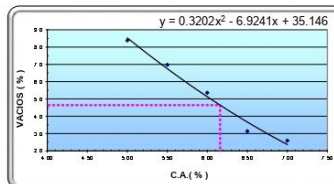
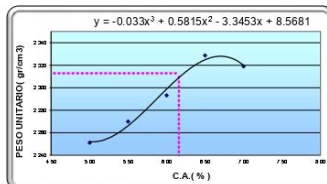




**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTOS**  
 SOLICITA : Bach ESPINOZA OLIVARES, Aneil Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
 UBICACIÓN : PROVINCIA DE IZCUCHACA  
 TÉCNICO : MITCHELL CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

DOSIFICACION AGREGADOS		GRAVA CHANCADA		ARENA CHANCADA		C.A. :
		55	%	45	%	PEN 85 - 100



**RESULTADOS DE DISEÑO**

DESCRIPCION	ENSAYO	ESPECIFICACION
OPTIMO CONTENIDO C.A. (%)	6.1%	± 3
PESO UNITARIO ( gr/cm <sup>3</sup> )	2.313	3 - 5
VACIOS (%)	4.6	> 14
V.M.A (%)	17.8	> 14
V. LLENADOS C.A. (%)	74.4	> 14
FLUJO ( mm )	3.3	2 - 4
ESTABILIDAD ( kg )	978	≥ 815
INDICE DE RIGIDEZ ( kg/cm )	2,943	2350 - 4000

DOSIFICACION EN OBRA	
GALONES POR METRO CUBICO	29 GALONES
ARENA POR METRO CUBICO	1980 Kg
GRAVA/CHANCADA POR METRO CUBICO	720 Kg

ASIFICACION DE SUELOS RESILIENTE	
ESPESOR DE BASE PLG	ESPESOR DE PAQT ESTRUCTURAL
10.0	30.0

*[Signature]*  
 Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES  
 TECNICO DE LABORATORIO

*[Signature]*  
 ING. RESPONSABLE  
 CIP N° 213943





**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
 MUESTRA : M-1 / ALTA  
 TECNICO : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	%	
	Mezcla	
A GRAVA CHANCADA	55.0	
B ARENA CHANCADA	45.0	

TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº60	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			4	5	6	
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	41.79	41.79	41.79	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.21	52.21	52.21	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1231.6	1225.2	1220.9	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1232.4	1226.3	1222.7	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	695.1	692.3	690.2	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	537.3	534.0	532.5	
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.292	2.294	2.293	2.293
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.423	2.423	2.423	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = $100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr./cc.	2.406	2.406	2.406	
19	% de Vacíos = $100 * (17-16) / 17$	%	5.4	5.3	5.4	5.4
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = $(100-2) / ((3/Pr.8) + (4/Pr.10) + (5/Pr.11))$	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = $(3+4) / ((100/17) - (2/6))$	gr./cc.	2.659	2.659	2.659	
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = $(100-20) / ((3/8) + (4/10))$	gr./cc.	2.790	2.790	2.790	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = $100 * 6 * (21-20) / (21 * 20)$	%	0.308	0.308	0.308	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = $(3+4) * (16/20)$	%	81.68	81.76	81.70	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = $100 * (24+19)$	%	12.92	12.93	12.92	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = $2 - ((23/100) * (3+4))$	%	5.71	5.71	5.71	
27	VMA = 100-24	%	18.32	18.24	18.30	18.3
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = $(25/27) * 100$	%	70.5	70.90	70.63	70.7
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		294	299	300	
30	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	Kg.	984	1000	1003	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.93	0.96	0.93	
32	<b>Estabilidad y Resiliencia (kN)</b>	kn	<b>9.874</b>	8.879	9.974	
33	Estabilidad corregida (Kg) = $(30 * 31)$	Kg.	915	960	933	936
34	Flujo (mm)		3.3	3.3	3.5	3.3
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = $32 / (33 / 10)$		2816	2954	2665	2812

Observaciones:

Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 213843

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

**SOLICITA** : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anelli Aida  
**PROYECTO** : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCACHACA, 2024"  
**MUESTRA** : M-2 / ALTA  
**TECNICO** : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
**FECHA** : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL		%	
		Mezcla	
A	GRAVA CHANCADA	55.0	
B	ARENA CHANCADA	45.0	

TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	48.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			1	2	3	
1	Número de Probeta	Nº	1	2	3	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.24	42.24	42.24	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.76	52.76	52.76	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Especifico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1235.1	1222.1	1228.5	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1237.0	1223.7	1230.1	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	688.2	680.0	685.3	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	548.8	543.7	544.8	
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.251	2.248	2.255	2.251
17	Peso Especifico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.457	2.457	2.457	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100/((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.442	2.442	2.442	
19	% de Vacíos = 100*((17-16)/17)	%	8.4	8.5	8.2	8.4
20	Peso Especifico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3*Pr.8)+(4*Pr.10)+(5*Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Especifico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)+(2/6))	gr./cc.	2.656	2.656	2.656	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.760	2.760	2.760	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*((21-20)/(21*20))	%	0.265	0.265	0.265	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)*(16/20)	%	81.05	80.95	81.21	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	10.55	10.54	10.57	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-((23/100)*(3+4))	%	4.75	4.75	4.75	
27	VMA = 100-24	%	18.95	19.05	18.79	18.9
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	55.7	55.30	56.24	55.7
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		222	225	215	
30	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	Kg.	748	757	725	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.89	0.93	0.93	
32	<b>Estabilidad y Resiliencia (RN)</b>	kn	10.247	10.281	10.224	
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	666	704	674	681
34	Flujo (mm)		2.5	2.8	2.5	2.6
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		2663	2560	2697	2640

Observaciones:

*[Firma]*  
 Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*[Firma]*  
 ING. RESPONSABLE

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anel Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
 MUESTRA : M-3 / ALTA  
 TECNICO : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	%								
	Mezcla								
A GRAVA CHANCADA	55.0								
B ARENA CHANCADA	45.0								
TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.02	42.02	42.02	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.48	52.48	52.48	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1232.6	1231.4	1229.4	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1234.0	1233.3	1230.8	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	691.4	690.8	688.8	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	542.6	542.5	542.0	
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.272	2.270	2.268	2.270
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.440	2.440	2.440	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100/((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.424	2.424	2.424	
19	% de Vacíos = 100*(17-16)/17	%	6.9	7.0	7.0	7.0
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3/Pr.8)+(4/Pr.10)+(5/Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)-(2/6))	gr./cc.	2.658	2.658	2.658	
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.775	2.775	2.775	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*(21-20)/(21*20)	%	0.289	0.289	0.289	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)/(16/20)	%	81.38	81.31	81.26	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	11.72	11.71	11.70	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-((23/100)*(3+4))	%	5.23	5.23	5.23	
27	VMA = 100-24	%	18.62	18.69	18.74	18.7
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	62.9	62.68	62.45	62.7
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		267	263	250	
30	Estabilidad sin correjir (Según Carta de Calibración)	Kg.	895	882	839	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.93	0.93	0.93	
32	Estabilidad y Resiliencia (kN)	kn	9.042	8.784	8.578	
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	832	820	780	811
34	Flujo (mm)		2.8	3.0	3.0	2.9
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		3027	2734	2601	2787

Observaciones:

*[Firma]*  
 Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*[Firma]*  
 INGENIERO CIVIL  
 CP. N° 213943

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

**SOLICITA** : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anel Aida  
**PROYECTO** : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
**MUESTRA** : M-4 / ALTA  
**TECNICO** : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
**FECHA** : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	% Mezcla
A GRAVA CHANCADA	55.0
B ARENA CHANCADA	45.0

TAMZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			4	5	6	
1	Número de Probeta	Nº				
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	6.5	6.5	6.5	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	41.57	41.57	41.57	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	51.93	51.93	51.93	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Especifico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1222.5	1224.9	1224.1	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1223.8	1225.7	1225.6	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	698.8	700.2	699.4	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	525.0	525.5	526.2	
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.329	2.331	2.326	2.329
17	Peso Especifico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.404	2.404	2.404	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = $100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr./cc.	2.389	2.389	2.389	
19	% de Vacíos = $100 * (17-16) / 17$	%	3.1	3.0	3.2	3.1
20	Peso Especifico Bulk del Agregado total = $(100-2) / ((3/Pr. 8) + (4/Pr. 10) + (5+Pr. 11))$	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Especifico Efectivo del Agregado total = $(3+4) / ((100/17) - (2/6))$	gr./cc.	2.658	2.658	2.658	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado total = $(100-20) / ((3/8) + (4/10))$	gr./cc.	2.804	2.804	2.804	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = $100 * 6 * (2.1-2.0) / (2.1 * 2.0)$	%	0.286	0.286	0.286	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = $(3+4) * (16/20)$	%	82.53	82.62	82.45	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = $100 * (24+19)$	%	14.33	14.34	14.31	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = $2 * ((23/100) * (3+4))$	%	6.23	6.23	6.23	
27	VMA = 100-24	%	17.47	17.38	17.55	17.5
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = $(25/27) * 100$	%	82.0	82.51	81.58	82.0
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		303	320	328	
30	Estabilidad sin corregr (Según Carta de Calibración)	Kg.	1013	1069	1095	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.96	0.96	0.96	
32	Estabilidad y Resistencia (N)	kn	10.576	10.423	10.987	
33	Estabilidad corregida (Kg) = $(30 * 31)$	Kg.	972	1,026	1,051	1,017
34	Flujo (mm)		3.3	3.5	3.5	3.4
35	Indice de rigidez (kg/cm.) = $32 / (33/10)$		2992	2932	3003	2976

Observaciones:

Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 213943

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anelli Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
 MUESTRA : M-5 / ALTA  
 TECNICO : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	%								
	Mezcla								
A	GRAVA CHANCADA	55.0							
B	ARENA CHANCADA	45.0							
TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº60	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8
TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100									
ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO			
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6				
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	7.0	7.0	7.0				
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	41.35	41.35	41.35				
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	51.65	51.65	51.65				
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%							
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013				
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620				
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653			
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553				
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626			
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.							
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1219.1	1220.4	1226.9				
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1220.0	1221.1	1227.8				
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	694.5	695.3	698.0				
15	Volumen de la Briqueta = 13.14	c.c	525.5	525.8	529.8				
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.320	2.321	2.316	2.319			
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.381	2.381	2.381				
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100/((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.372	2.372	2.372				
19	% de Vacíos = 100*(17-16)/17	%	2.6	2.5	2.7	2.6			
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3/Pr.8)+(4/Pr.10)+(5/Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638			
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)-(2/6))	gr./cc.	2.650	2.650	2.650				
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.820	2.820	2.820				
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*(21-20)/(21*20)	%	0.174	0.174	0.174				
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)/(16/20)	%	81.79	81.83	81.64				
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	15.66	15.67	15.63				
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-((23/100)*(3+4))	%	6.84	6.84	6.84				
27	VMA = 100-24	%	18.21	18.17	18.36	18.2			
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	86.0	86.22	85.16	85.8			
29	Lectura del Dial Anillo Marshal		280	270	284				
30	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	Kg.	938	905	951				
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.96	0.96	0.96				
32	Estabilidad y Resiliencia (KV)	kn	8.214	8.114	8.546				
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	900	869	913	894			
34	Flujo (mm)		3.5	3.8	3.8	3.7			
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		2573	2317	2435	2441			

Observaciones:

Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 213943

ING. RESPONSABLE





**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anel Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
 MUESTRA : M-6 / ALTA  
 TECNICO : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	%								
	Mezcla								
A GRAVA CHANCADA	55.0								
B ARENA CHANCADA	45.0								
TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			4	5	6	
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.02	42.02	42.02	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.48	52.48	52.48	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1232.6	1231.4	1229.4	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1234.0	1233.3	1230.8	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	691.4	690.8	688.8	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	542.6	542.5	542.0	
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.272	2.270	2.268	2.270
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.440	2.440	2.440	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100/((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.424	2.424	2.424	
19	% de Vacíos = 100*(17-16)/17	%	6.9	7.0	7.0	7.0
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3/Pr.8)+(4/Pr.10)+(5/Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)-(2/6))	gr./cc.	2.658	2.658	2.658	
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.775	2.775	2.775	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*(21-20)/(21*20)	%	0.289	0.289	0.289	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)/(16/20)	%	81.38	81.31	81.26	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	11.72	11.71	11.70	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-(23/100)*(3+4)	%	5.23	5.23	5.23	
27	VMA = 100-24	%	18.62	18.69	18.74	18.7
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	62.9	62.68	62.45	62.7
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		267	263	250	
30	Estabilidad sin correjir (Según Carta de Calibración)	Kg.	895	882	839	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.93	0.93	0.93	
32	Estabilidad y Resiliencia (kN)	kn	10.670	10.621	10.876	
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	832	820	780	811
34	Flujo (mm)		2.8	3.0	3.0	2.9
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		3027	2734	2601	2787

Observaciones:

*Mitchell O. Ceras Egoavil*  
 Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*[Firma]*  
 ING. RESPONSABLE

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

**SOLICITA** : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anelli Aida  
**PROYECTO** : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
**MUESTRA** : M-7 / ALTA  
**TECNICO** : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
**FECHA** : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL		%	
		Mezcla	
A	GRAVA CHANCADA	55.0	
B	ARENA CHANCADA	45.0	

TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			1	2	3	
1	Número de Probeta	Nº	1	2	3	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.24	42.24	42.24	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.76	52.76	52.76	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Especifico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1235.1	1222.1	1228.5	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1237.0	1223.7	1230.1	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	688.2	680.0	685.3	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	548.8	543.7	544.8	
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.251	2.248	2.255	2.251
17	Peso Especifico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.457	2.457	2.457	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100/((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.442	2.442	2.442	
19	% de Vacíos = 100*(17-16)/17	%	8.4	8.5	8.2	8.4
20	Peso Especifico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3*Pr.8)+(4*Pr.10)+(5*Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Especifico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)-(2/6))	gr./cc.	2.656	2.656	2.656	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.760	2.760	2.760	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*(21-20)/(21*20)	%	0.265	0.265	0.265	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)*(16/20)	%	81.05	80.95	81.21	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	10.55	10.54	10.57	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-((23/100)*(3+4))	%	4.75	4.75	4.75	
27	VMA = 100-24	%	18.95	19.05	18.79	18.9
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	55.7	55.30	56.24	55.7
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		222	225	215	
30	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	Kg.	748	757	725	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.89	0.93	0.93	
32	<b>Estabilidad y Resiliencia (RN)</b>	kn	<b>9.247</b>	9.214	9.287	
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	666	704	674	681
34	Flujo (mm)		2.5	2.8	2.5	2.6
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		2663	2560	2697	2640

Observaciones:

*Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil*  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*Ing. Responsables*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. Nº 211943

ING. RESPONSABLE



### ENSAYO MARSHALL

(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA	: Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anel Aida
PROYECTO	: "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"
MUESTRA	: M-8 / ALTA
TECNICO	: MITCHELL O. CERAS EGOAVIL
FECHA	: AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	%											
	Mezcla											
A	GRAVA CHANCADA	55.0										
B	ARENA CHANCADA	45.0										
TAMIZ		3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200		
MEZCLA ASFALTICA		100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3		
LIMITES DE ESPECIFIC.		100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8		
TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100												
ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO						
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6							
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5							
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.02	42.02	42.02							
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.48	52.48	52.48							
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%										
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013							
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620							
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653						
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553							
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626						
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.										
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1232.6	1231.4	1229.4							
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1234.0	1233.3	1230.8							
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	691.4	690.8	688.8							
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c.	542.6	542.5	542.0							
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.272	2.270	2.268	2.270						
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.440	2.440	2.440							
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = $100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr./cc.	2.424	2.424	2.424							
19	% de Vacíos = $100 * (17 - 16) / 17$	%	6.9	7.0	7.0	7.0						
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = $(100 - 2) / ((3/Pr.8) + (4/Pr.10) + (5/Pr.11))$	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638						
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = $(3+4) / ((100/17) - (2/6))$	gr./cc.	2.658	2.658	2.658							
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = $(100 - 20) / ((3/8) + (4/10))$	gr./cc.	2.775	2.775	2.775							
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = $100 * 6 * (21 - 20) / (21 * 20)$	%	0.289	0.289	0.289							
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = $(3+4) * (16/20)$	%	81.38	81.31	81.26							
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = $100 - (24 + 19)$	%	11.72	11.71	11.70							
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = $2 - ((23/100) * (3+4))$	%	5.23	5.23	5.23							
27	VMA = 100 - 24	%	18.62	18.69	18.74	18.7						
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = $(25/27) * 100$	%	62.9	62.68	62.45	62.7						
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		267	263	250							
30	Estabilidad sin correjir (Según Carta de Calibración)	Kg.	895	882	839							
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.93	0.93	0.93							
32	Estabilidad y Resiliencia (kN)	kn	8.425	8.403	8.452							
33	Estabilidad corregida (Kg) = $(30 * 31)$	Kg.	832	820	780	811						
34	Flujo (mm)		2.8	3.0	3.0	2.9						
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = $32 / (33/10)$		3027	2734	2601	2787						

Observaciones:

  
Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
LABORATORISTA DE SUELOS  
Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

  
ING. Melsa Fieles Osorio  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 213943

ING. RESPONSABLE





**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

**SOLICITA** : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anel Aida  
**PROYECTO** : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
**MUESTRA** : M-9 / ALTA  
**TECNICO** : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
**FECHA** : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	% Mezcla
A GRAVA CHANCADA	55.0
B ARENA CHANCADA	45.0

TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			4	5	6	
1	Número de Probeta	Nº				
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	6.5	6.5	6.5	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	41.57	41.57	41.57	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	51.93	51.93	51.93	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Especifico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1222.5	1224.9	1224.1	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1223.8	1225.7	1225.6	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	698.8	700.2	699.4	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	525.0	525.5	526.2	
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.329	2.331	2.326	2.329
17	Peso Especifico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.404	2.404	2.404	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = $100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr./cc.	2.389	2.389	2.389	
19	% de Vacíos = $100 * ((17-16)/17)$	%	3.1	3.0	3.2	3.1
20	Peso Especifico Bulk del Agregado total = $(100-20) / ((3/Pr.8) + (4/Pr.10) + (5+Pr.11))$	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Especifico Efectivo del Agregado total = $(3+4) / ((100/17) - (2/6))$	gr./cc.	2.658	2.658	2.658	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado total = $(100-20) / ((3/8) + (4/10))$	gr./cc.	2.804	2.804	2.804	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = $100 * 6 * (21-20) / (21 * 20)$	%	0.286	0.286	0.286	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = $(3+4) * (16/20)$	%	82.53	82.62	82.45	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = $100 * (24+19)$	%	14.33	14.34	14.31	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = $2 - ((23/100) * (3+4))$	%	6.23	6.23	6.23	
27	VMA = $100 - 24$	%	17.47	17.38	17.55	17.5
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = $(25/27) * 100$	%	82.0	82.51	81.58	82.0
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		303	320	328	
30	Estabilidad sin corregr (Según Carta de Calibración)	Kg.	1013	1069	1095	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.96	0.96	0.96	
32	Estabilidad y Resistencia (N)	kn	9.751	9.734	9.782	
33	Estabilidad corregida (Kg) = $(30 * 31)$	Kg.	972	1,026	1,051	1,017
34	Flujo (mm)		3.3	3.5	3.5	3.4
35	Indice de rigidez (kg/cm.) = $32 / (33 * 10)$		2992	2932	3003	2976

