

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA



**INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN
DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA
URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA – TACNA,
2024**

TESIS

Presentada por:

Bach. Wilmer Kenny Perca Laura

ORCID: 0000-0002-2197-7983

Asesor:

Dr. Edgar Vidal Hurtado Chávez

ORCID: 0000-0002-6766-7665

**Para obtener el grado académico de:
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA**

TACNA – PERÚ

2024

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA



**INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN
DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA
URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA – TACNA,
2024**

TESIS

Presentada por:

Bach. Wilmer Kenny Perca Laura

ORCID: 0000-0002-2197-7983

Asesor:

Dr. Edgar Vidal Hurtado Chávez

ORCID: 0000-0002-6766-7665

Para obtener el grado académico de:

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

TACNA – PERÚ

2024

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA**

**TESIS
“INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN
DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA
URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA – TACNA,
2024”**

**Presentada por:
Bach. Wilmer Kenny Perca Laura**

**Tesis sustentada y aprobada el 05 de octubre de 2024; ante el siguiente
jurado examinador:**

PRESIDENTE: Dr. Pedro Valerio Maquera Cruz

SECRETARIO: Dr. Martín Paucara Rojas

VOCAL: Dr. Genner Alvarito Villarreal Castro

ASESOR: Dr. Edgar Vidal Hurtado Chávez

PÁGINA DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo Wilmer Kenny Perca Laura, en calidad de: egresado de la Maestría en INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA de la Escuela de Postgrado de la Universidad Privada de Tacna, identificado (a) con DNI 80186184. Soy autor (a) de la tesis titulada: INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA – TACNA, 2024, con asesor (a): Dr. Edgar Vidal Hurtado Chávez.

DECLARO BAJO JURAMENTO

Ser el único autor del texto entregado para obtener el grado académico de MAESTRO, y que tal texto no ha sido entregado ni total ni particularmente para la obtención de un grado académico en ninguna otra universidad o instituto, ni ha sido publicado anteriormente para cualquier otro fin.

Asimismo, declaro no haber transgredido ninguna norma universitaria con respecto al plagio ni a las leyes establecidas que protegen la propiedad intelectual.

Declaro, que después de la revisión de la tesis con el software turnitin se declara 16% de similitud, además que el archivo entregado en formato PDF corresponde exactamente al texto digital que presento junto al mismo.

Por último, declaro que para la recopilación de datos se ha solicitado la autorización respectiva a la empresa u organización, evidenciándose que la información presentada es real y soy conocedor(a) de las sanciones penales en caso de infringir las leyes de plagio y de falsa declaración, y que firmo la presente con pleno uso de las facultades y asumiendo las responsabilidades de ella deriva.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por sobre los derechos de la obra o intención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con

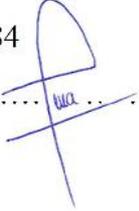
motivos de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro o invento. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Lugar y fecha : Tacna, 05 de octubre del 2024

Nombres y apellidos : Wilmer Kenny Perca Laura

DNI : 80186184

Firma

:.....

DEDICATORIA

A Dios y mi abuelita Celsa por bendecirme y guiarme en todo momento, por permitirme concluir esta etapa de mi vida.

A mis padres Sabino y María, por el apoyo incondicional para cumplir mis metas.

A mis hijos, André y Ariana que son mi inspiración para cumplir este logro.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por los consejos recibidos en el proceso de elaboración de la presente tesis.

A mi familia y amigos, por la inspiración para concretar una etapa y ser un mejor profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PÁGINA DE JURADO.....	iv
PÁGINA DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD.....	v
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I EL PROBLEMA.....	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.2.1. Interrogante principal:	4
1.2.2. Interrogantes específicas:	4
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.4.1. Objetivo general	6
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	7
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.2. BASES TEÓRICAS.....	11
2.2.1. Rocas sedimentarias	11
2.2.2. Tamaño de la partícula de suelos.....	12
2.2.3. Agregados pétreos	13
2.2.4. Sub rasante	13
2.2.5. Caracterización de sub rasante	13
2.2.6. Pavimento afirmado	14
2.2.7. Materiales estabilizados en pavimentos	14
2.2.8. Emulsión asfáltica	14

2.2.9.	Suelo estabilizado con emulsión asfáltica	15
2.3.	DEFINICIÓN DE CONCEPTOS	17
2.3.1.	Análisis mecánico de suelo	17
2.3.2.	Mezclas con emulsión asfáltica	17
2.3.3.	Diseño de mezcla con emulsión asfáltica	17
2.3.4.	Método Marshall modificado Illinois	17
2.3.5.	Ensayo de estabilidad y flujo (ASTM D1559, AASHTO T 245)	18
2.3.6.	Ensayo rice (ASTM D2041)	18
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO		19
3.1.	HIPÓTESIS	19
3.1.1.	Hipótesis general:	19
3.1.2.	Hipótesis específicas:	19
3.2.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	19
3.2.1.	Identificación de variable (s) independiente (s):	19
3.2.2.	Identificación de variable (s) dependiente (s):	20
3.2.3.	Variables intervinientes (opcional)	20
3.3.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	22
3.4.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	22
3.5.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	22
3.6.	ÁMBITO Y TIEMPO SOCIAL DE LA INVESTIGACIÓN	22
3.7.	POBLACIÓN Y MUESTRA	23
3.7.1.	Unidad de estudio	23
3.7.2.	Población	23
3.7.3.	Muestra	23
3.8.	PROCEDIMIENTO, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	23
3.8.1.	Procedimiento	23
3.8.2.	Técnicas	24
3.8.3.	Instrumentos	25
CAPÍTULO VI RESULTADOS		26
4.1.	DESCRIPCIÓN DE TRABAJO DE CAMPO	26
4.1.1.	Descripción del área de estudio	26

4.1.2. Información técnica	29
4.2. DISEÑO DE LA PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	31
4.2.1. Muestreo de suelos	31
4.3. RESULTADOS.....	32
4.3.1. Resultados para el objetivo específico 1	32
4.3.2. Resultados para el objetivo específico 2	34
4.3.3. Resultados para el objetivo específico 3	37
4.4. PRUEBA ESTADÍSTICA	38
4.4.1. Prueba estadística para el objetivo específico 1	38
4.4.2. Prueba estadística para el objetivo específico 2	40
4.4.3. Prueba estadística para el objetivo específico 3	42
4.5. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS	44
4.5.1. Hipótesis general	44
4.5.2. Hipótesis específica 1	45
4.5.3. Hipótesis específica 2	46
4.5.4. Hipótesis específica 3	47
4.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	47
4.6.1. Respecto al objetivo específico 1	47
4.6.2. Respecto al objetivo específico 2	48
4.6.3. Respecto al objetivo específico 3	49

CONCLUSIONES.....	50
RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS	54
APÉNDICE	57
Matriz de Consistencia	57
ANEXOS	59
Anexo 1: Certificado de laboratorio.....	60
Anexo 2: Diseño de mezcla con emulsión.....	91
Anexo 3: Panel fotográfico	101
Anexo 4: Planos y mapas	112
Anexo 5: Ficha técnica de emulsión.....	117
Anexo 6: Certificado de calibración	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Características según sección 301.E.02 Suelos	16
Tabla 2	Variables independientes, dimensiones e indicadores	21
Tabla 3	Variables dependientes, dimensiones e indicadores	21
Tabla 4	Ubicación del área de estudio	28
Tabla 5	Muestreo de calicatas	32
Tabla 6	Ensayo de densidad natural	32
Tabla 7	Caracterización físico mecánica del suelo	33
Tabla 8	Especificaciones según sección 301.E.02 suelos	34
Tabla 9	Caracterización de la emulsión según MTC	35
Tabla 10	Caracterización de la mezcla asfáltica con emulsión	36
Tabla 11	Influencia de la emulsión en la densidad natural.	37
Tabla 12	Influencia de la emulsión en la densidad máxima.	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Esquema de macro localización del área de estudio	27
Figura 2	Esquema de micro localización del área de estudio	27
Figura 3	Vistas de las exploraciones en el área de estudio	28
Figura 4	Vista panorámica del área de estudio	29
Figura 5	Vistas de las exploraciones en el área de estudio	29
Figura 6	Descripción de la categoría de sub rasante	38
Figura 7	Descripción de pasante por el tamiz N.º 200	39
Figura 8	Descripción del índice de plasticidad	39
Figura 9	Descripción de abrasión del agregado grueso	40
Figura 10	Gráfico del porcentaje pasante malla N.º 200	40
Figura 11	Gráfico del residuo asfáltico de emulsión	41
Figura 12	Gráfico de recubrimiento de la mezcla	41
Figura 13	Gráfico de estabilidad Marshall	42
Figura 14	Gráfico de pérdida de estabilidad Marshall	42
Figura 15	Efecto de la emulsión en la densidad seca natural	43
Figura 16	Efecto de la emulsión en la densidad máxima seca	43

RESUMEN

Esta tesis analiza el efecto de la emulsión asfáltica en la estabilización del suelo para la subrasante de pavimentos en la urbanización Sol de Miculla, en el distrito de Pachía, Tacna, en 2024. En las carreteras de bajo tránsito de Pachía, la calidad del suelo presenta un reto importante al no cumplir con los estándares del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para soportar el tráfico vehicular. Por ello, se ha aplicado emulsión asfáltica para tratar estos suelos. El objetivo principal de este estudio es evaluar cómo la emulsión asfáltica influye en la estabilización del suelo para la subrasante, considerando la necesidad de mejorar el pavimento sin afectar los Objetivos de Desarrollo Sostenible. La investigación, con enfoque cuantitativo y diseño experimental, se enfoca en la efectividad de la estabilización con emulsión asfáltica. Los resultados indican que la emulsión ha mejorado significativamente las propiedades físico-mecánicas del suelo, clasificando la subrasante como muy buena (valores de CBR de 17% y 19%). La densidad seca del suelo aumentó un 18.06% y la densidad máxima seca en un 4.64% tras la aplicación. No obstante, el contenido de material fino superó el límite del 10% establecido por el MTC, con valores de 16.1% y 15.3%, y la proporción de emulsión aplicada (7.51%) excedió el rango recomendado del 4% al 6%. A pesar de estas discrepancias, la emulsión asfáltica mejoró la estabilidad del suelo (530.07 kg y 30% de pérdida de estabilidad), cumpliendo en general con las especificaciones del MTC.

Palabras clave: Densidad, emulsión asfáltica, estabilidad, estabilización de suelo, sub rasante.

ABSTRACT

This thesis analyzes the effect of asphalt emulsion on soil stabilization for pavement subgrade in the Sol de Miculla urbanization in the district of Pachía, Tacna, in 2024. In the low-traffic roads of Pachía, the quality of the soil presents a major challenge as it does not meet the standards of the Ministry of Transport and Communications (MTC) to support vehicular traffic. Therefore, asphalt emulsion has been applied to treat these soils. The main objective of this study is to evaluate how asphalt emulsion influences soil stabilization for subgrade, considering the need to improve pavement without affecting the Sustainable Development Goals. The research, with a quantitative approach and experimental design, focuses on the effectiveness of stabilization with asphalt emulsion. The results indicate that the emulsion significantly improved the physical-mechanical properties of the soil, classifying the subgrade as very good (CBR values of 17% and 19%). The dry density of the soil increased by 18.06% and the maximum dry density by 4.64% after application. However, the fine material content exceeded the 10% limit established by the MTC, with values of 16.1% and 15.3%, and the proportion of emulsion applied (7.51%) exceeded the recommended range of 4% to 6%. Despite these discrepancies, the asphalt emulsion improved soil stability (530.07 kg and 30% loss of stability), generally complying with MTC specifications.