Observaciones:

Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

ING. MARÍA PÉREZ GÓMEZ  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213843

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anelli Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
 MUESTRA : M-10 / ALTA  
 TECNICO : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	% Mezcla
A GRAVA CHANCADA	55.0
B ARENA CHANCADA	45.0

TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			4	5	6	
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	7.0	7.0	7.0	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	41.35	41.35	41.35	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	51.65	51.65	51.65	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1219.1	1220.4	1226.9	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1220.0	1221.1	1227.8	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	694.5	695.3	698.0	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	525.5	525.8	529.8	
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.320	2.321	2.316	2.319
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.381	2.381	2.381	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100/((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.372	2.372	2.372	
19	% de Vacíos = 100*(17-16)/17	%	2.6	2.5	2.7	2.6
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3/Pr.8)+(4/Pr.10)+(5/Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)-(2/6))	gr./cc.	2.650	2.650	2.650	
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.820	2.820	2.820	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*(21-20)/(21*20)	%	0.174	0.174	0.174	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)/(16/20)	%	81.79	81.83	81.64	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	15.66	15.67	15.63	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-((23/100)*(3+4))	%	6.84	6.84	6.84	
27	VMA = 100-24	%	18.21	18.17	18.36	18.2
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	86.0	86.22	85.16	85.8
29	Lectura del Dial Anillo Marshal		280	270	284	
30	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	Kg.	938	905	951	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.96	0.96	0.96	
32	<b>Estabilidad y Resiliencia (kN)</b>	kn	<b>8.475</b>	8.425	8.496	
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	900	869	913	894
34	Flujo (mm)		3.5	3.8	3.8	3.7
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		2573	2317	2435	2441

Observaciones:

Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

ING. RESPONSABLES  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 213943

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anelli Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
 MUESTRA : M-1 / BAJA  
 TECNICO : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	%	
	Mezcla	
A GRAVA CHANCADA	55.0	
B ARENA CHANCADA	45.0	

TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			4	5	6	
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	41.79	41.79	41.79	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.21	52.21	52.21	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1231.6	1225.2	1220.9	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1232.4	1226.3	1222.7	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	695.1	692.3	690.2	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	537.3	534.0	532.5	
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.292	2.294	2.293	2.293
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.423	2.423	2.423	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100/((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.406	2.406	2.406	
19	% de Vacíos = 100*(17-16)/17	%	5.4	5.3	5.4	5.4
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3/Pr.8)+(4/Pr.10)+(5+Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)-(2/6))	gr./cc.	2.659	2.659	2.659	
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.790	2.790	2.790	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*(21-20)/(21*20)	%	0.308	0.308	0.308	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)/(16/20)	%	81.68	81.76	81.70	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	12.92	12.93	12.92	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-((23/100)*(3+4))	%	5.71	5.71	5.71	
27	VMA = 100-24	%	18.32	18.24	18.30	18.3
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	70.5	70.90	70.63	70.7
29	Lectura del Dial Anillo Marshal		294	299	300	
30	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	Kg.	984	1000	1003	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.93	0.96	0.93	
32	Estabilidad y Resiliencia (kN)	kn	6.574	6.458	6.879	
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	915	960	933	936
34	Flujo (mm)		3.3	3.3	3.5	3.3
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		2816	2954	2665	2812

Observaciones:

*[Firma]*  
 Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORIO DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*[Firma]*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

**SOLICITA** : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anelí Aida  
**PROYECTO** : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
**MUESTRA** : M-2 / BAJA  
**TECNICO** : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
**FECHA** : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL		%	
		Mezcla	
A	GRAVA CHANCADA	55.0	
B	ARENA CHANCADA	45.0	

TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	48.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			1	2	3	
1	Número de Probeta	Nº	1	2	3	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.24	42.24	42.24	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.76	52.76	52.76	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Especifico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1235.1	1222.1	1228.5	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1237.0	1223.7	1230.1	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	688.2	680.0	685.3	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	548.8	543.7	544.8	
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.251	2.248	2.255	2.251
17	Peso Especifico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.457	2.457	2.457	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = $100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr./cc.	2.442	2.442	2.442	
19	% de Vacíos = $100 * ((17-16) / 17)$	%	8.4	8.5	8.2	8.4
20	Peso Especifico Bulk del Agregado total = $(100-2) / ((3 * Pr.8) + (4 * Pr.10) + (5 * Pr.11))$	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Especifico Efectivo del Agregado total = $(3+4) / ((100/17) + (2/6))$	gr./cc.	2.656	2.656	2.656	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado total = $(100-20) / ((3/8) + (4/10))$	gr./cc.	2.760	2.760	2.760	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = $100 * 6 * ((21-20) / (21+20))$	%	0.265	0.265	0.265	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = $(3+4) * (16/20)$	%	81.05	80.95	81.21	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = $100 - (24+19)$	%	10.55	10.54	10.57	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = $2 - ((23/100) * (3+4))$	%	4.75	4.75	4.75	
27	VMA = 100-24	%	18.95	19.05	18.79	18.9
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = $(25/27) * 100$	%	55.7	55.30	56.24	55.7
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		222	225	215	
30	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	Kg.	748	757	725	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.89	0.93	0.93	
32	<b>Estabilidad y Resiliencia (RN)</b>	kn	7.002	7.015	6.987	
33	Estabilidad corregida (Kg) = $(30^3/31)$	Kg.	666	704	674	681
34	Flujo (mm)		2.5	2.8	2.5	2.6
35	Índice de rigidez (kg/cm) = $32 / (33/10)$		2663	2560	2697	2640

Observaciones:

*[Firma]*  
 Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*[Firma]*  
 ING. RESPONSABLE

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)


SOLICITA : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anel Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
 MUESTRA : M-3 / BAJA  
 TECNICO : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024


MATERIAL	%								
	Mezcla								
A GRAVA CHANCADA	55.0								
B ARENA CHANCADA	45.0								
TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			4	5	6	
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.02	42.02	42.02	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.48	52.48	52.48	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1232.6	1231.4	1229.4	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1234.0	1233.3	1230.8	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	691.4	690.8	688.8	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	542.6	542.5	542.0	
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.272	2.270	2.268	2.270
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.440	2.440	2.440	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = $100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr./cc.	2.424	2.424	2.424	
19	% de Vacíos = $100 * (17 - 16) / 17$	%	6.9	7.0	7.0	7.0
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = $(100 - 2) / ((3/Pr.8) + (4/Pr.10) + (5/Pr.11))$	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = $(3+4) / ((100/17) - (2/6))$	gr./cc.	2.658	2.658	2.658	
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = $(100 - 20) / ((3/8) + (4/10))$	gr./cc.	2.775	2.775	2.775	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = $100 * 6 * (21 - 20) / (21 * 20)$	%	0.289	0.289	0.289	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = $(3+4) * (16/20)$	%	81.38	81.31	81.26	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = $100 - (24 + 19)$	%	11.72	11.71	11.70	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = $2 - ((23/100) * (3+4))$	%	5.23	5.23	5.23	
27	VMA = 100 - 24	%	18.62	18.69	18.74	18.7
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = $(25/27) * 100$	%	62.9	62.68	62.45	62.7
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		267	263	250	
30	Estabilidad sin correjir (Según Carta de Calibración)	Kg.	895	882	839	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.93	0.93	0.93	
32	Estabilidad y Resiliencia (kN)	kn	6.038	6.012	6.078	
33	Estabilidad corregida (Kg) = $(30 * 31)$	Kg.	832	820	780	811
34	Flujo (mm)		2.8	3.0	3.0	2.9
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = $32 / (33/10)$		3027	2734	2601	2787

Observaciones:

  
 Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES  
 TECNICO DE LABORATORIO

  
 Bach. Espinoza Olivares, Anel Aida  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943  
 ING. RESPONSABLE





**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

**SOLICITA** : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
**PROYECTO** : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
**MUESTRA** : M-4 / BAJA  
**TECNICO** : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
**FECHA** : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	% Mezcla
A GRAVA CHANCADA	55.0
B ARENA CHANCADA	45.0

TAMZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			4	5	6	
1	Número de Probeta	Nº				
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	6.5	6.5	6.5	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	41.57	41.57	41.57	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	51.93	51.93	51.93	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Especifico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1222.5	1224.9	1224.1	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1223.8	1225.7	1225.6	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	698.8	700.2	699.4	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	525.0	525.5	526.2	
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.329	2.331	2.326	2.329
17	Peso Especifico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.404	2.404	2.404	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = $100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr./cc.	2.389	2.389	2.389	
19	% de Vacíos = $100 * ((17-16)/17)$	%	3.1	3.0	3.2	3.1
20	Peso Especifico Bulk del Agregado total = $(100-20) / ((3/Pr.8) + (4/Pr.10) + (5+Pr.11))$	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Especifico Efectivo del Agregado total = $(3+4) / ((100/17) - (2/6))$	gr./cc.	2.658	2.658	2.658	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado total = $(100-20) / ((3/8) + (4/10))$	gr./cc.	2.804	2.804	2.804	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = $100 * 6 * (2.1-2.0) / (2.1 * 2.0)$	%	0.286	0.286	0.286	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = $(3+4) * (16/20)$	%	82.53	82.62	82.45	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = $100 * (24+19)$	%	14.33	14.34	14.31	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = $2 * ((23/100) * (3+4))$	%	6.23	6.23	6.23	
27	VMA = 100-24	%	17.47	17.38	17.55	17.5
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = $(25/27) * 100$	%	82.0	82.51	81.58	82.0
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		303	320	328	
30	Estabilidad sin corregr (Según Carta de Calibración)	Kg.	1013	1069	1095	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.96	0.96	0.96	
32	Estabilidad y Resistencia (N)	kn	5.981	5.995	5.456	
33	Estabilidad corregida (Kg) = $(30 * 31)$	Kg.	972	1,026	1,051	1,017
34	Flujo (mm)		3.3	3.5	3.5	3.4
35	Indice de rigidez (kg/cm.) = $32 / (33/10)$		2992	2932	3003	2976

Observaciones:

Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 213943

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
 MUESTRA : M-5 / BAJA  
 TECNICO : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	% Mezcla
A GRAVA CHANCADA	55.0
B ARENA CHANCADA	45.0

TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			4	5	6	
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	7.0	7.0	7.0	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	41.35	41.35	41.35	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	51.65	51.65	51.65	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1219.1	1220.4	1226.9	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1220.0	1221.1	1227.8	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	694.5	695.3	698.0	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	525.5	525.8	529.8	
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.320	2.321	2.316	2.319
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.381	2.381	2.381	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.372	2.372	2.372	
19	% de Vacíos = 100*(17-16)/17	%	2.6	2.5	2.7	2.6
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3/Pr.8)+(4/Pr.10)+(5/Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)-(2/6))	gr./cc.	2.650	2.650	2.650	
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.820	2.820	2.820	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*(21-20)/(21*20)	%	0.174	0.174	0.174	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)/(16/20)	%	81.79	81.83	81.64	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	15.66	15.67	15.63	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-((23/100)*(3+4))	%	6.84	6.84	6.84	
27	VMA = 100-24	%	18.21	18.17	18.36	18.2
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	86.0	86.22	85.16	85.8
29	Lectura del Dial Anillo Marshal		280	270	284	
30	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	Kg.	938	905	951	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.96	0.96	0.96	
32	Estabilidad y Resiliencia (kN)	kn	6.347	6.305	6.458	
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	900	869	913	894
34	Flujo (mm)		3.5	3.8	3.8	3.7
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		2573	2317	2435	2441

Observaciones:

*Mitchell O. Ceras Egoavil*  
 Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*[Firma]*  
 ING. RESPONSABLE  
 CIP. Nº 213943

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anel Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
 MUESTRA : M-6 / BAJA  
 TECNICO : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	% Mezcla
A GRAVA CHANCADA	55.0
B ARENA CHANCADA	45.0

TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.02	42.02	42.02	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.48	52.48	52.48	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1232.6	1231.4	1229.4	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1234.0	1233.3	1230.8	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	691.4	690.8	688.8	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	542.6	542.5	542.0	
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.272	2.270	2.268	2.270
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.440	2.440	2.440	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100/((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.424	2.424	2.424	
19	% de Vacíos = 100*(17-16)/17	%	6.9	7.0	7.0	7.0
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3/Pr.8)+(4/Pr.10)+(5/Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)-(2/6))	gr./cc.	2.658	2.658	2.658	
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.775	2.775	2.775	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*(21-20)/(21*20)	%	0.289	0.289	0.289	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)/(16/20)	%	81.38	81.31	81.26	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	11.72	11.71	11.70	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-(23/100)*(3+4)	%	5.23	5.23	5.23	
27	VMA = 100-24	%	18.62	18.69	18.74	18.7
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	62.9	62.68	62.45	62.7
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		267	263	250	
30	Estabilidad sin correjir (Según Carta de Calibración)	Kg.	895	882	839	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.93	0.93	0.93	
32	Estabilidad y Resiliencia (kN)	kn	0.123	6.120	6.118	
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	832	820	780	811
34	Flujo (mm)		2.8	3.0	3.0	2.9
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		3027	2734	2601	2787

Observaciones:

Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORANTISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

INGENIERO CIVIL  
 CIP. Nº 213943

ING. RESPONSABLE





**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

**SOLICITA** : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anelli Aida  
**PROYECTO** : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
**MUESTRA** : M-7 / BAJA  
**TECNICO** : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
**FECHA** : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL		%	
		Mezcla	
A	GRAVA CHANCADA	55.0	
B	ARENA CHANCADA	45.0	

TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			1	2	3	
1	Número de Probeta	Nº	1	2	3	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.24	42.24	42.24	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.76	52.76	52.76	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Especifico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1235.1	1222.1	1228.5	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1237.0	1223.7	1230.1	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	688.2	680.0	685.3	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	548.8	543.7	544.8	
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.251	2.248	2.255	2.251
17	Peso Especifico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.457	2.457	2.457	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100/((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.442	2.442	2.442	
19	% de Vacíos = 100*((17-16)/17)	%	8.4	8.5	8.2	8.4
20	Peso Especifico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3*Pr.8)+(4*Pr.10)+(5*Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Especifico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)+(2/6))	gr./cc.	2.656	2.656	2.656	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.760	2.760	2.760	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*((21-20)/(21*20))	%	0.265	0.265	0.265	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)/((16/20))	%	81.05	80.95	81.21	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	10.55	10.54	10.57	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-((23/100)*(3+4))	%	4.75	4.75	4.75	
27	VMA = 100-24	%	18.95	19.05	18.79	18.9
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	55.7	55.30	56.24	55.7
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		222	225	215	
30	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	Kg.	748	757	725	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.89	0.93	0.93	
32	<b>Estabilidad y Resiliencia (RN)</b>	kn	<b>5.953</b>	5.950	5.955	
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	666	704	674	681
34	Flujo (mm)		2.5	2.8	2.5	2.6
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		2663	2560	2697	2640

Observaciones:

*[Firma]*  
 Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*[Firma]*  
 ING. TAMARA PEREZ LINDAR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 213943

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anel Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
 MUESTRA : M-8 / BAJA  
 TECNICO : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	%								
	Mezcla								
A GRAVA CHANCADA	55.0								
B ARENA CHANCADA	45.0								
TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			4	5	6	
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.02	42.02	42.02	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.48	52.48	52.48	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1232.6	1231.4	1229.4	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1234.0	1233.3	1230.8	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	691.4	690.8	688.8	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c.	542.6	542.5	542.0	
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.272	2.270	2.268	2.270
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.440	2.440	2.440	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100/((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.424	2.424	2.424	
19	% de Vacíos = 100*(17-16)/17	%	6.9	7.0	7.0	7.0
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3/Pr.8)+(4/Pr.10)+(5/Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)-(2/6))	gr./cc.	2.658	2.658	2.658	
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.775	2.775	2.775	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*(21-20)/(21*20)	%	0.289	0.289	0.289	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)/(16/20)	%	81.38	81.31	81.26	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	11.72	11.71	11.70	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-((23/100)*(3+4))	%	5.23	5.23	5.23	
27	VMA = 100-24	%	18.62	18.69	18.74	18.7
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	62.9	62.68	62.45	62.7
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		267	263	250	
30	Estabilidad sin correjir (Según Carta de Calibración)	Kg.	895	882	839	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.93	0.93	0.93	
32	Estabilidad y Resiliencia (kN)	kn	0.123	6.125	6.128	
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	832	820	780	811
34	Flujo (mm)		2.8	3.0	3.0	2.9
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		3027	2734	2601	2787

Observaciones:

*Mitchell O. Ceras Egoavil*  
 Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*[Firma]*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. Nº 213943

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

**SOLICITA** : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anel Aida  
**PROYECTO** : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
**MUESTRA** : M-9/ BAJA  
**TECNICO** : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
**FECHA** : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	% Mezcla	
A GRAVA CHANCADA	55.0	
B ARENA CHANCADA	45.0	
TAMIZ	3/4"	1/2"
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100