Keywords: Density, asphalt emulsion, stability, soil stabilization, subgrade.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el proyecto urbanístico de la urbanización Sol de Miculla, ubicada en el distrito de Pachía, incluye la implementación de vías locales. No obstante, los estudios preliminares han revelado que la sub rasante existente no cumple con las especificaciones técnicas necesarias para ser utilizada en la estructura del pavimento, lo que complica su ejecución desde un punto de vista económico. Para resolver esta situación y aprovechar el material de sub rasante disponible, se propone la estabilización del suelo mediante el uso de emulsión asfáltica.

La estabilización de suelos con emulsión asfáltica se presenta como una opción eficaz para la construcción y mejora de caminos. Este método no solo refuerza la capacidad de soporte del suelo, sino que también incrementa la durabilidad del pavimento. La emulsión asfáltica actúa como un aglutinante que une las partículas del suelo, creando una estructura más firme y resistente a las cargas vehiculares. Por lo tanto, la estabilización con emulsión asfáltica se revela como una solución efectiva y sostenible para elevar la calidad de las vías, especialmente en áreas donde el suelo natural no cumple con los estándares técnicos requeridos (Rondon & Reyes, 2015).

Para el desarrollo de este trabajo de investigación, se ha considerado que el ensayo de CBR (California Bearing Ratio) se aplica principalmente a suelos, ya que está diseñado para medir su capacidad de soporte. Sin embargo, al estabilizar un suelo con emulsión asfáltica, el comportamiento mecánico cambia, y el CBR no refleja adecuadamente las características de la mezcla asfáltica en frío resultante. Por lo tanto, no es posible establecer una correlación directa entre los resultados del CBR del suelo original y el rendimiento de la mezcla estabilizada, lo que hace necesario realizar ensayos específicos adicionales para evaluar la nueva mezcla. En este contexto, se ha optado por correlacionar las densidades de los materiales, lo que proporciona información útil sobre las propiedades físicas y el comportamiento

de la mezcla estabilizada. Este estudio se ha constituido por capítulos de la siguiente manera:

Capítulo I - El Problema: En este capítulo se describe el problema central de la investigación, los objetivos, la justificación y las hipótesis planteadas. Se analiza la calidad del suelo en las carreteras de bajo tránsito del distrito de Pachía y se expone la necesidad de mejorar su capacidad de soporte mediante el uso de emulsión asfáltica.

Capítulo II - Marco Teórico: Se presenta una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre la estabilización de suelos, el uso de emulsiones asfálticas, y los métodos y técnicas aplicadas en investigaciones previas. Se incluyen definiciones clave, teorías y estudios relacionados que fundamentan la investigación.

Capítulo III - Metodología: Este capítulo detalla el diseño experimental, el tipo de investigación adoptado, los procedimientos de muestreo, y las técnicas de análisis utilizadas. Se explica cómo se llevó a cabo la caracterización de las propiedades físico-mecánicas del suelo y la metodología para la aplicación de la emulsión asfáltica.

Capítulo IV - Resultados: Se presentan los resultados obtenidos de los ensayos y pruebas realizados. Incluye tablas, gráficos y análisis estadísticos que muestran el impacto de la emulsión asfáltica en la densidad del suelo. Se destaca el incremento de los valores de densidad seca del material de sub rasante natural.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la implementación de vías locales en el proyecto urbanístico de la urbanización Sol de Miculla, ubicada en el distrito de Pachía, surge un desafío crítico relacionado con la calidad del suelo, que no es adecuada para la conformación de estructuras de pavimento. Por lo tanto, es imperativo tratar estos suelos para estabilizarlos adecuadamente. Se requiere el uso de materiales que mejoren la densidad y la permeabilidad, como materiales asfálticos con aditivos naturales, sin comprometer los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Esta estrategia garantizaría la creación de carreteras más ecológicas, acortaría los tiempos de viaje, reduciría los gastos de mantenimiento y aumentaría la comodidad para los usuarios.

Al respecto Coto (2022), Indica que la subrasante no solo actúa como base para la estructura del pavimento, sino que también ofrece soporte estructural a las capas superiores del sistema de pavimentación. Además, reemplazar el suelo natural de subrasante no siempre es la opción más conveniente. Sobre el tema Divas (2018), indica la inclusión de emulsiones bituminosas contribuye a reducir la plasticidad del suelo en un nivel óptimo, lo que mejora la cohesión entre sus partículas. Esto resulta en un aumento de su resistencia a la compresión y, por lo tanto, en su habilidad para soportar las cargas de los vehículos. En consecuencia, el propósito de estabilizar el suelo es optimizar sus propiedades mecánicas para asegurar que pueda gestionar de manera efectiva las cargas vehiculares.

Asimismo, Gonzáles, (2019), menciona que las mezclas asfálticas en frío, especialmente cuando se utilizan emulsiones asfálticas, ofrecen una solución más sostenible para la pavimentación al reducir el impacto ambiental. A diferencia de las mezclas en caliente, que requieren altas temperaturas para su preparación y aplicación, las emulsiones asfálticas en frío permiten una aplicación a temperaturas mucho menores. Esto no solo disminuye significativamente el consumo de energía, sino que también reduce las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs) y otros contaminantes asociados con el calentamiento del asfalto. Además, el uso de emulsiones asfálticas facilita la incorporación de materiales reciclados, como asfalto recuperado, promoviendo una gestión más eficiente de los recursos y reduciendo el volumen de residuos. Esta técnica también mejora las condiciones laborales al minimizar la exposición a vapores tóxicos, ofreciendo así una alternativa más ecológica y segura para la construcción de pavimentos.

El presente proyecto se aplicará en la vía de acceso a la urbanización Sol de Miculla, ubicada a 20 km de Tacna, en la margen derecha de la carretera hacia Pachía, en el anexo de Calientes, a una altitud de 1400 msnm. Para garantizar la efectividad del proyecto, se implementarán las normas viales nacionales establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Interrogante principal:

¿Cómo influye la emulsión asfáltica en la estabilización de suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía - Tacna, 2024?

1.2.2. Interrogantes específicas:

- ¿Es aplicable la estabilización con emulsión según las propiedades físicas y mecánicas del suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía - Tacna, 2024?
- ¿Cuál sería la relación óptima de la emulsión asfáltica con las propiedades físico-mecánicas del suelo en la estabilización de suelo

para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía - Tacna, 2024?

- ¿Cómo influye la emulsión asfáltica en la densidad de la estabilización de suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía - Tacna, 2024?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente proyecto tiene una justificación social, ya que, al finalizarlo, Los usuarios de la vía podrán desplazarse con mayor seguridad y experimentar una reducción en la duración de sus trayectos; como lo manifiesta también Conde & Palomino (2022), señala que la construcción de una vía de afirmado genera costos elevados, tanto en su conformación como en su mantenimiento. En cambio, este proyecto promueve un flujo continuo. Además, considerando los ODS 09 y 11 (CEPLAN, 2021) la investigación contribuye al desarrollo sostenible y gestión ambiental (19), así como el esperado desarrollo en infraestructura vial (21) que se vincula con lo ansiado de la investigación.

Asimismo, se apoya el uso de tecnología debido a que el enfoque en materiales asfálticos se orienta a aumentar la durabilidad de las carreteras (Instituto Mexicano del Transporte, 2001). Este enfoque es práctico y tiene un respaldo teórico sólido para enfrentar los problemas actuales, facilitando la aplicación de soluciones innovadoras en las áreas rurales de Tacna.

Desde el punto de vista metodológico, el proyecto se basa en la formulación de una solución adecuada conforme a las normativas aplicables en el distrito de Pachía, Tacna. El proceso comienza con la evaluación de las propiedades físico-mecánicas del suelo y cómo interactúa con la emulsión asfáltica, y finaliza con el análisis de su impacto en la transitabilidad de los vehículos. Este enfoque abarca la aplicación de las directrices del manual de carreteras del MTC e incluye la integración de innovaciones en las redes viales rurales de Tacna.

En este sentido, el proyecto se justifica porque contribuye al avance tecnológico e innovador en la resolución de problemas viales en las áreas

circundantes de la ciudad de Tacna, proporcionando acceso a diversas zonas urbano-rurales, como el distrito de Pachía. Esto es especialmente relevante para nuevos asentamientos humanos, como la urbanización Sol de Miculla.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Determinar la influencia de emulsión asfáltica en la estabilización de suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía - Tacna, 2024.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía, Tacna, 2024
- Determinar la relación óptima de la emulsión asfáltica con las propiedades físico-mecánicas del suelo en la estabilización de suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024.
- Determinar la influencia de la emulsión asfáltica en la densidad de la estabilización de suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Zambrano & Tejada (2019), en su artículo “Materiales granulares tratados con emulsión asfáltica para su empleo en bases o subbases de pavimentos flexibles” menciona que el uso de bases y subbases tratadas con conglomerantes hidráulicos o ligantes asfálticos está en ascenso en la construcción de carreteras, gracias a las mejoras significativas en su rendimiento. Estos tratamientos no solo optimizan las propiedades mecánicas de las capas del pavimento, sino que también garantizan una mayor resistencia y durabilidad frente a las cargas del tráfico. La implementación de estos materiales permite un mejor comportamiento del pavimento a lo largo del tiempo, lo que contribuye a la eficiencia y sostenibilidad de las infraestructuras viales. Además, concluye que las pruebas positivas indican que las emulsiones asfálticas catiónicas han incrementado notablemente la resistencia de la mezcla entre suelo y emulsión. Además de las evidentes ventajas técnico-económicas, uso de emulsiones en la práctica constructiva del territorio representa una importante ventaja desde el punto de vista ambiental. El autor llega a la conclusión de que el uso de emulsión asfáltica catiónica ha aumentado considerablemente la resistencia, alcanzando altos niveles en seco. No obstante, tras la inmersión, la resistencia disminuye en torno al 40%. A pesar de esto, con los tres niveles de emulsión empleados en las pruebas, se supera el 50% de resistencia mantenida. Sin embargo, en ninguno de los porcentajes de emulsión utilizados se logra alcanzar el 80% de resistencia en la mezcla, según las pruebas de CBR., es decir, no cumple como material de base, se puede aumentar a la mezcla un filler (cemento o cal) para mejorar la

adhesividad de los áridos con el ligante, lo que aumenta aún más la resistencia (p.12).

Zambrano & Zavala (2019), en su proyecto “Estudio de suelo y estabilización del material granular existente con emulsión asfáltica para el diseño de pavimento flexible, en la vía Libertador Bolívar- Sitio Nuevo de longitud 5 km, del Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena” menciona como objetivo demostrar que la mejora del material granular existente en la vía Libertador Bolívar - Sitio Nuevo es viable utilizarlo como capa base en la estructura del pavimento A través de la incorporación de emulsión asfáltica, se evaluaron las propiedades físico-mecánicas del material granular y se compararon con los estándares especificados en las normativas técnicas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). Consecutivamente, se diseñó una mezcla con diferentes proporciones de emulsión asfáltica. la investigación concluye que, según el análisis granulométrico, el material granular existente en la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo no cumple con los requisitos de gradación establecidos por las Normas del MTO para una base granular. Además, para el proyecto de pavimento flexible con base estabilizada en la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo, la estabilización del material granular con emulsión asfáltica debe cumplir con un parámetro de diseño de estabilidad de 1185 libras por minuto. Se necesitará un contenido de emulsión asfáltica del 5.86% y una cantidad de agua del 7.28% para alcanzar esta especificación (p.199).