	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			4	5	6	
1	Número de Probeta	Nº				
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	6.5	6.5	6.5	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	41.57	41.57	41.57	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	51.93	51.93	51.93	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Especifico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1222.5	1224.9	1224.1	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1223.8	1225.7	1225.6	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	698.8	700.2	699.4	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	525.0	525.5	526.2	
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.329	2.331	2.326	2.329
17	Peso Especifico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.404	2.404	2.404	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = $100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr./cc.	2.389	2.389	2.389	
19	% de Vacíos = $100 * ((17-16)/17)$	%	3.1	3.0	3.2	3.1
20	Peso Especifico Bulk del Agregado total = $(100-20) / ((3/Pr.8) + (4/Pr.10) + (5+Pr.11))$	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Especifico Efectivo del Agregado total = $(3+4) / ((100/17) - (2/6))$	gr./cc.	2.658	2.658	2.658	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado total = $(100-20) / ((3/8) + (4/10))$	gr./cc.	2.804	2.804	2.804	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = $100 * 6 * (21-20) / (21 * 20)$	%	0.286	0.286	0.286	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = $(3+4) * (16/20)$	%	82.53	82.62	82.45	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = $100 * (24+19)$	%	14.33	14.34	14.31	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = $2 * ((23/100) * (3+4))$	%	6.23	6.23	6.23	
27	VMA = 100-24	%	17.47	17.38	17.55	17.5
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = $(25/27) * 100$	%	82.0	82.51	81.58	82.0
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		303	320	328	
30	Estabilidad sin corregr (Según Carta de Calibración)	Kg.	1013	1069	1095	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.96	0.96	0.96	
32	Estabilidad y Resistencia (N)	kn	7.012	7.005	7.015	
33	Estabilidad corregida (Kg) = $(30 * 31)$	Kg.	972	1,026	1,051	1,017
34	Flujo (mm)		3.3	3.5	3.5	3.4
35	Indice de rigidez (kg/cm.) = $32 / (33/10)$		2992	2932	3003	2976

Observaciones:

*Mitchell O. Ceras Egoavil*  
 Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*Ing. María Pérez Córdova*  
 ING. RESPONSABLE  
 CIP N° 213843

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anelli Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
 MUESTRA : M-10 / BAJA  
 TECNICO : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	%									
	Mezcla									
A	GRAVA CHANCADA	55.0								
B	ARENA CHANCADA	45.0								
TAMIZ		3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº60	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA		100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.		100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8
TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100										
ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO				
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6					
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	7.0	7.0	7.0					
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	41.35	41.35	41.35					
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	51.65	51.65	51.65					
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%								
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013					
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620					
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653				
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553					
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626				
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.								
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1219.1	1220.4	1226.9					
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1220.0	1221.1	1227.8					
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	694.5	695.3	698.0					
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	525.5	525.8	529.8					
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.320	2.321	2.316	2.319				
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.381	2.381	2.381					
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.372	2.372	2.372					
19	% de Vacíos = 100*(17-16)/17	%	2.6	2.5	2.7	2.6				
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3/Pr.8)+(4/Pr.10)+(5/Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638				
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)-(2/6))	gr./cc.	2.650	2.650	2.650					
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.820	2.820	2.820					
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*(21-20)/(21*20)	%	0.174	0.174	0.174					
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)/(16/20)	%	81.79	81.83	81.64					
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	15.66	15.67	15.63					
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-((23/100)*(3+4))	%	6.84	6.84	6.84					
27	VMA = 100-24	%	18.21	18.17	18.36	18.2				
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	86.0	86.22	85.16	85.8				
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		280	270	284					
30	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	Kg.	938	905	951					
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.96	0.96	0.96					
32	Estabilidad y Resiliencia (KV)	kn	6.423	6.421	6.418					
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	900	869	913	894				
34	Flujo (mm)		3.5	3.8	3.8	3.7				
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		2573	2317	2435	2441				

Observaciones:



Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO



INGENIERO CIVIL  
CIP N° 213943

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
 MUESTRA : M-1 / MEDIA  
 TECNICO : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	%								
	Mezcla								
A GRAVA CHANCADA	55.0								
B ARENA CHANCADA	45.0								
TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº60	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8
TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100									
ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO			
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6				
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0				
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	41.79	41.79	41.79				
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.21	52.21	52.21				
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%							
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013				
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620				
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653			
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553				
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626			
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.							
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1231.6	1225.2	1220.9				
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1232.4	1226.3	1222.7				
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	695.1	692.3	690.2				
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	537.3	534.0	532.5				
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.292	2.294	2.293	2.293			
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.423	2.423	2.423				
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = $100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr./cc.	2.406	2.406	2.406				
19	% de Vacíos = $100 * (17-16) / 17$	%	5.4	5.3	5.4	5.4			
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = $(100-2) / ((3/Pr.8) + (4/Pr.10) + (5+Pr.11))$	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638			
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = $(3+4) / ((100/17) - (2/6))$	gr./cc.	2.659	2.659	2.659				
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = $(100-20) / ((3/8) + (4/10))$	gr./cc.	2.790	2.790	2.790				
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = $100 * 6 * (21-20) / (21 * 20)$	%	0.308	0.308	0.308				
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = $(3+4) * (16/20)$	%	81.68	81.76	81.70				
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = $100 - (24+19)$	%	12.92	12.93	12.92				
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = $2 - ((23/100) * (3+4))$	%	5.71	5.71	5.71				
27	VMA = 100-24	%	18.32	18.24	18.30	18.3			
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = $(25/27) * 100$	%	70.5	70.90	70.63	70.7			
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		294	299	300				
30	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	Kg.	984	1000	1003				
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.93	0.96	0.93				
32	<b>Estabilidad y Resiliencia (kN)</b>	kn	8.012	8.008	8.022				
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	915	960	933	936			
34	Flujo (mm)		3.3	3.3	3.5	3.3			
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = $32 / (33/10)$		2816	2954	2665	2812			

Observaciones:

*[Firma]*  
 Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORIO DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*[Firma]*  
 ING. JESUS PEREZ CARRON  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

ING. RESPONSABLE





**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

**SOLICITA** : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anelí Aida  
**PROYECTO** : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
**MUESTRA** : M-2 / MEDIA  
**TECNICO** : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
**FECHA** : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL		%	
		Mezcla	
A	GRAVA CHANCADA	55.0	
B	ARENA CHANCADA	45.0	

TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			1	2	3	
1	Número de Probeta	Nº	1	2	3	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.24	42.24	42.24	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.76	52.76	52.76	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Especifico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1235.1	1222.1	1228.5	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1237.0	1223.7	1230.1	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	688.2	680.0	685.3	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	548.8	543.7	544.8	
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.251	2.248	2.255	2.251
17	Peso Especifico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.457	2.457	2.457	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = $100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr./cc.	2.442	2.442	2.442	
19	% de Vacíos = $100 * ((17-16) / 17)$	%	8.4	8.5	8.2	8.4
20	Peso Especifico Bulk del Agregado total = $(100-2) / ((3*Pr.8) + (4*Pr.10) + (5*Pr.11))$	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Especifico Efectivo del Agregado total = $(3+4) / ((100/17) + (2/6))$	gr./cc.	2.656	2.656	2.656	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado total = $(100-20) / ((3/8) + (4/10))$	gr./cc.	2.760	2.760	2.760	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = $100 * 6 * ((21-20) / (21+20))$	%	0.265	0.265	0.265	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = $(3+4) * (16/20)$	%	81.05	80.95	81.21	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = $100 - (24+19)$	%	10.55	10.54	10.57	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = $2 - ((23/100) * (3+4))$	%	4.75	4.75	4.75	
27	VMA = 100-24	%	18.95	19.05	18.79	18.9
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = $(25/27) * 100$	%	55.7	55.30	56.24	55.7
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		222	225	215	
30	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	Kg.	748	757	725	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.89	0.93	0.93	
32	<b>Estabilidad y Resiliencia (RN)</b>	kn	<b>7.985</b>	7.856	8.024	
33	Estabilidad corregida (Kg) = $(30^3/31)$	Kg.	666	704	674	681
34	Flujo (mm)		2.5	2.8	2.5	2.6
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = $32 / (33/10)$		2663	2560	2697	2640

Observaciones:

Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 213943

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anel Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
 MUESTRA : M-3 / MEDIA  
 TECNICO : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	%	
	Mezcla	
A GRAVA CHANCADA	55.0	
B ARENA CHANCADA	45.0	

TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			4	5	6	
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.02	42.02	42.02	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.48	52.48	52.48	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1232.6	1231.4	1229.4	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1234.0	1233.3	1230.8	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	691.4	690.8	688.8	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	542.6	542.5	542.0	
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.272	2.270	2.268	2.270
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.440	2.440	2.440	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = $100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr./cc.	2.424	2.424	2.424	
19	% de Vacíos = $100 * (17 - 16) / 17$	%	6.9	7.0	7.0	7.0
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = $(100 - 2) / ((3/Pr.8) + (4/Pr.10) + (5/Pr.11))$	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = $(3+4) / ((100/17) - (2/6))$	gr./cc.	2.658	2.658	2.658	
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = $(100 - 20) / ((3/8) + (4/10))$	gr./cc.	2.775	2.775	2.775	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = $100 * 6 * (21 - 20) / (21 * 20)$	%	0.289	0.289	0.289	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = $(3+4) * (16/20)$	%	81.38	81.31	81.26	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = $100 - (24 + 19)$	%	11.72	11.71	11.70	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = $2 - ((23/100) * (3+4))$	%	5.23	5.23	5.23	
27	VMA = 100 - 24	%	18.62	18.69	18.74	18.7
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = $(25/27) * 100$	%	62.9	62.68	62.45	62.7
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		267	263	250	
30	Estabilidad sin correjir (Según Carta de Calibración)	Kg.	895	882	839	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.93	0.93	0.93	
32	Estabilidad y Resiliencia (kN)	kn	8.132	8.145	8.108	
33	Estabilidad corregida (Kg) = $(30 * 31)$	Kg.	832	820	780	811
34	Flujo (mm)		2.8	3.0	3.0	2.9
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = $32 / (33/10)$		3027	2734	2601	2787

Observaciones:

Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORIO DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

**SOLICITA** : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anel Aida  
**PROYECTO** : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
**MUESTRA** : M-4 / MEDIA  
**TECNICO** : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
**FECHA** : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	% Mezcla	
A GRAVA CHANCADA	55.0	
B ARENA CHANCADA	45.0	

TAMZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			4	5	6	
1	Número de Probeta	Nº				
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	6.5	6.5	6.5	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	41.57	41.57	41.57	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	51.93	51.93	51.93	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Especifico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1222.5	1224.9	1224.1	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1223.8	1225.7	1225.6	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	698.8	700.2	699.4	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	525.0	525.5	526.2	
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.329	2.331	2.326	2.329
17	Peso Especifico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.404	2.404	2.404	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = $100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr./cc.	2.389	2.389	2.389	
19	% de Vacíos = $100 * ((17-16)/17)$	%	3.1	3.0	3.2	3.1
20	Peso Especifico Bulk del Agregado total = $(100-20) / ((3/Pr. 8) + (4/Pr. 10) + (5+Pr. 11))$	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Especifico Efectivo del Agregado total = $(3+4) / ((100/17) - (2/6))$	gr./cc.	2.658	2.658	2.658	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado total = $(100-20) / ((3/8) + (4/10))$	gr./cc.	2.804	2.804	2.804	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = $100 * 6 * (2.1-2.0) / (2.1 * 2.0)$	%	0.286	0.286	0.286	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = $(3+4) * (16/20)$	%	82.53	82.62	82.45	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = $100 * (24+19)$	%	14.33	14.34	14.31	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = $2 * ((23/100) * (3+4))$	%	6.23	6.23	6.23	
27	VMA = 100-24	%	17.47	17.38	17.55	17.5
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = $(25/27) * 100$	%	82.0	82.51	81.58	82.0
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		303	320	328	
30	Estabilidad sin corregr (Según Carta de Calibración)	Kg.	1013	1069	1095	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.96	0.96	0.96	
32	Estabilidad y Resistencia (N)	kn	7.958	7.876	7.996	
33	Estabilidad corregida (Kg) = $(30 * 31)$	Kg.	972	1,026	1,051	1,017
34	Flujo (mm)		3.3	3.5	3.5	3.4
35	Indice de rigidez (kg/cm.) = $32 / (33/10)$		2992	2932	3003	2976

Observaciones:

Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

ING. RESPONSABLE

ING. RESPONSABLE





**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anelli Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
 MUESTRA : M-5 / MEDIA  
 TECNICO : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	%								
	Mezcla								
A GRAVA CHANCADA	55.0								
B ARENA CHANCADA	45.0								
TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº60	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8
TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100									
ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO			
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6				
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	7.0	7.0	7.0				
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	41.35	41.35	41.35				
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	51.65	51.65	51.65				
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%							
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013				
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620				
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653			
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553				
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626			
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.							
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1219.1	1220.4	1226.9				
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1220.0	1221.1	1227.8				
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	694.5	695.3	698.0				
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	525.5	525.8	529.8				
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.320	2.321	2.316	2.319			
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.381	2.381	2.381				
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100/((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.372	2.372	2.372				
19	% de Vacíos = 100*(17-16)/17	%	2.6	2.5	2.7	2.6			
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3/Pr.8)+(4/Pr.10)+(5/Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638			
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)-(2/6))	gr./cc.	2.650	2.650	2.650				
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.820	2.820	2.820				
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*(21-20)/(21*20)	%	0.174	0.174	0.174				
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)/(16/20)	%	81.79	81.83	81.64				
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	15.66	15.67	15.63				
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-((23/100)*(3+4))	%	6.84	6.84	6.84				
27	VMA = 100-24	%	18.21	18.17	18.36	18.2			
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	86.0	86.22	85.16	85.8			
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		280	270	284				
30	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	Kg.	938	905	951				
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.96	0.96	0.96				
32	Estabilidad y Resiliencia (KV)	kn	8.047	8.041	8.052				
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	900	869	913	894			
34	Flujo (mm)		3.5	3.8	3.8	3.7			
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		2573	2317	2435	2441			

Observaciones:

Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORANTISTA DE SUELOS Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 213043

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anel Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
 MUESTRA : M-6 / MEDIA  
 TECNICO : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	% Mezcla
A GRAVA CHANCADA	55.0
B ARENA CHANCADA	45.0

TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.02	42.02	42.02	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.48	52.48	52.48	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1232.6	1231.4	1229.4	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1234.0	1233.3	1230.8	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	691.4	690.8	688.8	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	542.6	542.5	542.0	
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.272	2.270	2.268	2.270
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.440	2.440	2.440	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100/((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.424	2.424	2.424	
19	% de Vacíos = 100*(17-16)/17	%	6.9	7.0	7.0	7.0
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3/Pr.8)+(4/Pr.10)+(5/Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)-(2/6))	gr./cc.	2.658	2.658	2.658	
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.775	2.775	2.775	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*(21-20)/(21*20)	%	0.289	0.289	0.289	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)/(16/20)	%	81.38	81.31	81.26	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	11.72	11.71	11.70	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-((23/100)*(3+4))	%	5.23	5.23	5.23	
27	VMA = 100-24	%	18.62	18.69	18.74	18.7
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	62.9	62.68	62.45	62.7
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		267	263	250	
30	Estabilidad sin correjir (Según Carta de Calibración)	Kg.	895	882	839	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.93	0.93	0.93	
32	Estabilidad y Resiliencia (kN)	kn	9.027	9.151	8.975	
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	832	820	780	811
34	Flujo (mm)		2.8	3.0	3.0	2.9
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		3027	2734	2601	2787

Observaciones:

*Mitchell O. Ceras Egoavil*  
 Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*[Firma]*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 213942

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

**SOLICITA** : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anelí Aida  
**PROYECTO** : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
**MUESTRA** : M-7 / MEDIA  
**TECNICO** : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
**FECHA** : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL		%	
		Mezcla	
A	GRAVA CHANCADA	55.0	
B	ARENA CHANCADA	45.0	

TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			1	2	3	
1	Número de Probeta	Nº	1	2	3	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.24	42.24	42.24	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.76	52.76	52.76	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Especifico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1235.1	1222.1	1228.5	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1237.0	1223.7	1230.1	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	688.2	680.0	685.3	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	548.8	543.7	544.8	
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.251	2.248	2.255	2.251
17	Peso Especifico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.457	2.457	2.457	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100/((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.442	2.442	2.442	
19	% de Vacíos = 100*(17-16)/17	%	8.4	8.5	8.2	8.4
20	Peso Especifico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3*Pr.8)+(4*Pr.10)+(5*Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Especifico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)-(2/6))	gr./cc.	2.656	2.656	2.656	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.760	2.760	2.760	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*(21-20)/(21*20)	%	0.265	0.265	0.265	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)/(16/20)	%	81.05	80.95	81.21	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	10.55	10.54	10.57	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-((23/100)*(3+4))	%	4.75	4.75	4.75	
27	VMA = 100-24	%	18.95	19.05	18.79	18.9
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	55.7	55.30	56.24	55.7
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		222	225	215	
30	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	Kg.	748	757	725	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.89	0.93	0.93	
32	<b>Estabilidad y Resiliencia (R)</b>	kn	<b>7.367</b>	7.321	7.486	
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	666	704	674	681
34	Flujo (mm)		2.5	2.8	2.5	2.6
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		2663	2560	2697	2640

Observaciones:

*[Firma]*  
 Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*[Firma]*  
 ING. RESPONSABLE

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anel Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
 MUESTRA : M-8 / MEDIA  
 TECNICO : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	% Mezcla
A GRAVA CHANCADA	55.0
B ARENA CHANCADA	45.0

TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.02	42.02	42.02	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.48	52.48	52.48	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1232.6	1231.4	1229.4	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1234.0	1233.3	1230.8	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	691.4	690.8	688.8	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	542.6	542.5	542.0	
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.272	2.270	2.268	2.270
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.440	2.440	2.440	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100/((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.424	2.424	2.424	
19	% de Vacíos = 100*(17-16)/17	%	6.9	7.0	7.0	7.0
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3/Pr.8)+(4/Pr.10)+(5/Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)-(2/6))	gr./cc.	2.658	2.658	2.658	
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.775	2.775	2.775	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*(21-20)/(21*20)	%	0.289	0.289	0.289	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)/(16/20)	%	81.38	81.31	81.26	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	11.72	11.71	11.70	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-(23/100)*(3+4)	%	5.23	5.23	5.23	
27	VMA = 100-24	%	18.62	18.69	18.74	18.7
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	62.9	62.68	62.45	62.7
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		267	263	250	
30	Estabilidad sin correjir (Según Carta de Calibración)	Kg.	895	882	839	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.93	0.93	0.93	
32	Estabilidad y Resistencia (kN)	kn	6.752	6.723	6.768	
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	832	820	780	811
34	Flujo (mm)		2.8	3.0	3.0	2.9
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		3027	2734	2601	2787

Observaciones:

*[Firma]*  
 Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*[Firma]*  
 ING. RESPONSABLE  
 CIP Nº 213943