Fernandez (2022), en su estudio “Evaluación del efecto de la adición de emulsión asfáltica de rotura lenta CSS y estabilizador químico Megasoil en material granular” refiere que ha evaluado el impacto de la adición de emulsión asfáltica de rotura lenta CSS y el estabilizador químico Megasoil en el comportamiento estructural y la estabilidad de los materiales granulares extraídos de las canteras de Sapallanga, Umuto y Sicaya. Este estudio busca determinar cómo estas adiciones afectan las propiedades físico-mecánicas de los materiales, contribuyendo a mejorar su rendimiento en aplicaciones de construcción vial. Los resultados indican que la combinación de estos aditivos

puede optimizar la resistencia y durabilidad de los materiales granulares, lo que es crucial para el desarrollo de infraestructuras viales más eficientes y sostenibles. Para esta evaluación, se utilizaron materiales granulares provenientes de dichas canteras y se aplicó una combinación de emulsión asfáltica CSS y el estabilizador Megasoil (polímero). Se ha determinado que la incorporación de emulsión asfáltica de rotura lenta CSS y el estabilizador químico Megasoil (polímero) mejora las propiedades del material granular. Sin embargo, se constató que los materiales extraídos de las canteras de Sapallanga, Umuto y Sicaya, utilizados para afirmados, subbases y bases, no cumplen con el índice CBR requerido por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC). A pesar de esto, al aplicar la combinación óptima de estos aditivos, se logra una mayor capacidad portante debido a una mejor cohesión entre las partículas del material granular, lo que contribuye a un mejor desempeño estructural en la construcción de pavimentos. Asimismo, se determinaron los porcentajes óptimos de adición de emulsión asfáltica de 5%, 6% y 6% para los materiales granulares de Sapallanga, Umuto y Sicaya, respectivamente. Los valores de estabilidad en seco obtenidos fueron 686.74 kg, 997.1 kg y 1832.04 kg, mientras que en estabilidad saturada fueron 609.08 kg, 912.2 kg y 1736.04 kg. Al agregar 0.006%, 0.004% y 0.006% de Megasoil a la mezcla óptima, las estabilidades secas aumentaron a 1174.39 kg, 1917.6 kg y 2375.71 kg, y las saturadas a 1105.12 kg, 1821.9 kg y 2275.73 kg. En cuanto a la fluencia, con la adición óptima de emulsión se obtuvieron valores de 3.25, 3.9 y 6.1, que aumentaron a 8.23, 11.3 y 12.13 con la adición de Megasoil. La densidad máxima fue de 2.23 gr/cm³, 2.24 gr/cm³ y 2.45 gr/cm³, mejorando a 2.33 gr/cm³, 2.36 gr/cm³ y 2.56 gr/cm³ con Megasoil. Se demuestra que la adición combinada de emulsión asfáltica y Megasoil mejora significativamente las propiedades del material granular.

Asencios & Izarra (2021), en su investigación “Nivel de mejoramiento de las propiedades mecánicas de la base del pavimento estabilizado con cemento portland y emulsión asfáltica” indica que Se pretende determinar cómo la estabilización con cemento Portland y emulsión asfáltica mejora las

propiedades mecánicas de la base granular en la estructura del pavimento, enfocándose en su aplicación en carreteras de bajo tráfico, de acuerdo a lo revisado en el período 2011 a 2020, en el año 2021. (p.14), se evidencia una clara mejora en las propiedades del CBR, probablemente debido a una correcta dosificación y un buen ensayo Marshall, con poca pérdida de estabilidad en la mezcla. Por otro lado, al estabilizar la base granular con cemento portland, se encontraron mejoras superiores al 100% en todas las investigaciones (p.73).

Galarreta & LLenque (2019), en su investigación “Influencia de la adición de emulsión asfáltica en la estabilidad de los suelos del centro poblado de Villa Hermosa en el distrito de la Esperanza” realizada con la finalidad de mejorar la subrasante, que es la base sobre la que se asienta toda la estructura del pavimento, tanto para caminos pavimentados como no pavimentados, teniendo en cuenta que estos caminos tendrán un bajo volumen de tránsito. Se pretende optimizar las características físico-mecánicas del suelo arenoso en el centro poblado de Villa Hermosa, en el distrito de La Esperanza, mediante la adición de emulsión asfáltica, que es un tipo de derivado del asfalto. Hechas las pesquisas, los ensayos revelaron que el suelo natural de la región es una arena con una graduación deficiente y escaso contenido de limos, según la clasificación SUCS. Presenta una estructura con una granulometría amplia, con el 90% de sus partículas situadas entre los tamices N°100 y N°200, y aunque contiene un 10% de finos, estos no muestran plasticidad (IP=0). Asimismo, se determinó que la proporción óptima de suelo-emulsión es del 6% en peso, lo que mejora significativamente la estabilidad del suelo. El índice de CBR aumentó a 29.30% con una resistencia de 30.771 kgf/cm², en comparación con el suelo natural, que tiene un índice CBR de 3.57% y una resistencia de 3.747 kgf/cm². Esta estabilización con emulsión eleva la categoría del suelo a subrasante muy buena (S4) y reduce la expansión, previniendo fallas por cambios volumétricos debido a la humedad y la presencia de aire en la muestra (p.104).