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

**SOLICITA** : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
**PROYECTO** : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
**MUESTRA** : M-9 / MEDIA  
**TECNICO** : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
**FECHA** : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	% Mezcla
A GRAVA CHANCADA	55.0
B ARENA CHANCADA	45.0

TAMZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			4	5	6	
1	Número de Probeta	Nº				
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	6.5	6.5	6.5	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	41.57	41.57	41.57	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	51.93	51.93	51.93	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Especifico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1222.5	1224.9	1224.1	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1223.8	1225.7	1225.6	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	698.8	700.2	699.4	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	525.0	525.5	526.2	
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.329	2.331	2.326	2.329
17	Peso Especifico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.404	2.404	2.404	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = $100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr./cc.	2.389	2.389	2.389	
19	% de Vacíos = $100 * ((17-16)/17)$	%	3.1	3.0	3.2	3.1
20	Peso Especifico Bulk del Agregado total = $(100-2) / ((3/Pr. 8) + (4/Pr. 10) + (5+Pr. 11))$	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Especifico Efectivo del Agregado total = $(3+4) / ((100/17) - (2/6))$	gr./cc.	2.658	2.658	2.658	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado total = $(100-20) / ((3/8) + (4/10))$	gr./cc.	2.804	2.804	2.804	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = $100 * 6 * (21-20) / (21 * 20)$	%	0.286	0.286	0.286	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = $(3+4) * (16/20)$	%	82.53	82.62	82.45	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = $100 * (24+19)$	%	14.33	14.34	14.31	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = $2 * ((23/100) * (3+4))$	%	6.23	6.23	6.23	
27	VMA = 100-24	%	17.47	17.38	17.55	17.5
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = $(25/27) * 100$	%	82.0	82.51	81.58	82.0
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		303	320	328	
30	Estabilidad sin corregr (Según Carta de Calibración)	Kg.	1013	1069	1095	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.96	0.96	0.96	
32	Estabilidad y Resistencia (N)	kn	8.459	8.478	8.412	
33	Estabilidad corregida (Kg) = $(30 * 31)$	Kg.	972	1,026	1,051	1,017
34	Flujo (mm)		3.3	3.5	3.5	3.4
35	Indice de rigidez (kg/cm.) = $32 / (33/10)$		2992	2932	3003	2976

Observaciones:

 Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES TECNICO DE LABORATORIO	 ING. RESPONSABLE CIP Nº 213943
--	--





**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCACA, 2024"  
 MUESTRA : M-10 / MEDIA  
 TECNICO : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	% Mezcla
A GRAVA CHANCADA	55.0
B ARENA CHANCADA	45.0

TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			4	5	6	
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	7.0	7.0	7.0	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	41.35	41.35	41.35	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	51.65	51.65	51.65	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1219.1	1220.4	1226.9	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1220.0	1221.1	1227.8	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	694.5	695.3	698.0	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	525.5	525.8	529.8	
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.320	2.321	2.316	2.319
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.381	2.381	2.381	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100/((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.372	2.372	2.372	
19	% de Vacíos = 100*(17-16)/17	%	2.6	2.5	2.7	2.6
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3/Pr.8)+(4/Pr.10)+(5/Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)-(2/6))	gr./cc.	2.650	2.650	2.650	
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.820	2.820	2.820	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*(21-20)/(21*20)	%	0.174	0.174	0.174	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)/(16/20)	%	81.79	81.83	81.64	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	15.66	15.67	15.63	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-((23/100)*(3+4))	%	6.84	6.84	6.84	
27	VMA = 100-24	%	18.21	18.17	18.36	18.2
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	86.0	86.22	85.16	85.8
29	Lectura del Dial Anillo Marshal		280	270	284	
30	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	Kg.	938	905	951	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.96	0.96	0.96	
32	Estabilidad y Resiliencia (kN)	kn	7.248	7.263	7.225	
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	900	869	913	894
34	Flujo (mm)		3.5	3.8	3.8	3.7
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		2573	2317	2435	2441

Observaciones:

*[Firma]*  
 Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*[Firma]*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anelli Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCACA, 2024"  
 MUESTRA : M-10 / MUY ALTA  
 TECNICO : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	%									
	Mezcla									
A	GRAVA CHANCADA	55.0								
B	ARENA CHANCADA	45.0								
TAMIZ		3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº60	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9		55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88		51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8
TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100										
ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO				
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6					
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	7.0	7.0	7.0					
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	41.35	41.35	41.35					
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	51.65	51.65	51.65					
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%								
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013					
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620					
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653				
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553					
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626				
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.								
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1219.1	1220.4	1226.9					
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1220.0	1221.1	1227.8					
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	694.5	695.3	698.0					
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	525.5	525.8	529.8					
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.320	2.321	2.316	2.319				
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.381	2.381	2.381					
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100/((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.372	2.372	2.372					
19	% de Vacíos = 100*(17-16)/17	%	2.6	2.5	2.7	2.6				
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3/Pr.8)+(4/Pr.10)+(5/Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638				
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)-(2/6))	gr./cc.	2.650	2.650	2.650					
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.820	2.820	2.820					
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*(21-20)/(21*20)	%	0.174	0.174	0.174					
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)/(16/20)	%	81.79	81.83	81.64					
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	15.66	15.67	15.63					
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-((23/100)*(3+4))	%	6.84	6.84	6.84					
27	VMA = 100-24	%	18.21	18.17	18.36	18.2				
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	86.0	86.22	85.16	85.8				
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		280	270	284					
30	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	Kg.	938	905	951					
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.96	0.96	0.96					
32	Estabilidad y Resiliencia (KV)	kn	11.957	11.932	11.972					
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	900	869	913	894				
34	Flujo (mm)		3.5	3.8	3.8	3.7				
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		2573	2317	2435	2441				

Observaciones:

Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORIA DE SUELOS Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

INGENIERO CIVIL  
 CIP: N° 213943

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

**SOLICITA** : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
**PROYECTO** : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
**MUESTRA** : M-9 / MUJY ALTA  
**TECNICO** : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
**FECHA** : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	% Mezcla	
A GRAVA CHANCADA	55.0	
B ARENA CHANCADA	45.0	
TAMIZ	3/4"	1/2"
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100

	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			4	5	6	
1	Número de Probeta	Nº				
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	6.5	6.5	6.5	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	41.57	41.57	41.57	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	51.93	51.93	51.93	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Especifico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1222.5	1224.9	1224.1	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1223.8	1225.7	1225.6	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	698.8	700.2	699.4	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	525.0	525.5	526.2	
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.329	2.331	2.326	2.329
17	Peso Especifico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.404	2.404	2.404	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = $100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr./cc.	2.389	2.389	2.389	
19	% de Vacíos = $100 * ((17-16)/17)$	%	3.1	3.0	3.2	3.1
20	Peso Especifico Bulk del Agregado total = $(100-20) / ((3/Pr.8) + (4/Pr.10) + (5+Pr.11))$	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Especifico Efectivo del Agregado total = $(3+4) / ((100/17) - (2/6))$	gr./cc.	2.658	2.658	2.658	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado total = $(100-20) / ((3/8) + (4/10))$	gr./cc.	2.804	2.804	2.804	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = $100 * 6 * ((2-20) / (2 * 100))$	%	0.286	0.286	0.286	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = $(3+4) * ((16/20))$	%	82.53	82.62	82.45	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = $100 * ((24+19))$	%	14.33	14.34	14.31	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = $2 * ((23/100) * (3+4))$	%	6.23	6.23	6.23	
27	VMA = 100-24	%	17.47	17.38	17.55	17.5
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = $(25/27) * 100$	%	82.0	82.51	81.58	82.0
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		303	320	328	
30	Estabilidad sin corregr (Según Carta de Calibración)	Kg.	1013	1069	1095	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.96	0.96	0.96	
32	Estabilidad y Resistencia (N)	kn	13.452	13.441	13.432	
33	Estabilidad corregida (Kg) = $(30 * 31)$	Kg.	972	1,026	1,051	1,017
34	Flujo (mm)		3.3	3.5	3.5	3.4
35	Indice de rigidez (kg/cm.) = $32 / (33/10)$		2992	2932	3003	2976

Observaciones:

*Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil*  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*Ing. Mónica Pérez Osorio*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 213843

ING. RESPONSABLE





**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anel Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
 MUESTRA : M-8 / MUJ ALTA  
 TECNICO : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	%								
	Mezcla								
A GRAVA CHANCADA	55.0								
B ARENA CHANCADA	45.0								
TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			4	5	6	
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.02	42.02	42.02	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.48	52.48	52.48	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1232.6	1231.4	1229.4	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1234.0	1233.3	1230.8	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	691.4	690.8	688.8	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	542.6	542.5	542.0	
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.272	2.270	2.268	2.270
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.440	2.440	2.440	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = $100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr./cc.	2.424	2.424	2.424	
19	% de Vacíos = $100 * (17 - 16) / 17$	%	6.9	7.0	7.0	7.0
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = $(100 - 2) / ((3/Pr.8) + (4/Pr.10) + (5/Pr.11))$	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = $(3+4) / ((100/17) - (2/6))$	gr./cc.	2.658	2.658	2.658	
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = $(100 - 20) / ((3/8) + (4/10))$	gr./cc.	2.775	2.775	2.775	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = $100 * 6 * (21 - 20) / (21 * 20)$	%	0.289	0.289	0.289	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = $(3+4) * (16/20)$	%	81.38	81.31	81.26	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = $100 - (24 + 19)$	%	11.72	11.71	11.70	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = $2 - ((23 * 100) / (3 + 4))$	%	5.23	5.23	5.23	
27	VMA = 100 - 24	%	18.62	18.69	18.74	18.7
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = $(25/27) * 100$	%	62.9	62.68	62.45	62.7
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		267	263	250	
30	Estabilidad sin correjir (Según Carta de Calibración)	Kg.	895	882	839	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.93	0.93	0.93	
32	Estabilidad y Resistencia (kN)	kn	12.654	12.631	12.662	
33	Estabilidad corregida (Kg) = $(30 * 31)$	Kg.	832	820	780	811
34	Flujo (mm)		2.8	3.0	3.0	2.9
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = $32 / (33 / 10)$		3027	2734	2601	2787

Observaciones:

*Mitchell O. Ceras Egoavil*  
 Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*[Firma]*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

**SOLICITA** : Bach, ESPINOZA OLIVARES, Anelli Aida  
**PROYECTO** : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
**MUESTRA** : M-7 / MUJ ALTA  
**TÉCNICO** : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
**FECHA** : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL		%	
		Mezcla	
A	GRAVA CHANCADA	55.0	
B	ARENA CHANCADA	45.0	

TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			1	2	3	
1	Número de Probeta	Nº	1	2	3	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.24	42.24	42.24	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.76	52.76	52.76	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Especifico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1235.1	1222.1	1228.5	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1237.0	1223.7	1230.1	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	688.2	680.0	685.3	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	548.8	543.7	544.8	
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.251	2.248	2.255	2.251
17	Peso Especifico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.457	2.457	2.457	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100/((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.442	2.442	2.442	
19	% de Vacíos = 100*((17-16)/17)	%	8.4	8.5	8.2	8.4
20	Peso Especifico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3*Pr.8)+(4*Pr.10)+(5*Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Especifico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)+(2/6))	gr./cc.	2.656	2.656	2.656	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.760	2.760	2.760	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*((21-20)/(21*20))	%	0.265	0.265	0.265	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)/((16/20))	%	81.05	80.95	81.21	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	10.55	10.54	10.57	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-((23/100)*(3+4))	%	4.75	4.75	4.75	
27	VMA = 100-24	%	18.95	19.05	18.79	18.9
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	55.7	55.30	56.24	55.7
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		222	225	215	
30	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	Kg.	748	757	725	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.89	0.93	0.93	
32	<b>Estabilidad y Resiliencia (RN)</b>	kn	13.012	13.014	13.010	
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	666	704	674	681
34	Flujo (mm)		2.5	2.8	2.5	2.6
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		2663	2560	2697	2640

Observaciones:

 Bach, Mitchell O. Ceras Egoavil LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES TECNICO DE LABORATORIO	 INGENIERO CIVIL CIP: Nº 213943 ING. RESPONSABLE
--	--



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anel Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
 MUESTRA : M-6 / MUJY ALTA  
 TECNICO : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	% Mezcla
A GRAVA CHANCADA	55.0
B ARENA CHANCADA	45.0

TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			4	5	6	
1	Número de Probeta	Nº				
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.02	42.02	42.02	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.48	52.48	52.48	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1232.6	1231.4	1229.4	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1234.0	1233.3	1230.8	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	691.4	690.8	688.8	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	542.6	542.5	542.0	
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.272	2.270	2.268	2.270
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.440	2.440	2.440	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100/((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.424	2.424	2.424	
19	% de Vacíos = 100*(17-16)/17	%	6.9	7.0	7.0	7.0
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3/Pr.8)+(4/Pr.10)+(5/Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)-(2/6))	gr./cc.	2.658	2.658	2.658	
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.775	2.775	2.775	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*(21-20)/(21*20)	%	0.289	0.289	0.289	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)/(16/20)	%	81.38	81.31	81.26	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	11.72	11.71	11.70	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-(23/100)*(3+4)	%	5.23	5.23	5.23	
27	VMA = 100-24	%	18.62	18.69	18.74	18.7
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	62.9	62.68	62.45	62.7
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		267	263	250	
30	Estabilidad sin correjir (Según Carta de Calibración)	Kg.	895	882	839	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.93	0.93	0.93	
32	Estabilidad y Resiliencia (kN)	kn	12.784	12.771	12.792	
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	832	820	780	811
34	Flujo (mm)		2.8	3.0	3.0	2.9
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		3027	2734	2601	2787

Observaciones:

*Mitchell O. Ceras Egoavil*  
 Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*[Firma]*  
 ING. RESPONSABLE

ING. RESPONSABLE



### ENSAYO MARSHALL

(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA	: Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anelli Aida
PROYECTO	: "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUHACA, 2024"
MUESTRA	: M-5 / MUY ALTA
TECNICO	: MITCHELL O. CERAS EGOAVIL
FECHA	: AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	%									
	Mezcla									
A	GRAVA CHANCADA	55.0								
B	ARENA CHANCADA	45.0								
TAMIZ		3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3	
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8	
TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100										
ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO				
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6					
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	7.0	7.0	7.0					
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	41.35	41.35	41.35					
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	51.65	51.65	51.65					
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%								
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013					
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620					
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653				
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553					
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626				
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.								
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1219.1	1220.4	1226.9					
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1220.0	1221.1	1227.8					
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	694.5	695.3	698.0					
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	525.5	525.8	529.8					
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.320	2.321	2.316	2.319				
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.381	2.381	2.381					
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = $100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr./cc.	2.372	2.372	2.372					
19	% de Vacíos = $100 * (17-16) / 17$	%	2.6	2.5	2.7	2.6				
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = $(100-2) / ((3/Pr.8) + (4/Pr.10) + (5/Pr.11))$	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638				
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = $(3+4) / ((100/17) - (2/6))$	gr./cc.	2.650	2.650	2.650					
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = $(100-20) / ((3/8) + (4/10))$	gr./cc.	2.820	2.820	2.820					
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = $100 * 6 * (21-20) / (21 * 20)$	%	0.174	0.174	0.174					
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = $(3+4) * (16/20)$	%	81.79	81.83	81.64					
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = $100 - (24+19)$	%	15.66	15.67	15.63					
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = $2 - ((23/100) * (3+4))$	%	6.84	6.84	6.84					
27	VMA = 100-24	%	18.21	18.17	18.36	18.2				
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = $(25/27) * 100$	%	86.0	86.22	85.16	85.8				
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		280	270	284					
30	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	Kg.	938	905	951					
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.96	0.96	0.96					
32	Estabilidad y Resistencia (kN)	kn	11.654	11.640	11.632					
33	Estabilidad corregida (Kg) = $(30 * 31)$	Kg.	900	869	913	894				
34	Flujo (mm)		3.5	3.8	3.8	3.7				
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = $32 / (33/10)$		2573	2317	2435	2441				

Observaciones:

  
Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
LABORATORISTA DE SUELOS  
Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 213943

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

**SOLICITA** : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anel Aida  
**PROYECTO** : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
**MUESTRA** : M-4 / MUJ ALTA  
**TECNICO** : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
**FECHA** : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL		%											
		Mezcla											
A	GRAVA CHANCADA	55.0											
B	ARENA CHANCADA	45.0											
TAMZ		3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200			
MEZCLA ASFALTICA		100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3			
LIMITES DE ESPECIFIC.		100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8				
TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100													
ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO							
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6								
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	6.5	6.5	6.5								
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	41.57	41.57	41.57								
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	51.93	51.93	51.93								
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%											
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013								
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620								
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686								
9	Peso Especifico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	2.653							
10	Peso Especifico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626							
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr./cc.											
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1222.5	1224.9	1224.1								
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1223.8	1225.7	1225.6								
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	698.8	700.2	699.4								
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	525.0	525.5	526.2								
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.329	2.331	2.326	2.329							
17	Peso Especifico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.404	2.404	2.404								
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = $100 / ((2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr./cc.	2.389	2.389	2.389								
19	% de Vacíos = $100 * ((17-16)/17)$	%	3.1	3.0	3.2	3.1							
20	Peso Especifico Bulk del Agregado total = $(100-20) / ((3/Pr. 8) + (4/Pr. 10) + (5+Pr. 11))$	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638							
21	Peso Especifico Efectivo del Agregado total = $(3+4) / ((100/17) - (2/6))$	gr./cc.	2.658	2.658	2.658								
22	Peso Especifico Aparente del Agregado total = $(100-20) / ((3/8) + (4/10))$	gr./cc.	2.804	2.804	2.804								
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = $100 * 6 * (2.1-2.0) / (2.1 * 2.0)$	%	0.286	0.286	0.286								
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = $(3+4) * (16/20)$	%	82.53	82.62	82.45								
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = $100 * (24+19)$	%	14.33	14.34	14.31								
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = $2 * ((23/100) * (3+4))$	%	6.23	6.23	6.23								
27	VMA = 100-24	%	17.47	17.38	17.55	17.5							
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = $(25/27) * 100$	%	82.0	82.51	81.58	82.0							
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		303	320	328								
30	Estabilidad sin corregr (Según Carta de Calibración)	Kg.	1013	1069	1095								
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.96	0.96	0.96								
32	Estabilidad y Resiliencia (N)	kn	12.574	12.550	12.540								
33	Estabilidad corregida (Kg) = $(30 * 31)$	Kg.	972	1,026	1,051	1,017							
34	Flujo (mm)		3.3	3.5	3.5	3.4							
35	Indice de rigidez (kg/cm.) = $32 / (33 * 10)$		2992	2932	3003	2976							
<b>Observaciones:</b>													
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">   <b>Dr. Mitchell O. Ceras Egoavil</b>            LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES         </div> <div style="text-align: center;">   <b>INGENIERO CIVIL</b>            CIP. N° 213843         </div> </div>													
TECNICO DE LABORATORIO						ING. RESPONSABLE							





**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anel Aida  
 PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
 MUESTRA : M-3 / MUJ ALTA  
 TECNICO : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
 FECHA : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL	%	
	Mezcla	
A GRAVA CHANCADA	55.0	
B ARENA CHANCADA	45.0	

TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	40.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			4	5	6	
1	Número de Probeta	Nº	4	5	6	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.02	42.02	42.02	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.48	52.48	52.48	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Específico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Específico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Específico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1232.6	1231.4	1229.4	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1234.0	1233.3	1230.8	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	691.4	690.8	688.8	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	542.6	542.5	542.0	
16	Peso Específico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.272	2.270	2.268	2.270
17	Peso Específico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.440	2.440	2.440	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100/((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.424	2.424	2.424	
19	% de Vacíos = 100*(17-16)/17	%	6.9	7.0	7.0	7.0
20	Peso Específico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3/Pr.8)+(4/Pr.10)+(5+Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Específico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)-(2/6))	gr./cc.	2.658	2.658	2.658	
22	Peso Específico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.775	2.775	2.775	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*(21-20)/(21*20)	%	0.289	0.289	0.289	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)/(16/20)	%	81.38	81.31	81.26	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	11.72	11.71	11.70	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-(23/100)*(3+4)	%	5.23	5.23	5.23	
27	VMA = 100-24	%	18.62	18.69	18.74	18.7
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	62.9	62.68	62.45	62.7
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		267	263	250	
30	Estabilidad sin correjir (Según Carta de Calibración)	Kg.	895	882	839	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.93	0.93	0.93	
32	Estabilidad y Resistencia (kN)	kn	11.951	11.950	11.953	
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	832	820	780	811
34	Flujo (mm)		2.8	3.0	3.0	2.9
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		3027	2734	2601	2787

Observaciones:

*Mitchell O. Ceras Egoavil*  
 Bach. Mitchell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*Mitchell O. Ceras Egoavil*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

ING. RESPONSABLE



**ENSAYO MARSHALL**  
(NORMAS: AASHTO T-245, ASTM D-1559)

**SOLICITA** : Bach, ESPINOZA OLIVARES, Anelí Aida  
**PROYECTO** : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"  
**MUESTRA** : M-2 / MUJ ALTA  
**TECNICO** : MITCHELL O. CERAS EGOAVIL  
**FECHA** : AGOSTO DEL 2024

MATERIAL		%	
		Mezcla	
A	GRAVA CHANCADA	55.0	
B	ARENA CHANCADA	45.0	

TAMIZ	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº100	Nº200
MEZCLA ASFALTICA	100	91.0	75.9	55.5	48.7	22.0	11.4	9.6	6.3
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17		4 - 8

TIPO ASFALTO : PEN 85 - 100

ITEM	PASO	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
			1	2	3	
1	Número de Probeta	Nº	1	2	3	
2	% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	42.24	42.24	42.24	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de la Mezcla	%	52.76	52.76	52.76	
5	% de Agregado Filler en Peso de la Mezcla	%				
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	gr./cc.	1.013	1.013	1.013	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr./cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( AASHTO T85)	gr./cc.	2.686	2.686	2.686	2.653
9	Peso Especifico Bulk de la Arena Combinada	gr./cc.	2.553	2.553	2.553	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena Combinada ( AASHTO T84)	gr./cc.	2.699	2.699	2.699	2.626
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr./cc.				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1235.1	1222.1	1228.5	
13	Peso de la Briqueta Superficialmente Seca	gr.	1237.0	1223.7	1230.1	
14	Peso de la Briqueta Sumergida	gr.	688.2	680.0	685.3	
15	Volumen de la Briqueta = 13-14	c.c	548.8	543.7	544.8	
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = 12/15	gr./cc.	2.251	2.248	2.255	2.251
17	Peso Especifico Máximo (RICE) ASTM D-2041	gr./cc.	2.457	2.457	2.457	
18	Máxima Densidad Teórica de los Agregados = 100/((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr./cc.	2.442	2.442	2.442	
19	% de Vacíos = 100*((17-16)/17)	%	8.4	8.5	8.2	8.4
20	Peso Especifico Bulk del Agregado total = (100-2)/((3*Pr.8)+(4*Pr.10)+(5*Pr.11))	gr./cc.	2.638	2.638	2.638	2.638
21	Peso Especifico Efectivo del Agregado total = (3+4)/((100/17)+(2/6))	gr./cc.	2.656	2.656	2.656	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado total = (100-20)/((3/8)+(4/10))	gr./cc.	2.760	2.760	2.760	
23	Asfalto absorbido por el Peso del Agregado = 100*6*((21-20)/(21*20))	%	0.265	0.265	0.265	
24	% del Volumen del Agregado x Volumen Bruto de la Briqueta = (3+4)/((16/20))	%	81.05	80.95	81.21	
25	% del Volumen Asfalto Efectivo / Volumen de Probeta = 100-(24+19)	%	10.55	10.54	10.57	
26	% Asfalto Efectivo - Peso de la Mezcla = 2-((23/100)*(3+4))	%	4.75	4.75	4.75	
27	VMA = 100-24	%	18.95	19.05	18.79	18.9
28	Relación Betún - Vacíos (% de Vacíos llenados con C.A.) = (25/27)*100	%	55.7	55.30	56.24	55.7
29	Lectura del Dial Anillo Marshall		222	225	215	
30	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	Kg.	748	757	725	
31	Factor de Estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		0.89	0.93	0.93	
32	<b>Estabilidad y Resiliencia (RN)</b>	kn	13.042	13.045	13.048	
33	Estabilidad corregida (Kg) = (30*31)	Kg.	666	704	674	681
34	Flujo (mm)		2.5	2.8	2.5	2.6
35	Índice de rigidez (kg/cm.) = 32/(33/10)		2663	2560	2697	2640

Observaciones:

 Bach Mitchell O. Ceras Egoavil LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES TECNICO DE LABORATORIO	 ING. RESPONSABLE
---	---



## INDICE DE PLASTICIDAD (LIMITE LIQUIDO) – MTC E 110







METODO STANDAR PARA LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

**ENSAYO DE PLASTICIDAD**  
ASTM 4318-84

PROYECTO "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

SOLICITA Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
MUESTRA M-1

FECHA AGOSTO DEL 2024

Nº de Golpes	Cápsula N°	Peso de la Cápsula	Peso Cápsula + Suelo Hum.	Peso Cápsula + Suelo Seco	Peso del Agua	Peso del Suelo Seco	Humedad Del Suelo
16	006	22.80	51.66	47.01	4.65	24.21	19.21%
23	010	25.55	61.01	56.02	4.99	30.47	16.38%
30	014	14.73	41.25	37.84	3.41	23.11	14.76%
L.P.	018	8.15	15.87	15.21	0.66	7.06	9.35%
L.P.	016	9.25	16.25	15.67	0.58	6.42	9.03%



$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$

$W_n$  = Contenido de humedad a numero de golpes

$N$  = N° de golpes

$IP = LL - LP$

LL = Limite liquido

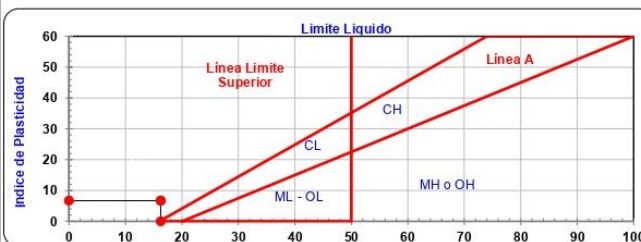
LP = Limite plástico

Ic = Indice de Consistencia

LL = 16.24%

LP = 9.55%

IP = 6.70%



Comentario : Las muestras fueron extraidas por el solicitante y llevadas a laboratorio para su análisis.

FIRMAS AUTORIZADAS

 ANELL AIDA ESPINOZA OLIVARES INGENIERO CIVIL CIP N° 213943 <b>PROFESIONAL</b>	 Bach. Michell O. Ceras Egoavil LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES <b>TÉCNICO</b>
--	---



METODO STANDAR PARA LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

**ENSAYO DE PLASTICIDAD**  
ASTM 4318-84

PROYECTO "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

SOLICITA Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
MUESTRA M-2

FECHA AGOSTO DEL 2024

Nº de Golpes	Cápsula Nº	Peso de la Cápsula	Peso Cápsula + Suelo Hum.	Peso Cápsula + Suelo Seco	Peso del Agua	Peso del Suelo Seco	Humedad Del Suelo
18	006	22.80	51.66	46.97	4.69	24.17	19.40%
24	010	25.55	61.01	55.81	5.20	30.26	17.18%
28	014	14.73	41.25	37.48	3.77	22.75	16.57%
L.P.	001	8.12	15.87	15.11	0.76	6.99	10.87%
L.P.	014	9.15	16.25	15.53	0.72	6.38	11.29%



$LL = Wn * (N/25)^{0.121}$

Wn = Contenido de humedad a numero de golpes

N = Nº de golpes

$IP = LL - LP$

LL = Límite líquido

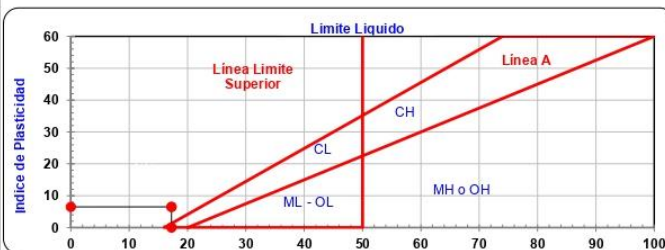
LP = Límite plástico

Ic = Índice de Consistencia

LL = 17.25%

LP = 10.75%

IP = 6.50%



Comentario : Las muestras fueron extraidas por el solicitante y llevadas a laboratorio para su análisis.

FIRMAS AUTORIZADAS

 ANELL AIDA ESPINOZA OLIVARES INGENIERO CIVIL CIP N° 213943	 Bach. Michell O. Ceras Egoavil LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES
PROFESIONAL	TÉCNICO



METODO STANDAR PARA LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

**ENSAYO DE PLASTICIDAD**  
ASTM 4318-84

PROYECTO "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCACA, 2024"

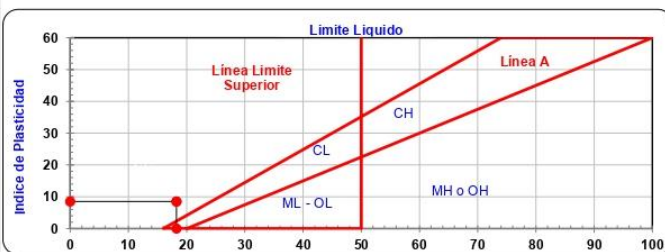
SOLICITA Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
MUESTRA M-3

FECHA AGOSTO DEL 2024

Nº de Golpes	Cápsula Nº	Peso de la Cápsula	Peso Cápsula + Suelo Hum.	Peso Cápsula + Suelo Seco	Peso del Agua	Peso del Suelo Seco	Humedad Del Suelo
17	006	22.80	51.66	46.71	4.95	23.91	20.70%
25	010	25.55	61.01	55.45	5.56	29.90	18.60%
30	014	14.73	41.25	37.49	3.76	22.76	16.52%
L.P.	009	8.16	15.97	15.28	0.69	7.12	9.69%
L.P.	004	9.06	16.33	15.67	0.66	6.61	9.98%



LL =  $W_n * (N/25)^{0.121}$   
 Wn = Contenido de humedad a numero de golpes  
 N = Nº de golpes  
 IP = LL - LP  
 LL = Limite liquido  
 LP = Limite plástico  
 Ic = Indice de Consistencia  
 LL = **18.25%**  
 LP = **9.73%**  
 IP = **8.52%**



Comentario : Las muestras fueron extraidas por el solicitante y llevadas a laboratorio para su análisis.

FIRMAS AUTORIZADAS

 ESTI LARROSA PÉREZ CONTADOR INGENIERO CIVIL CIP N° 213943	 Bach. Michell O. Ceras Egoavil LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES
PROFESIONAL	TÉCNICO



METODO STANDAR PARA LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

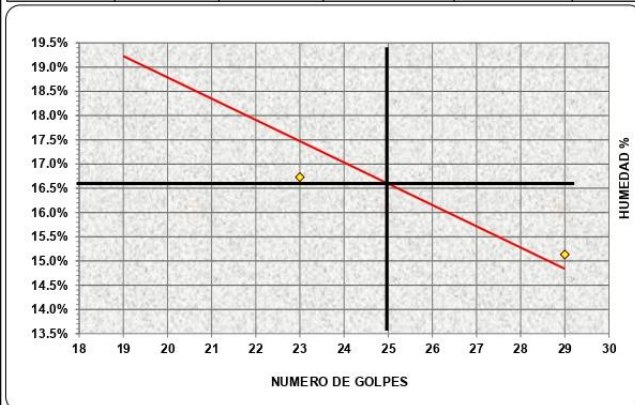
**ENSAYO DE PLASTICIDAD**  
ASTM 4318-84

PROYECTO \*ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024\*

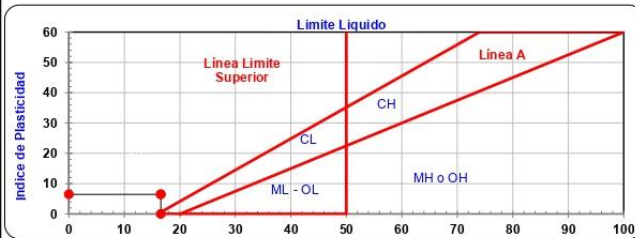
SOLICITA Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
MUESTRA M-4

FECHA AGOSTO DEL 2024

N° de Golpes	Cápsula N°	Peso de la Cápsula	Peso Cápsula + Suelo Hum.	Peso Cápsula + Suelo Seco	Peso del Agua	Peso del Suelo Seco	Humedad Del Suelo
19	008	22.74	51.76	46.99	4.77	24.25	19.67%
23	009	25.41	61.13	56.01	5.12	30.60	16.73%
29	001	14.82	41.22	37.75	3.47	22.93	15.13%
L.P.	011	8.21	15.95	15.24	0.71	7.03	10.10%
L.P.	005	9.16	16.28	15.62	0.66	6.46	10.22%



$LL = W_n * (N/25)^{-0.121}$   
 Wn = Contenido de humedad a numero de golpes  
 N = N° de golpes  
 $IP = LL - LP$   
 LL = Limite liquido  
 LP = Limite plástico  
 Ic = Indice de Consistencia  
 $LL = 16.57\%$   
 $LP = 10.11\%$   
 $IP = 6.46\%$



Comentario : Las muestras fueron extraidas por el solicitante y llevadas a laboratorio para su análisis.

FIRMAS AUTORIZADAS

INGRID FABREGA PRIETO CONTRERA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943  
 PROFESIONAL

Bach. Michell D. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES  
 TÉCNICO





METODO STANDAR PARA LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

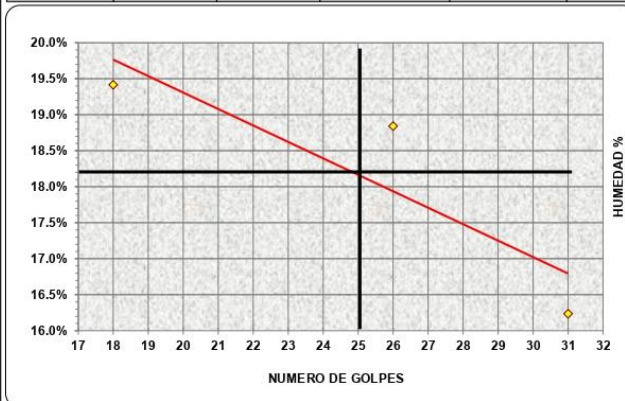
**ENSAYO DE PLASTICIDAD**  
ASTM 4318-84

PROYECTO "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

SOLICITA Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anelli Aida  
MUESTRA M-5

FECHA AGOSTO DEL 2024

N° de Golpes	Cápsula N°	Peso de la Cápsula	Peso Cápsula + Suelo Hum.	Peso Cápsula + Suelo Seco	Peso del Agua	Peso del Suelo Seco	Humedad Del Suelo
18	010	22.68	51.71	46.99	4.72	24.31	19.42%
26	008	25.46	61.22	55.55	5.67	30.09	18.84%
31	014	14.79	41.35	37.64	3.71	22.85	16.24%
L.P.	009	8.18	15.98	15.33	0.65	7.15	9.09%
L.P.	005	9.12	16.31	15.74	0.57	6.62	8.61%



$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$

$W_n$  = Contenido de humedad a numero de golpes

$N$  = N° de golpes

$IP = LL - LP$

LL = Límite líquido

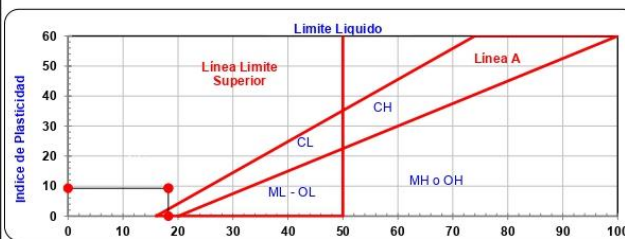
LP = Límite plástico

IC = Índice de Consistencia

LL = **18.24%**

LP = **8.97%**

IP = **9.27%**



Comentario : Las muestras fueron extraídas por el solicitante y llevadas a laboratorio para su análisis.