De la Torre (2018), en su investigación “Evaluación del diseño de pavimentos estabilizados con emulsión asfáltica y cemento Portland para el proyecto de Conservación vial Puno Tacna tramo Tarata - Capazo – Mazocruz”

menciona que con el propósito de llevar a cabo un análisis comparativo técnico-económico, se evaluará el diseño de pavimentos estabilizados con emulsión asfáltica y cemento Portland en los tramos 7 y 8 del proyecto de mejora y conservación vial que conecta los departamentos de Puno y Tacna. Asu vez, concluye que el análisis comparativo técnico-económico muestra que el diseño con suelo estabilizado con emulsión asfáltica es la opción más viable. Esta estabilización reduce la susceptibilidad al agua y mejora la adherencia de las partículas del suelo, aumentando significativamente los coeficientes estructurales en comparación con suelos no tratados. Aunque el uso de emulsiones asfálticas mejora notablemente las propiedades geomecánicas, físicas y químicas del suelo, también incrementa su costo. Por otro lado, la aplicación de cemento Portland o emulsión asfáltica en concentraciones menores al 1% no afecta las propiedades mecánicas y físicas del suelo (p.260).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Rocas sedimentarias

En relación a las rocas sedimentarias Braja, (2015), señala que los depósitos de grava, arena, limo y arcilla, que se forman por la meteorización de rocas anteriores, pueden ser estabilizados mediante procesos de compactación por presión de sobrecarga y cimentados con diversos agentes químicos.. Estos agentes cementantes, como el óxido de hierro, la calcita, la dolomita y el cuarzo, son transportados principalmente en solución por el agua subterránea. A medida que el agua subterránea se mueve a través de estos depósitos, los agentes cementantes se precipitan y llenan los espacios entre las partículas de sedimento, formando así rocas sedimentarias. Las rocas formadas de esta manera se conocen como rocas sedimentarias detríticas. Estas presentan una textura clástica, caracterizada por la presencia de fragmentos de otras rocas o minerales que están unidos por una matriz. La textura clástica de las rocas detríticas refleja la naturaleza de su origen, que implica la acumulación y cementación de partículas previamente erosionadas y transportadas. Ejemplos de rocas detríticas con textura

clástica incluyen la arenisca, la conglomerada y la lutita, cada una formada por diferentes tipos y tamaños de partículas de sedimento (p.21).

2.2.2. Tamaño de la partícula de suelos

El tamaño de las partículas que constituyen el suelo puede variar ampliamente, independientemente de su origen. Braja (2015), plantea que los suelos se clasifican comúnmente en grava, arena, limo o arcilla según el tamaño predominante de sus partículas, para lo cual diversas organizaciones han establecido límites de separación, siendo los más relevantes los desarrollados por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), el Departamento de Agricultura de EE. UU., la Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales del Transporte, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU. y la Oficina de Reclamación de EE. UU., aunque el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USC) es el más ampliamente aceptado en la actualidad, adoptado por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), donde los suelos de grano grueso, que incluyen gravas y arenas, se caracterizan por partículas de mayor tamaño, mientras que los suelos de grano fino, como limos y arcillas, presentan partículas más pequeñas, siendo la clasificación adecuada de los suelos fundamental en la ingeniería civil, ya que influye en el diseño y la construcción de infraestructuras.

Las gravas están formadas por fragmentos de roca, a menudo acompañados de partículas de cuarzo, feldespato y otros minerales. Las arenas están compuestas principalmente de cuarzo y feldespato, aunque también pueden contener granos de otros minerales. Los limos consisten en partículas muy pequeñas de cuarzo y algunos fragmentos laminares de minerales micáceos. Las arcillas están compuestas principalmente por partículas microscópicas y submicroscópicas en forma de láminas, como mica y minerales de arcilla. las arcillas se caracterizan por ser partículas de tamaño inferior a 0.002 mm, aunque a veces también se consideran partículas entre 0.002 y 0.005 mm. La clasificación como arcilla se basa principalmente en el tamaño de las partículas, sin que necesariamente contengan minerales de arcilla (p.28).

2.2.3. Agregados pétreos

En el ámbito de pavimentos, el término técnico “agregados pétreos” hace referencia a un conjunto de partículas inertes que incluyen gravas, arenas, finos y/o fillers, ya sean naturales o triturados. Rondon & Reyes (2015), detalla que estos agregados se emplean en la producción de mezclas asfálticas, concretos hidráulicos y materiales estabilizados, así como en la edificación de capas de terraplén, afirmado, subbase y base granular. En general, en un análisis granulométrico por tamizado, las partículas con diámetros de entre 2 mm y 6.4 cm se clasifican como gravas. Las partículas con diámetros de entre 0.075 mm y 2 mm se consideran arenas, pudiendo ser gruesas o finas, mientras que las partículas con diámetros menores a 0.075 mm se clasifican como arcilla. Si estas últimas no presentan plasticidad al entrar en contacto con el agua (índice de plasticidad, $IP = 0$), se les puede denominar fillers o llenantes minerales (p.38).

2.2.4. Sub rasante

La subrasante actúa como la base directa sobre la cual se asienta la estructura del pavimento y el terraplén es una parte fundamental de la estructura de una carretera, que se construye entre el terreno natural nivelado (explanada) y la estructura del pavimento, y está constituida por suelos seleccionados con características apropiadas, compactados en capas para formar una base firme. Esta capa debe ser capaz de soportar las cargas del tránsito sin deteriorarse, y su capacidad de soporte, junto con las condiciones del tránsito y las propiedades de los materiales en la superficie de rodadura, son factores cruciales en el diseño de la estructura del pavimento que se instalará sobre ella (MTC, 2014).

2.2.5. Caracterización de sub rasante

Para evaluar las características físico-mecánicas de los materiales de la subrasante, se llevan a cabo investigaciones mediante la perforación de pozos exploratorios o calicatas con una profundidad mínima de 1.5 metros. Estas calicatas se colocan a lo largo del ancho de la calzada de manera alternada y a intervalos aproximadamente iguales, y se puede reforzar en

puntos específicos del trazado si es necesario. Los suelos serán considerados adecuados para las capas de subrasante si tienen un CBR de al menos 6%. Si los valores son menores, lo que indica una subrasante inadecuada, se procederá con la estabilización del suelo. Para ello, se analizarán varias opciones según el tipo de suelo, incluyendo estabilización mecánica, sustitución del suelo de cimentación, estabilización química, utilización de geosintéticos, elevación de la rasante o modificación del trazado de la vía, eligiendo la opción que sea más técnica y económica (MTC, 2014).