FIRMAS AUTORIZADAS

 ANELLI AIDA ESPINOZA OLIVARES INGENIERO CIVIL CIP N° 213943 <b>PROFESIONAL</b>	 Bach. Michell O. Ceras Egoavil LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES <b>TÉCNICO</b>
---	---



METODO STANDAR PARA LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

**ENSAYO DE PLASTICIDAD  
ASTM 4318-84**

PROYECTO "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

SOLICITA Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
MUESTRA M-6

FECHA AGOSTO DEL 2024

Nº de Golpes	Cápsula Nº	Peso de la Cápsula	Peso Cápsula + Suelo Hum.	Peso Cápsula + Suelo Seco	Peso del Agua	Peso del Suelo Seco	Humedad Del Suelo
20	004	22.51	51.82	47.21	4.61	24.70	18.66%
25	018	15.35	61.46	54.72	6.74	39.37	17.12%
29	001	14.97	41.42	37.73	3.69	22.76	16.21%
L.P.	010	8.32	15.77	15.11	0.66	6.79	9.72%
L.P.	015	9.25	16.46	15.89	0.57	6.64	8.58%



$LL = Wn * (N/25)^{0.121}$

Wn = Contenido de humedad a numero de golpes

N = Nº de golpes

$IP = LL - LP$

LL = Límite líquido

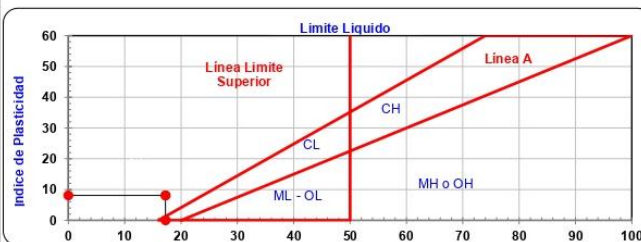
LP = Límite plástico

Ic = Índice de Consistencia

LL = 17.24%

LP = 9.15%

IP = 8.09%



Comentario : Las muestras fueron extraidas por el solicitante y llevadas a laboratorio para su análisis.

FIRMAS AUTORIZADAS

 <b>PROFESIONAL</b>	 <b>TÉCNICO</b>
------------------------	--------------------



METODO STANDAR PARA LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

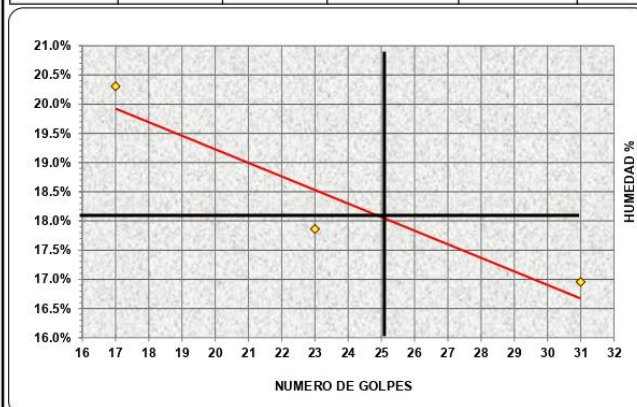
**ENSAYO DE PLASTICIDAD**  
ASTM 4318-84

PROYECTO "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

SOLICITA Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
MUESTRA M-7

FECHA AGOSTO DEL 2024

N° de Golpes	Cápsula N°	Peso de la Cápsula	Peso Cápsula + Suelo Hum.	Peso Cápsula + Suelo Seco	Peso del Agua	Peso del Suelo Seco	Humedad Del Suelo
17	011	22.61	51.76	46.84	4.92	24.23	20.31%
23	016	15.41	61.53	54.54	6.99	39.13	17.86%
31	004	14.67	41.50	37.61	3.89	22.94	16.96%
L.P.	008	8.22	15.81	15.06	0.75	6.84	10.96%
L.P.	002	9.16	16.37	15.83	0.54	6.67	8.10%



$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$

$W_n$  = Contenido de humedad a numero de golpes

$N$  = N° de golpes

$IP = LL - LP$

LL = Limite líquido

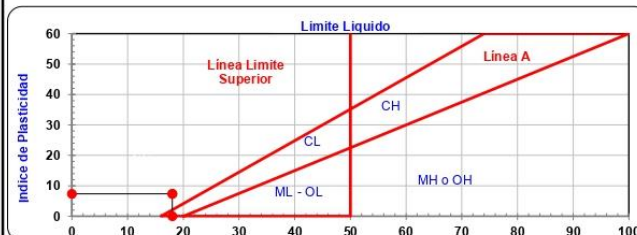
LP = Limite plástico

Ip = Índice de Consistencia

LL = **18.02%**

LP = **10.65%**

IP = **7.37%**



Comentario : Las muestras fueron extraidas por el solicitante y llevadas a laboratorio para su análisis.

FIRMAS AUTORIZADAS

*[Signature]*  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 213943  
PROFESIONAL

*[Signature]*  
Bach. Mitchell O. Cerus Egoavil  
LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES  
TÉCNICO



METODO STANDAR PARA LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

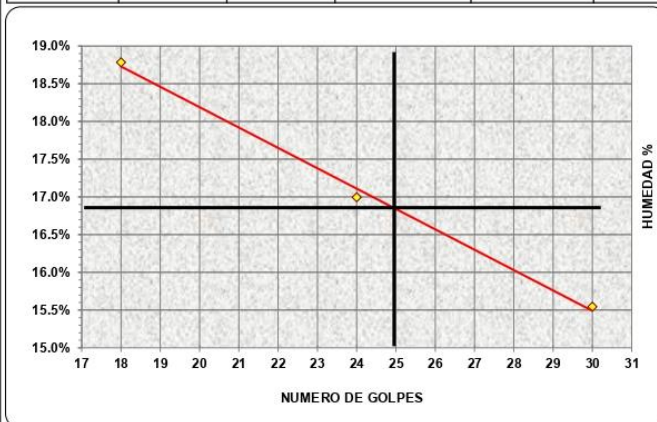
**ENSAYO DE PLASTICIDAD**  
ASTM 4318-84

PROYECTO \*ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024\*

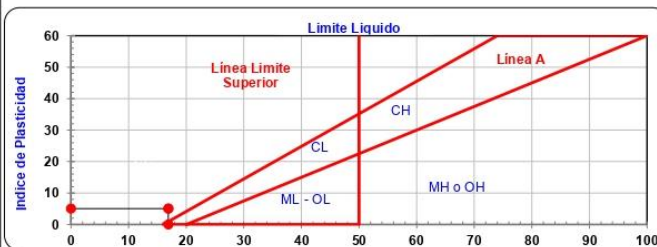
SOLICITA Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
MUESTRA M-8

FECHA AGOSTO DEL 2024.

N° de Golpes	Cápsula N°	Peso de la Cápsula	Peso Cápsula + Suelo Hum.	Peso Cápsula + Suelo Seco	Peso del Agua	Peso del Suelo Seco	Humedad Del Suelo
18	005	22.61	51.76	47.15	4.61	24.54	18.79%
24	016	15.41	61.53	54.83	6.70	39.42	17.00%
30	007	14.67	41.50	37.89	3.61	23.22	15.55%
L.P.	016	8.22	15.74	14.89	0.85	6.67	12.74%
L.P.	011	9.16	16.22	15.51	0.71	6.35	11.18%



LL =  $W_n * (N/25)^{0.121}$   
 Wn = Contenido de humedad a numero de golpes  
 N = N° de golpes  
 IP = LL - LP  
 LL = Limite liquido  
 LP = Limite plastico  
 Ic = Indice de Consistencia  
 LL = **16.89%**  
 LP = **11.85%**  
 IP = **5.04%**



Comentario : Las muestras fueron extraidas por el solicitante y llevadas a laboratorio para su análisis.

FIRMAS AUTORIZADAS

 ANELL AIDA ESPINOZA OLIVARES INGENIERO CIVIL CIP: N° 213943 <b>PROFESIONAL</b>	 Bach. Michel O. Ceras Egoavil LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES <b>TÉCNICO</b>
---	--





METODO STANDAR PARA LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

**ENSAYO DE PLASTICIDAD**  
ASTM 4318-84

PROYECTO "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

SOLICITA Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anelli Aida  
MUESTRA M-9

FECHA AGOSTO DEL 2024

Nº de Golpes	Cápsula Nº	Peso de la Cápsula	Peso Cápsula + Suelo Hum.	Peso Cápsula + Suelo Seco	Peso del Agua	Peso del Suelo Seco	Humedad Del Suelo
19	009	22.61	51.76	47.31	4.45	24.70	18.01%
26	011	15.41	61.53	55.15	6.38	39.74	16.05%
28	010	14.67	41.50	38.09	3.41	23.42	14.56%
L.P.	004	8.22	15.74	15.07	0.67	6.85	9.78%
L.P.	007	9.16	16.22	15.63	0.59	6.47	9.12%



$LL = W_n \cdot (N/25)^{0.121}$

$W_n$  = Contenido de humedad a numero de golpes

$N$  = Nº de golpes

$IP = LL - LP$

LL = Límite líquido

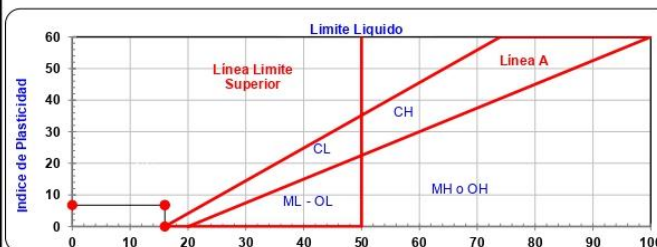
LP = Límite plástico

$I_c$  = Índice de Consistencia

LL = 16.00%

LP = 9.24%

IP = 6.76%



Comentario : Las muestras fueron extraídas por el solicitante y llevadas a laboratorio para su análisis.

FIRMAS AUTORIZADAS

 VARELLA PRINCEZ CONTRAS INGENIERO CIVIL CIP N° 213943 <b>PROFESIONAL</b>	 Bach. Michell O. Ceras Egoavil LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES <b>TÉCNICO</b>
---	--



METODO STANDAR PARA LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

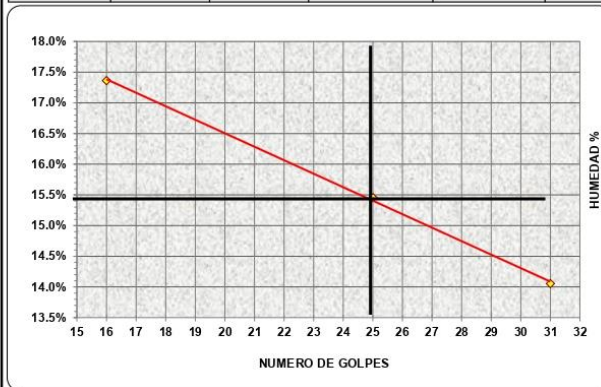
**ENSAYO DE PLASTICIDAD**  
ASTM 4318-84

PROYECTO "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

SOLICITA Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
MUESTRA M-10

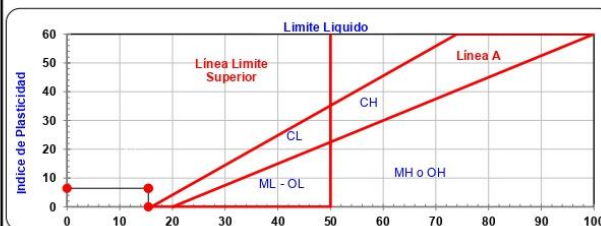
FECHA AGOSTO DEL 2024

Nº de Golpes	Cápsula Nº	Peso de la Cápsula	Peso Cápsula + Suelo Hum.	Peso Cápsula + Suelo Seco	Peso del Agua	Peso del Suelo Seco	Humedad Del Suelo
16	019	22.61	51.81	47.49	4.32	24.88	17.36%
25	021	15.41	61.42	55.26	6.16	39.85	15.46%
31	002	14.67	41.61	38.29	3.32	23.62	14.06%
L.P.	009	8.31	15.74	15.11	0.63	6.80	9.26%
L.P.	001	9.02	16.22	15.67	0.55	6.65	8.27%



LL =  $W_n * (N/25)^{0.121}$   
 Wn = Contenido de humedad a numero de golpes  
 N = Nº de golpes  
 IP = LL - LP  
 LL = Límite líquido  
 LP = Límite plástico  
 Ic = Índice de Consistencia

LL = **15.42%**  
 LP = **8.98%**  
 IP = **6.45%**



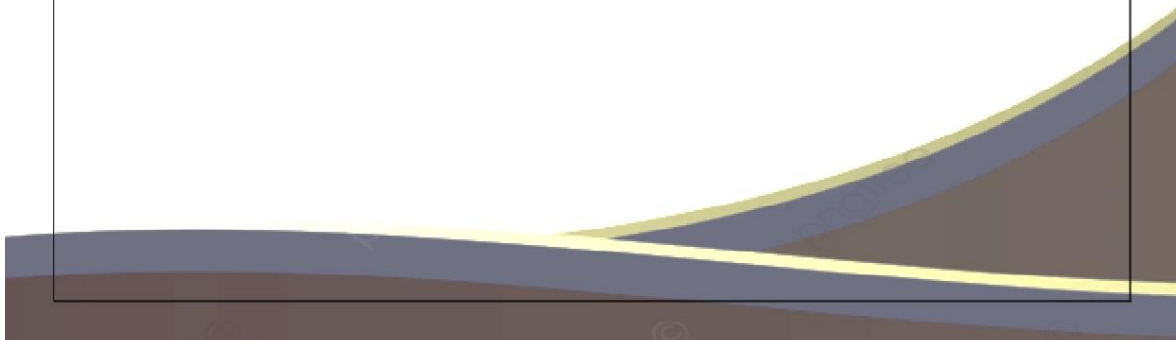
Comentario : Las muestras fueron extraídas por el solicitante y llevadas a laboratorio para su análisis.


FIRMAS AUTORIZADAS

 INGENIERO CIVIL CIP N° 213943 <b>PROFESIONAL</b>	 LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES <b>TÉCNICO</b>
--	--



# MODULO DE RESILIENCIA



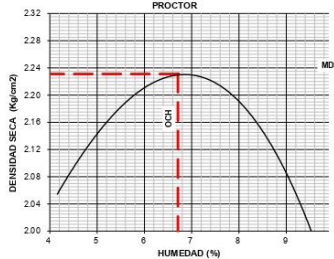


**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ESTUDIOS ESPECIALES**  
**ESTUDIA Y CONSTRUYE** S.A.C.  
 RUC 20600057775  
 DIRECCIÓN: PSE, VIRREY DE LA ASUNCIÓN N° 1008-B  
 CELULAR: ESPECIALISTA #953881031 - GERENTE: #998485828

### MODULO DE RESILIENCIA PSI

---

<p><b>PROYECTO :</b> "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES. IZCUCHACA, 2024"</p> <p><b>SOLICITA :</b> Bach. ESPINOZA OLIVARES, Aneil Aida</p> <p><b>UBICACIÓN :</b> DISTRITO DE IZCUCHACA</p> <p><b>MUESTRA :</b> M-1 RESISTENCIA A LA PENETRACION CBR</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>METODO DE COMPACTACION</td> <td style="text-align: right;">C</td> </tr> <tr> <td>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc.)</td> <td style="text-align: right;">2.231</td> </tr> <tr> <td>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</td> <td style="text-align: right;">6.71</td> </tr> <tr> <td>C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)</td> <td style="text-align: right;"><b>14.25</b></td> </tr> <tr> <td>C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)</td> <td style="text-align: right;">9.73</td> </tr> </table>	METODO DE COMPACTACION	C	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc.)	2.231	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.71	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	<b>14.25</b>	C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	9.73
METODO DE COMPACTACION	C										
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc.)	2.231										
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.71										
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	<b>14.25</b>										
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	9.73										



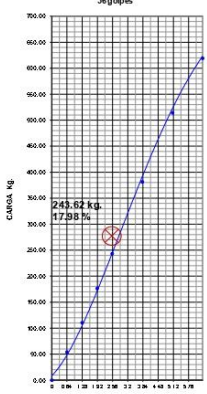
**PROCTOR**



**C.B.R. A 2.5 mm. de penetración**

C.B.R. = 14.25 % M.D.S. = 2.102 grs./cm<sup>3</sup>.

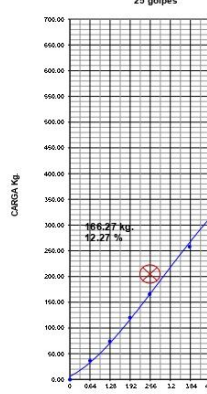
56 golpes



**243.82 kg.**  
17.98 %

C.B.R. = 9.73 % M.D.S. = 1.987 grs./cm<sup>3</sup>.

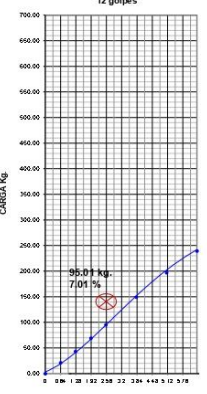
25 golpes



**106.27 kg.**  
12.27 %

C.B.R. = 5.56 % M.D.S. = 1.933 grs./cm<sup>3</sup>.

12 golpes



**95.01 kg.**  
7.01 %

**PENETRACION (m.m.)**


---

**MODULO DE RESILIENCIA PSI :**

**$MR(PSI) = 2555 \times CBR^{0.64}$**


**MR(PSI) = 94.751**

OBSERVACIONES: La extracción, identificación y transporte de materiales a nuestro laboratorio, fueron realizados por el solicitante.




**Dr. Michelle O. Ceras Espinoza**  
LABORANTISTA DE SUELOS Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO



**INGENIERO CIVIL**  
CIP N° 213943

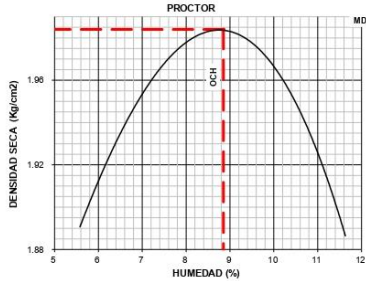
ING. RESPONSABLE



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ESTUDIOS ESPECIALES**  
**ESTUDIA Y CONSTRUYE** S.A.C.  
 RUC 20600057775  
 DIRECCIÓN: PUNTA VIRGEN DE LA ASUNCIÓN #1002  
 CELULAR: ESPECIALISTA: #995888101 - GERENTE: #998465828

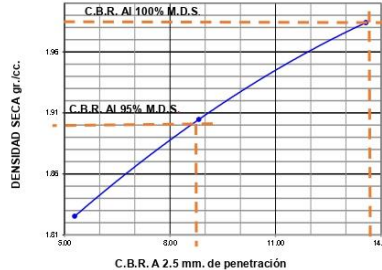
### MODULO DE RESILIENCIA PSI

<p><b>PROYECTO</b> : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"</p> <p><b>SOLICITA</b> : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Aneil Aida</p> <p><b>UBICACIÓN</b> : DISTRITO DE IZCUCHACA</p> <p><b>MUESTRA</b> : M-2 RESISTENCIA A LA PENETRACION CBR</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>METODO DE COMPACTACION</b></td> <td style="text-align: right;">C</td> </tr> <tr> <td>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc.)</td> <td style="text-align: right;">1.984</td> </tr> <tr> <td>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</td> <td style="text-align: right;">8.35</td> </tr> <tr> <td>C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)</td> <td style="text-align: right;"><b>13.57</b></td> </tr> <tr> <td>C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)</td> <td style="text-align: right;">8.82</td> </tr> </table>	<b>METODO DE COMPACTACION</b>	C	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc.)	1.984	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.35	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	<b>13.57</b>	C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	8.82
<b>METODO DE COMPACTACION</b>	C										
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc.)	1.984										
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.35										
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	<b>13.57</b>										
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	8.82										



**PROCTOR**

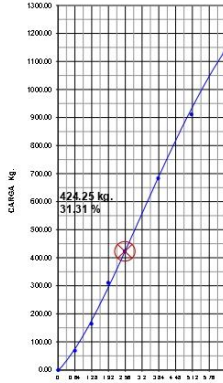
DENSIDAD SECA (Kg/cm<sup>3</sup>) vs HUMEDAD (%)



**C.B.R. A 2.5 mm. de penetración**

DENSIDAD SECA gr./cc. vs C.B.R. A 2.5 mm. de penetración

C.B.R. = 13.57 % M.D.S. = 1.984 grs./cm<sup>3</sup>.