2.2.6. Pavimento afirmado

Un pavimento afirmado es una superficie de carretera o sendero construida mediante la compactación de materiales naturales o artificiales. Se emplea principalmente en zonas rurales o en caminos de bajo tráfico, donde no se necesita una estructura de pavimento más elaborada. Este tipo de pavimento consta de varias capas: una base, compuesta por materiales como grava, arena o suelo estabilizado, y una capa superior de rodadura, que está hecha de materiales más finos como arena o grava triturada, compactados para ofrecer una superficie uniforme y duradera (MTC, 2013).

2.2.7. Materiales estabilizados en pavimentos

La estabilización de suelos consiste en optimizar las características físicas del suelo utilizando técnicas mecánicas y añadiendo productos químicos, ya sean naturales o sintéticos. Este proceso se aplica comúnmente a suelos de subrasante que son inadecuados o de baja calidad, utilizando métodos como la estabilización con suelo-cemento, suelo-cal, suelo-asfalto y otros productos similares. También se usa para mejorar la calidad de subbases, bases o materiales granulares, en cuyo caso se denomina subbase, base o material granular tratado o estabilizado, ya sea con cemento, cal, asfalto u otros productos químicos. (MEF, 2019)

2.2.8. Emulsión asfáltica

Rondon & Reyes (2015), La emulsión asfáltica se obtiene al añadir agua a un cemento asfáltico. Para que esta mezcla funcione adecuadamente, es esencial el agente emulsificante crea una capa alrededor de las partículas de

asfalto, manteniendo la estabilidad de la emulsión y permitiendo su mezcla homogénea con los agregados pétreos. La selección adecuada del emulsificante dependerá del tipo de emulsión (catiónica o aniónica) y su velocidad de rompimiento deseada (rápida, media o lenta). El emulsificante es fundamental porque proporciona una carga eléctrica a la emulsión, lo que ayuda a estabilizar la mezcla y evita que el cemento asfáltico y el agua se separen. Durante la fabricación de la emulsión asfáltica, se utilizan equipos especializados como molinos coloidales o turbinas para lograr una mezcla homogénea.

El contenido de cemento asfáltico en la emulsión varía típicamente entre el 55% y el 70% en volumen. La emulsión se clasifica según la rapidez con la que el agua se separa de la mezcla, un proceso conocido como rompimiento. La velocidad de rompimiento influye en las propiedades finales de la emulsión y su eficacia en diferentes aplicaciones de pavimentación. A las emulsiones asfálticas se les designa con una letra que indica su tipo: la letra C para las emulsiones catiónicas y la letra A para las aniónicas. Los agregados pétreos calcáreos y calizos tienen una mejor compatibilidad con las emulsiones aniónicas, mientras que los agregados basálticos, graníticos y de origen silíceo se ajustan mejor a las emulsiones catiónicas. La nomenclatura de la emulsión también puede incluir las letras h y m, que indican características específicas del ligante. La letra h se usa para emulsiones con un contenido de cemento asfáltico de 60-70%, mientras que la m señala emulsiones modificadas (p.54).

La combinación de cemento asfáltico con emulsificantes y agua produce una emulsión estable que permite formar capas asfálticas a temperatura ambiente. Este método facilita la aplicación del asfalto sin necesidad de calentar el material, lo que reduce costos y mejora la flexibilidad en la construcción de pavimentos (Maylle & Avila, 2023).

2.2.9. Suelo estabilizado con emulsión asfáltica

La estabilización de suelos con emulsión asfáltica catiónica implica construir capas conforme a las especificaciones técnicas, dimensiones,

alineamientos y secciones del proyecto. Esta emulsión, compuesta de asfalto (60-75%), agua y un agente emulsificante, puede incluir polímeros u otros aditivos según el fabricante. El asfalto fija los agregados, permitiendo la transmisión de cargas a las capas inferiores. El proyecto debe especificar los sitios de aplicación, las proporciones de mezcla y el espesor requerido. (MTC, 2013).

De acuerdo con la Sección 301.E.02 Suelos del Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) de Perú, se especifican las características que el suelo debe cumplir para su utilización en la construcción de suelo-emulsión.

Tabla 1

Características para construcción de suelo-emulsión según sección 301.E.02 Suelos - MTC

Descripción	Esp. del MTC
Suelos para construcción de suelo-emulsión	
Pasante por el tamiz N.º 200	≤ 10 %
Materia orgánica	≤ 1 %
Índice de plasticidad	≤ 9 %
Tamaño máximo del agregado grueso	≤ 1/3 espesor de la capa
Espesor total de la capa	Mínimo 15 cm
Proporción de sulfatos $SO_4^{=}$	≤ 6000 ppm
Desgaste de abrasión del agregado grueso	≤ 50 %
En capas estructurales	
Agregados gruesos pérdidas en sulfato de sodio	≤ 12 %
Agregados finos pérdidas en sulfato de sodio	≤ 10 %
Agregados gruesos pérdidas en sulfato de magnesio	≤ 18 %
Agregados finos pérdidas en sulfato de magnesio	≤ 15 %

Nota. Elaboración con referencia la sección 301.e.02 – MTC

2.3. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS

2.3.1. Análisis mecánico de suelo

Según (Braja, 2015), el análisis mecánico implica determinar la variedad de tamaños de partículas en un suelo, expresada como un porcentaje del peso seco total (o masa). Para encontrar la distribución del tamaño de las partículas del suelo, se emplean generalmente dos métodos: (1) el análisis de tamiz para partículas con un diámetro mayor a 0.075 mm, y (2) el análisis de hidrómetro para partículas más pequeñas que 0.075 mm. Estos métodos se basan en principios fundamentales para clasificar las partículas según su tamaño (p.33).

2.3.2. Mezclas con emulsión asfáltica

Rondon & Reyes (2015), Las mezclas producidas con emulsiones se conocen como mezclas en frío porque, para su fabricación, generalmente se requiere aplicar temperaturas inferiores a 60 °C, dependiendo de la viscosidad del cemento asfáltico. La extensión y compactación de estas mezclas se lleva a cabo a temperatura ambiente (p.55).