56 golpes

CARGA Kg. vs PENETRACION (m.m.)

421.25 kg.  
21.31 %

C.B.R. = 8.82 % M.D.S. = 1.904 grs./cm<sup>3</sup>.

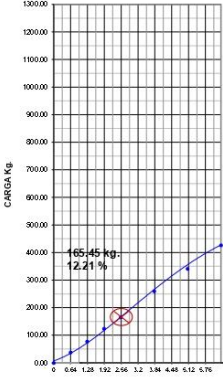


25 golpes

CARGA Kg. vs PENETRACION (m.m.)

275.76 kg.  
20.36 %

C.B.R. = 5.29 % M.D.S. = 1.825 grs./cm<sup>3</sup>.



12 golpes

CARGA Kg. vs PENETRACION (m.m.)


165.45 kg.  
12.21 %

**MODULO DE RESILIENCIA PSI :**

$MR(PSI) = 2555 \times CBR^{0.64}$


**MR(PSI) = 92.485**

OBSERVACIONES: La extracción, identificación y transporte de materiales a nuestro laboratorio, fueron realizados por el solicitante.



Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES


TECNICO DE LABORATORIO



ING. YANESSA PEREZ CONDOR  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 213943

ING. RESPONSABLE





**ESTUDIA Y CONSTRUYE** S.A.C.

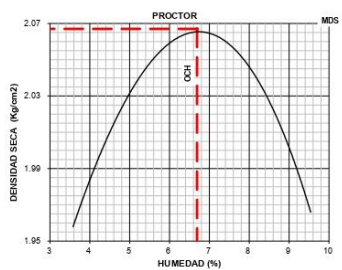
RUC 2060005775  
 DIRECCIÓN: PUNO, VIALTO DE LA AEROPUERTO N° 1004  
 CELULAR: ESPECIALISTA #926888101 - GERENTE: #99846528

### MODULO DE RESILIENCIA PSI

---

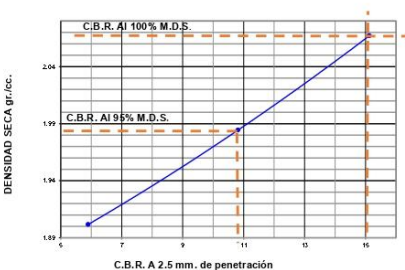
<p><b>PROYECTO</b> : *ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024*</p> <p><b>SOLICITA</b> : Bach. ESPINOZA OLIVARES, Aneil Aida</p> <p><b>UBICACIÓN</b> : DISTRITO DE IZCUCHACA</p> <p><b>MUESTRA</b> : M-3 RESISTENCIA A LA PENETRACION CBR</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>METODO DE COMPACTACION</b></td> <td style="text-align: right;">C</td> </tr> <tr> <td><b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc.)</b></td> <td style="text-align: right;">2.067</td> </tr> <tr> <td><b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b></td> <td style="text-align: right;">6.19</td> </tr> <tr> <td><b>C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)</b></td> <td style="text-align: right;"><b>15.12</b></td> </tr> <tr> <td><b>C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)</b></td> <td style="text-align: right;">10.81</td> </tr> </table>	<b>METODO DE COMPACTACION</b>	C	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc.)</b>	2.067	<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	6.19	<b>C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)</b>	<b>15.12</b>	<b>C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)</b>	10.81
<b>METODO DE COMPACTACION</b>	C										
<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc.)</b>	2.067										
<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	6.19										
<b>C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)</b>	<b>15.12</b>										
<b>C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)</b>	10.81										

---



**PROCTOR**

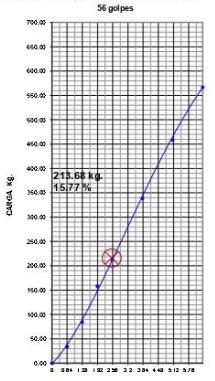
DENSIDAD SECA (kg/cm<sup>3</sup>) vs HUMEDAD (%)



**C.B.R. A 2.5 mm. de penetración**

DENSIDAD SECA gr./cc.

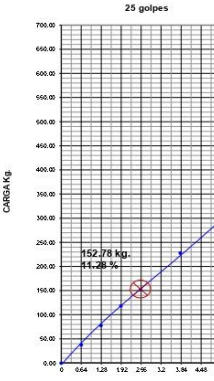
C.B.R. = 15.12 % M.D.S. = 2.067 grs./cm<sup>3</sup>.



56 golpes

218.66 kg.  
15.77%

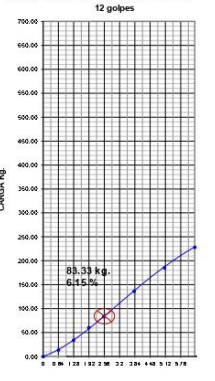
C.B.R. = 10.81 % M.D.S. = 1.984 grs./cm<sup>3</sup>.



25 golpes

152.78 kg.  
14.28%

C.B.R. = 5.90 % M.D.S. = 1.901 grs./cm<sup>3</sup>.



12 golpes

83.33 kg.  
6.15%

**PENETRACION (m.m.)**


---

**MODULO DE RESILIENCIA PSI :**

$MR(PSI) = 2555 \times CBR^{0.64}$


**MR(PSI) = 98.657**

OBSERVACIONES: La extracción, identificación y transporte de materiales a nuestro laboratorio, fueron realizados por el solicitante.




**Bach. Michell O. Ceras Egoavil**  
LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO



**ING. CARLOS FERRAZ CONDOR**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 213943

ING. RESPONSABLE



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ESTUDIOS ESPECIALES**  
**ESTUDIA Y CONSTRUYE S.A.C.**  
 RUC 20600057775  
 DIRECCIÓN: PEJE VERGER DE LA ASIRCIÓN N° 100-B  
 CELULAR: ESPECIALISTA #955888151 - GERENTE: #998485828

### MODULO DE RESILIENCIA PSI

---

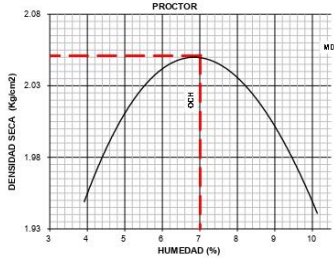
**PROYECTO :** \*ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024\*

**SOLICITA :** Bach ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida

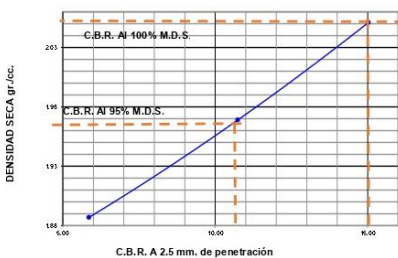
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE IZCUCHACA

**MUESTRA :** M-4 RESISTENCIA A LA PENETRACION CBR

METODO DE COMPACTACION	C
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc.)	2.051
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.01
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	<b>15.02</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	10.74

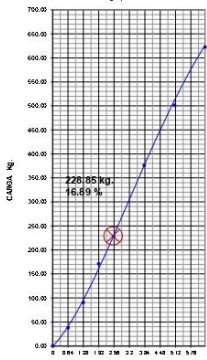


**PROCTOR**



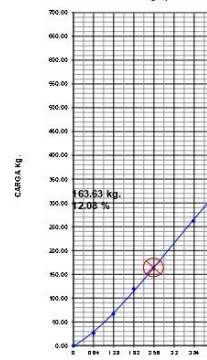
**C.B.R. A 2.5 mm. de penetración**

C.B.R. = 15.02% M.D.S. = 2.051 grs./cm3.



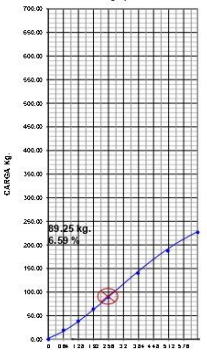
6 golpes

C.B.R. = 10.74 % M.D.S. = 1.968 grs./cm3.



25 golpes

C.B.R. = 5.86% M.D.S. = 1.886 grs./cm3.




12 golpes

**PENETRACION (m.m.)**

**MODULO DE RESILIENCIA PSI :**  $MR(psl) = 2555 \times CBR^{0.64}$


**MR(PSI) = 97.523**

**OBSERVACIONES:** La extracción, identificación y transporte de materiales a nuestro laboratorio, fueron realizados por el solicitante.



**Bach. Michell O. Ceras Egoorvil**  
 LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO



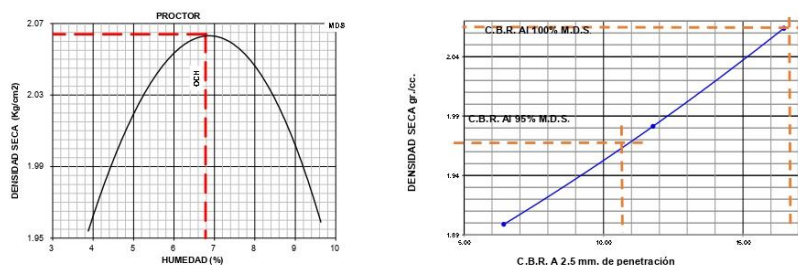
**INGENIERO CIVIL**  
 CIP N° 213943

ING. RESPONSABLE

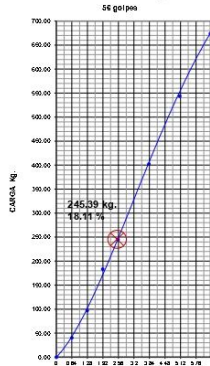


MODULO DE RESILIENCIA PSI

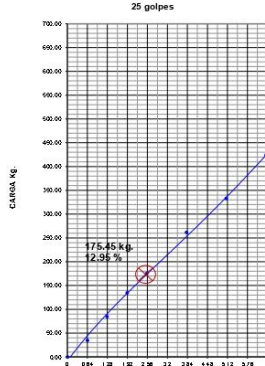
PROYECTO :	*ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024*	METODO DE COMPACTACION	C
SOLICITA :	Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anel Aida	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc.)	2.064
UBICACIÓN :	DISTRITO DE IZCUCHACA	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.78
MUESTRA :	M-5 RESISTENCIA A LA PENETRACION CBR	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	16.47
		C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	11.78



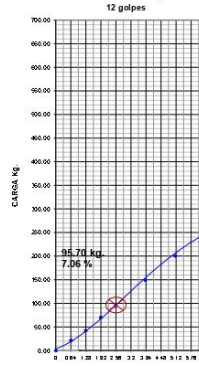
C.B.R. = 16.47 % M.D.S. = 2.064 grs./cm3.



C.B.R. = 11.78 % M.D.S. = 1.981 grs./cm3.



C.B.R. = 6.42 % M.D.S. = 1.898 grs./cm3.



PENETRACION (m.m.)

MODULO DE RESILIENCIA PSI :  $MR(pst) = 2555 \times CBR^{0.64}$

MR(PSI) = 101.874

OBSERVACIONES: La extraccion, identificacion y transporte de materiales a nuestro laboratorio, fueron realizados por el solicitante.

*Bach. Michell O. Ceras Egoavil*  
 LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*ING. RESPONSABLE*  
 ING. RESPONSABLE  
 CIP N° 213943

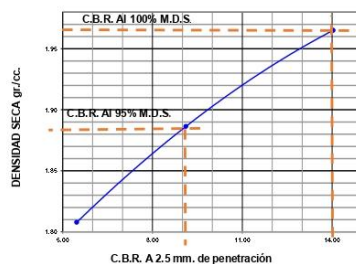
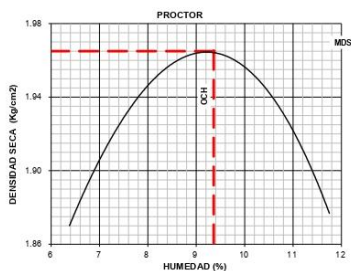
ING. RESPONSABLE



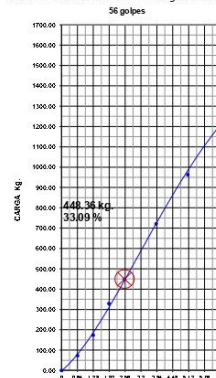


MODULO DE RESILIENCIA PSI

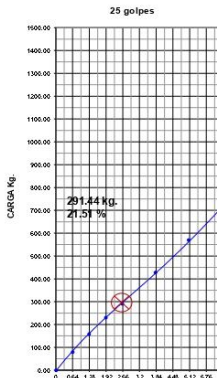
PROYECTO :	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"	METODO DE COMPACTACION	C
SOLICITA :	Bach.ESPIÑOZA OLIVARES, Anell Aida	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc.)	1.965
UBICACIÓN :	DISTRITO DE IZCUCHACA	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.86
MUESTRA :	M-6 RESISTENCIA A LA PENETRACION CBR	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	14.03
		C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	9.12



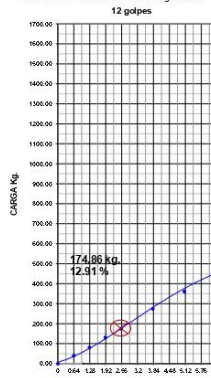
C.B.R. = 14.03 % M.D.S. = 1.965 grs./cm3.



C.B.R. = 9.12 % M.D.S. = 1.886 grs./cm3.



C.B.R. = 5.47 % M.D.S. = 1.807 grs./cm3.



PENETRACION (m.m.)

MODULO DE RESILIENCIA PSI :  $MR(PSI) = 2555 \times CBR^{0.64}$

MR(PSI) = 93,245


OBSERVACIONES: La extracción, identificación y transporte de materiales a nuestro laboratorio, fueron realizados por el solicitante.

*[Signature]*  
Bach. **Michell O. Ceras Egoavil**  
LABORATORISTA DE SUELOS  
Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*[Signature]*  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 213943

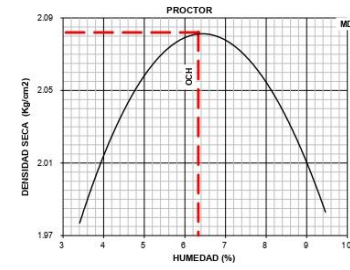
ING. RESPONSABLE



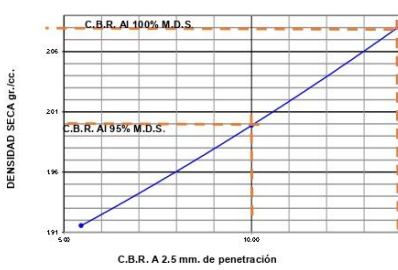
**ESTUDIA Y CONSTRUYE** S.A.C.  
 RUC 20600057775  
 DIRECCIÓN: P.O. BOX 16 DE LA AV. BOCA DE LEON 8  
 CELULAR: ESPECIALISTA #955888151 - GERENTE: #998485828

### MODULO DE RESILIENCIA PSI

<b>PROYECTO :</b>	*ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024*	<b>METODO DE COMPACTACION</b>	C
<b>SOLICITA :</b>	Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anelli Aida	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc.)</b>	2.082
<b>UBICACIÓN :</b>	DISTRITO DE IZCUCHACA	<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	6.33
<b>MUESTRA :</b>	M-7 RESISTENCIA A LA PENETRACION CBR	<b>C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)</b>	<b>13.99</b>
		<b>C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)</b>	10.00

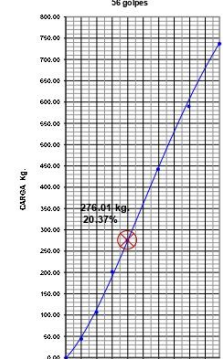


**PROCTOR**

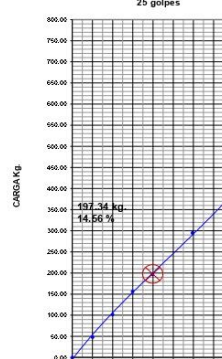


**C.B.R. A 2.5 mm. de penetración**

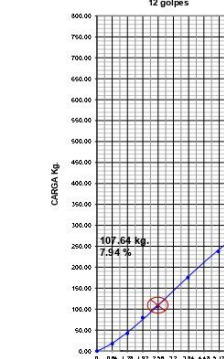
C.B.R. = 13.99 % M.D.S. = 2.082 grs./cm3.  
56 golpes



C.B.R. = 10.00 % M.D.S. = 1.998 grs./cm3.  
25 golpes



C.B.R. = 5.46 % M.D.S. = 1.915 grs./cm3.  
12 golpes




**MODULO DE RESILIENCIA PSI :**

$MR(pst) = 2555 \times CBR^{0.64}$



**MR(PSI) = 92.458**

OBSERVACIONES: La extracción, identificación y transporte de materiales a nuestro laboratorio, fueron realizados por el solicitante.