2.3.3. Diseño de mezcla con emulsión asfáltica

El diseño de la mezcla tiene como objetivo identificar la cantidad de emulsión que optimizará las propiedades mecánicas del agregado. Para alcanzar este objetivo, es fundamental realizar mezclas de prueba en el laboratorio y analizar factores como la facilidad de manejo, la resistencia a daños por humedad, la estabilidad y la fluidez de la mezcla de suelo con emulsión (Instituto del Asfalto, 2008).

2.3.4. Método Marshall modificado Illinois

El método "Marshall modificado Illinois" se utiliza para el diseño y evaluación de mezclas asfálticas en frío, aplicando criterios de calidad y rendimiento necesarios para pavimentación, y es también empleado para suelos estabilizados (Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC], 2013). Este método incluye varias consideraciones clave sobre todo en la preparación de muestras, los agregados y la emulsión las que se deben mezclar uniformemente en laboratorio y se moldean utilizando moldes

específicos con compactación según los parámetros modificados del método Marshall. Los ensayos de laboratorio que se realizan son la estabilidad Marshall para medir la resistencia de la mezcla a la deformación bajo carga, el flujo para determinar la deformación plástica bajo carga, la densidad y peso volumétrico para calcular las características físicas de las probetas, y el contenido de vacíos para evaluar la durabilidad y resistencia al agua de la mezcla (MTC, 2013).

2.3.5. Ensayo de estabilidad y flujo (ASTM D1559, AASHTO T 245)

Cuando los agregados se estabilizan con emulsión asfáltica, es fundamental llevar a cabo pruebas de estabilidad y fluidez para evaluar cómo la mezcla mejora las propiedades mecánicas del agregado. Estas pruebas permiten medir la capacidad del agregado para resistir deformaciones bajo carga. En particular, la prueba de estabilidad determina la carga máxima que la muestra puede soportar antes de fallar, mientras que la prueba de fluidez mide la deformación máxima que ocurre bajo carga. (Maylle & Avila, 2023).

2.3.6. Ensayo rice (ASTM D2041)

El ensayo Rice, tal como lo detallan Rondon & Reyes (2015) y conforme a las regulaciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), se emplea para calcular la densidad máxima teórica de las mezclas asfálticas. Este ensayo es esencial tanto para el diseño como para el control de calidad en la construcción de pavimentos, ya que ofrece una medida clave de la densidad máxima teórica, garantizando así la durabilidad y el rendimiento óptimo de los pavimentos.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. HIPÓTESIS

3.1.1. Hipótesis general:

La emulsión asfáltica influye positivamente en la estabilización de suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024.

3.1.2. Hipótesis específicas:

- La estabilización con emulsión asfáltica es aplicable según las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la subrasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024.
- La emulsión asfáltica permite una relación porcentual óptima con las propiedades físico mecánicas del suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024.
- La emulsión asfáltica influye directamente en la densidad en la estabilización de suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024.

3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.2.1. Identificación de variable (s) independiente (s):

Emulsión asfáltica

3.2.1.1. Dimensiones

- Contenido óptimo de emulsión
- Asfalto residual
- Estabilidad Marshall

3.2.1.2. Indicadores

- Porcentaje óptimo de emulsión (%)

- Porcentaje óptimo de residuo asfáltico (%)
- Estabilidad (kN)

3.2.1.3. Escala para la medición de la variable

- Porcentaje (%).
- Porcentaje (%).
- kiloNewtons (kN)

3.2.2. Identificación de variable (s) dependiente (s):

Estabilización de suelo

3.2.2.1. Dimensiones

- Propiedades físicas del suelo
- Propiedades mecánicas del suelo

3.2.2.2. Indicadores

- Granulometría
- Pasante por el tamiz N° 200
- Índice de plasticidad
- Densidad máxima seca
- Índice de Capacidad de Carga California (CBR)
- Desgaste de abrasión del agregado grueso
- Agregados gruesos pérdida en sulfato de magnesio
- Agregados finos pérdida en sulfato de magnesio

3.2.2.3. Escala de medición de la variable

- Tamaño máximo (TM)
- Porcentaje (%).
- Porcentaje (%).
- Densidad (kg/cm³)
- Porcentaje (%).
- Porcentaje (%).
- Porcentaje (%).
- Porcentaje (%).

3.2.3. Variables intervinientes (opcional)

No se tiene.

Tabla 2*Variables independientes, dimensiones e indicadores*

Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida	Escala de Medida	Tipo de variable	
Variable independiente	Contenido óptimo de emulsión	Porcentaje óptimo de emulsión	%	$3 < \% < 10$	Continua	
	Emulsión asfáltica	Contenido de residuo asfáltico	Porcentaje óptimo de residuo asfáltico	%	$2 < \% < 7$	Continua
		Estabilidad Marshall	Estabilidad	kg	≥ 230	Continua

Tabla 3*Variables dependientes, dimensiones e indicadores*

Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida	Escala de Medida	Tipo de variable	
Variable dependiente	Propiedades físicas	Granulometría	mm	SUCS	Discreta	
		Pasante por el tamiz N.º 200	%	$0 < \% < 10$	Continua	
	Propiedades mecánicas	Índice de plasticidad	%	$0 < \% < 9$	Discreta	
		Densidad máxima seca	kg/cm ³	Decimal	Continua	
		Índice de Capacidad de Carga (CBR)	%	$0 < \% < 100$	Discreta	
	Estabilización de suelos	Propiedades mecánicas	Desgaste de abrasión del agregado grueso	%	$0 < \% < 50$	Discreta
			Agregados gruesos pérdidas en sulfato de magnesio	%	$0 < \% < 18$	Discreta
			Agregados finos pérdidas en sulfato de magnesio	%	$0 < \% < 15$	