**Bach. Michell O. Cerus Egoavil**  
LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

**INGENIERO CIVIL**  
CIP N° 213943

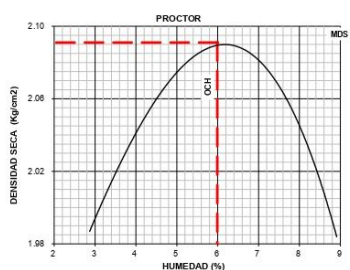
ING. RESPONSABLE



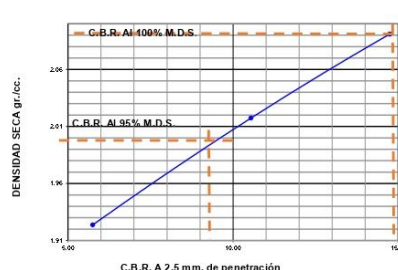
**ESTUDIA Y CONSTRUYE** S.A.C.  
 RUC 20600057775  
 DIRECCIÓN: P.O. BOX 181 LA ANTORCHA N° 9063  
 CELULAR: ESPECIALISTA #955886151 - GERENTE: #998465828

### MODULO DE RESILIENCIA PSI

<p><b>PROYECTO :</b> "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"</p> <p><b>SOLICITA :</b> Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anel Aida</p> <p><b>UBICACIÓN :</b> DISTRITO DE IZCUCHACA</p> <p><b>MUESTRA :</b> M-8 RESISTENCIA A LA PENETRACION CBR</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>METODO DE COMPACTACION</b></td> <td style="text-align: right;">C</td> </tr> <tr> <td><b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc.)</b></td> <td style="text-align: right;">2.091</td> </tr> <tr> <td><b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b></td> <td style="text-align: right;">5.99</td> </tr> <tr> <td><b>C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)</b></td> <td style="text-align: right;"><b>14.75</b></td> </tr> <tr> <td><b>C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)</b></td> <td style="text-align: right;">10.55</td> </tr> </table>	<b>METODO DE COMPACTACION</b>	C	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc.)</b>	2.091	<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	5.99	<b>C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)</b>	<b>14.75</b>	<b>C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)</b>	10.55
<b>METODO DE COMPACTACION</b>	C										
<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc.)</b>	2.091										
<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	5.99										
<b>C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)</b>	<b>14.75</b>										
<b>C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)</b>	10.55										



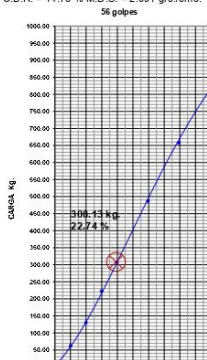
**PROCTOR**



**C.B.R. A 2.5 mm. de penetración**

C.B.R. = 14.75 % M.D.S. = 2.091 grs./cm3.

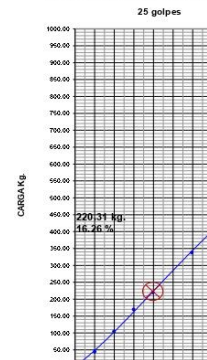
56 golpes



308.43 kg  
22.74 %

C.B.R. = 10.55 % M.D.S. = 2.017 grs./cm3.

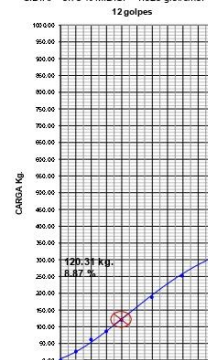
25 golpes



220.31 kg  
16.26 %

C.B.R. = 5.75 % M.D.S. = 1.923 grs./cm3.

12 golpes



120.31 kg  
6.17 %


**PENETRACION (m.m.)**

MODULO DE RESILIENCIA PSI :

$MR(PSI) = 2555 \times CBR^{0.64}$



**MR(PSI) = 94.857**

OBSERVACIONES: La extracción, identificación y transporte de materiales a nuestro laboratorio, fueron realizados por el solicitante.



**Bach. Mitchell O. Cerus Egoavil**  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

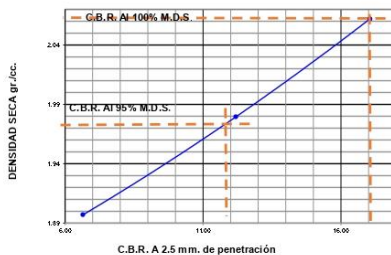
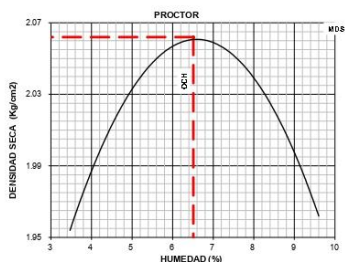
**INGENIERO CIVIL**  
 CIP N° 213943

ING. RESPONSABLE

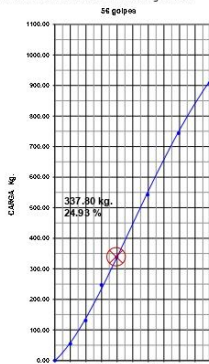


**MODULO DE RESILIENCIA PSI**

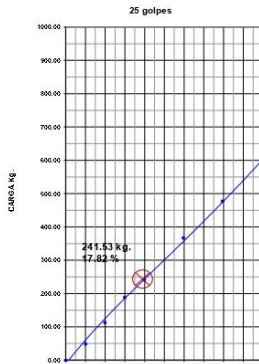
<b>PROYECTO :</b>	*ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024*		
<b>SOLICITA :</b>	Bach. ESPINOZA OLIVARES, Arnel Aida	<b>METODO DE COMPACTACION</b>	C
<b>UBICACIÓN :</b>	DISTRITO DE IZCUCHACA	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc.)</b>	2.062
<b>MUESTRA :</b>	M-9 RESISTENCIA A LA PENETRACION CBR	<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	6.01
		<b>C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)</b>	17.05
		<b>C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)</b>	12.19



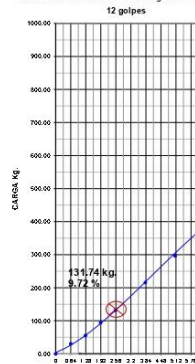
C.B.R. = 24.93% M.D.S. = 2.062 grs./cm3.



C.B.R. = 17.82% M.D.S. = 1.980 grs./cm3.



C.B.R. = 9.72% M.D.S. = 1.897 grs./cm3.



MODULO DE RESILIENCIA PSI :  $MR(PSI) = 2555 \times CBR^{0.64}$

MR(PSI) = 105.724

OBSERVACIONES: La extracción, identificación y transporte de materiales a nuestro laboratorio, fueron realizados por el solicitante.


*Arnel Aida Espinoza Olivares*  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

*Arnel Aida Espinoza Olivares*  
 ING. VALESKA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

ING. RESPONSABLE

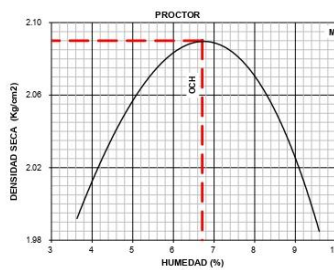




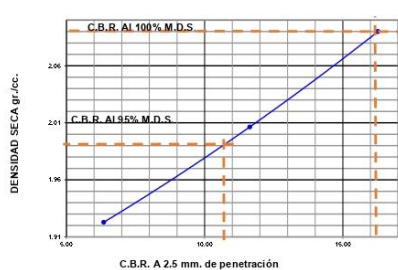
**ESTUDIA Y CONSTRUYE** S.A.C.  
 RUC 20600057775  
 DIRECCIÓN: P.O. BOX VIRGEN DE LA ASUNCIÓN N° 606 S  
 CELULAR: ESPECIALISTA #955886151 - GERENTE: #998465828

### MODULO DE RESILIENCIA PSI

<p><b>PROYECTO :</b> "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZUCHACA, 2024"</p> <p><b>SOLICITA :</b> Bach. ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida</p> <p><b>UBICACIÓN :</b> DISTRITO DE IZUCHACA</p> <p><b>MUESTRA :</b> M-10 RESISTENCIA A LA PENETRACION CBR</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>METODO DE COMPACTACION</b></td> <td style="text-align: right;">C</td> </tr> <tr> <td><b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc.)</b></td> <td style="text-align: right;">2.090</td> </tr> <tr> <td><b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b></td> <td style="text-align: right;">6.71</td> </tr> <tr> <td><b>C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)</b></td> <td style="text-align: right;"><b>16.27</b></td> </tr> <tr> <td><b>C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)</b></td> <td style="text-align: right;">11.63</td> </tr> </table>	<b>METODO DE COMPACTACION</b>	C	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc.)</b>	2.090	<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	6.71	<b>C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)</b>	<b>16.27</b>	<b>C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)</b>	11.63
<b>METODO DE COMPACTACION</b>	C										
<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc.)</b>	2.090										
<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	6.71										
<b>C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)</b>	<b>16.27</b>										
<b>C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)</b>	11.63										

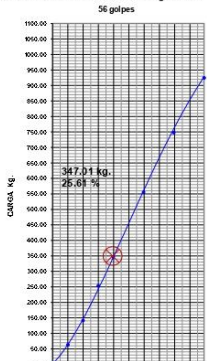


**PROCTOR**



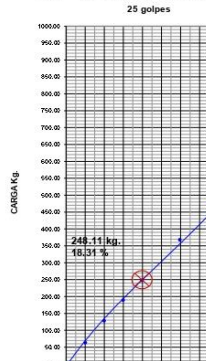
**C.B.R. A 2.5 mm. de penetración**

C.B.R. = 16.27 % M.D.S. = 2.090 grs./cm<sup>3</sup>.



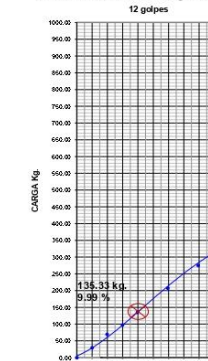
56 golpes

C.B.R. = 11.63 % M.D.S. = 2.006 grs./cm<sup>3</sup>.



25 golpes

C.B.R. = 6.35% M.D.S. = 1.922 grs./cm<sup>3</sup>.



12 golpes


**PENETRACION (m.m.)**

**MODULO DE RESILIENCIA PSI :**

$$MR(PSI) = 2555 \times CBR^{0.64}$$


**MR(PSI) = 102.547**

OBSERVACIONES: La extracción, identificación y transporte de materiales a nuestro laboratorio, fueron realizados por el solicitante.



**Bach. Michell O. Ceras Egoavil**  
 LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO

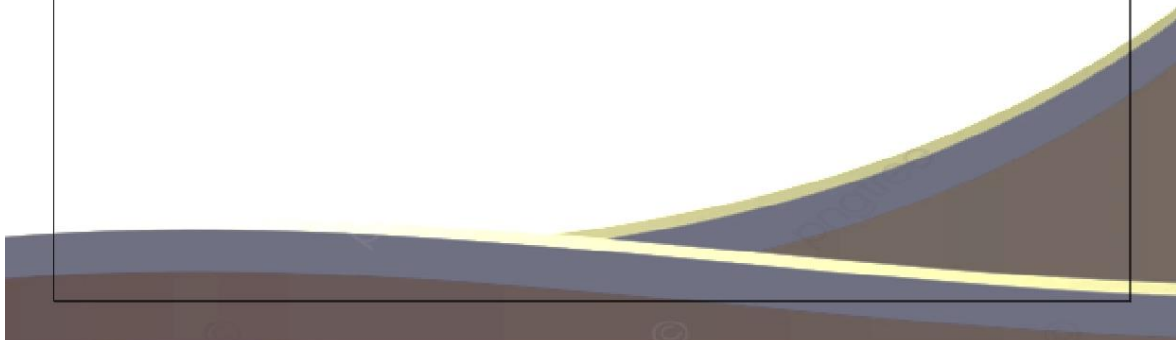


**INGRID VANESSA PEREZ CONZALES**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

ING. RESPONSABLE



# COEFICIENTE DE DRENAJE





SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida

PROYECTO : “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

FECHA : AGOSTO DEL 2024

MUESTRA : M-1

RESULTADO : MUY ALTA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.32			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1	$m_3$ =	1.1	
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

GELY VANESSA PEREZ CONDO  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida

PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

FECHA : AGOSTO DEL 2024

MUESTRA : M-2

RESULTADO : MUY ALTA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.30			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
 GEILY YANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista





SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida

PROYECTO : “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

FECHA : AGOSTO DEL 2024

MUESTRA : M-3

RESULTADO : MUY ALTA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.31			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
  
 GELY YANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida

PROYECTO : “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

FECHA : AGOSTO DEL 2024

MUESTRA : M-5

RESULTADO : MUY ALTA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.30			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1

SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19

  
 VANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida

PROYECTO : “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

FECHA : AGOSTO DEL 2024

MUESTRA : M-6

RESULTADO : MUY ALTA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.34			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
 GEILY VANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida

**PROYECTO :** “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024

**MUESTRA :** M-7

**RESULTADO :** MUY ALTA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.30			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1

SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19

  
  
**GELY VANESSA PEREZ CONDOR**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

**Ingeniero Responsable**

  
**Bach. Michell O. Ceras Egoavil**  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

**Tecnico laboratorista**





SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida

PROYECTO : “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

FECHA : AGOSTO DEL 2024

MUESTRA : M-8

RESULTADO : MUY ALTA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.29			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
 VANESSA PÉREZ CONDON  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida

**PROYECTO :** “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024

**MUESTRA :** M-9

**RESULTADO :** MUY ALTA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.28			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1

SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19

  
  
 GELY VANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

**Ingeniero Responsable**

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

**Tecnico laboratorista**



SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida

PROYECTO : "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

FECHA : AGOSTO DEL 2024

MUESTRA : M-10

RESULTADO : MUY ALTA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.32			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
  
 GELY VANESSA PEREZ CONDAR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-1  
**RESULTADO :** ALTA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.21			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1

SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19

  
  
 GELY VANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

**Ingeniero Responsable**

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

**Tecnico laboratorista**





**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-2  
**RESULTADO :** ALTA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.19			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1

SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19

  
  
 GELY VANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-3  
**RESULTADO :** ALTA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.20			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1

SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19



GELY VANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable



Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
 PROYECTO : REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

FECHA : AGOSTO DEL 2024  
 MUESTRA : M-4  
 RESULTADO : ALTA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.23			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
 VANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
 PROYECTO : REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

FECHA : AGOSTO DEL 2024  
 MUESTRA : M-5  
 RESULTADO : ALTA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.27			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
 GELY VANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista





**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-6  
**RESULTADO :** ALTA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.25			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1

SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19

  
  
 GELY VANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-7  
**RESULTADO :** ALTA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.26			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
 GELY VANESSA PEREZ CONDON  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-8  
**RESULTADO :** ALTA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.13			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1

SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19

  
 GELY VANESSA PEREZ CONDON  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-9  
**RESULTADO :** ALTA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.15			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1

SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19

  
  
 VANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista





**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-10  
**RESULTADO :** ALTA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.28			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1	$m_3$ =	1.1	
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
  
 GEELY VANESSA PÉREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-1  
**RESULTADO :** MEDIA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.05			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
  
 GELY VANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-2  
**RESULTADO :** MEDIA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.10			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1

SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19

  
  
 GELY VANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-3  
**RESULTADO :** MEDIA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.09			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
  
 GELY VANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista





**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-4  
**RESULTADO :** MEDIA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.08			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
 CELI VANESSA PÉREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-5  
**RESULTADO :** MEDIA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.11			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1

SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19

  
  
 GELY VANESSA PEREZ CONFOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-6  
**RESULTADO :** MEDIA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.07			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
 GELY VANESSA PEREZ CONDON  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-7  
**RESULTADO :** MEDIA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.06			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
 GEILY VANESSA PEREZ CONDON  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista





**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-8  
**RESULTADO :** MEDIA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.05			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1	$m_3$ =	1.1	
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
 GELY VANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
 PROYECTO : REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

FECHA : AGOSTO DEL 2024  
 MUESTRA : M-9  
 RESULTADO : MEDIA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.09			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
  
 GELY VANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-10  
**RESULTADO :** MEDIA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.13			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
 GELY VANESSA PEREZ CONFOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-1  
**RESULTADO :** BAJA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	0.95			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_1$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
  
 VANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista





**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-2  
**RESULTADO :** BAJA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.01			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
 VANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
 PROYECTO : REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

FECHA : AGOSTO DEL 2024  
 MUESTRA : M-3  
 RESULTADO : BAJA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	0.97			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
  
 GELY VANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-4  
**RESULTADO :** BAJA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.02			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1

SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19

  
 GEILY VANESSA PEREZ CONDON  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista





**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-5  
**RESULTADO :** BAJA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	0.81			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
  
 GELY VANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
 PROYECTO : REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

FECHA : AGOSTO DEL 2024  
 MUESTRA : M-6  
 RESULTADO : BAJA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	0.93			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
 GELY VANESSA PÉREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michelle O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
 PROYECTO : REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

FECHA : AGOSTO DEL 2024  
 MUESTRA : M-7  
 RESULTADO : BAJA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	0.75			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
 VANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-8  
**RESULTADO :** BAJA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.03			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	



INGRID VANESSA PEREZ CONDOR  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable



Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista





**SOLICITA :** Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
**PROYECTO :** REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

**FECHA :** AGOSTO DEL 2024  
**MUESTRA :** M-9  
**RESULTADO :** BAJA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.00			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_1$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
 GELY VANESSA PEREZ CONDON  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida  
 "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA  
 PROYECTO : REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024"

FECHA : AGOSTO DEL 2024  
 MUESTRA : M-10  
 RESULTADO : BAJA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	0.92			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1
SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9	
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16	
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19	

  
 CELY VANESSA PEREZ CONDON  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



SOLICITA : Bach.ESPINOZA OLIVARES, Anell Aida

PROYECTO : “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA DE SUELOS EN LA REDUCCIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, IZCUCHACA, 2024”

FECHA : AGOSTO DEL 2024

MUESTRA : M-4

RESULTADO : MUY ALTA

COEFICIENTE DE DRENAJE				
Días al año que llueve=	180			
% Días anual=	49%			
Tiempo de evacuación del agua=	1 Día			
Potencial de colapso=	1.32			
Característica del drenaje=	bueno			
Valores de $m_i$				
Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Más de 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40
$m_2$ =	1.1		$m_3$ =	1.1

SN1*=	1.61	D1 [cm]=	9
SN2*=	2.56	D2 [cm]=	16
SN3=	3.46	D3 [cm]=	19

  
  
 GELY VANESSA PEREZ CONDON  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 213943

Ingeniero Responsable

  
 Bach. Michell O. Ceras Egoavil  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

Tecnico laboratorista



**Anexo N°06: Panel Fotográfico**

















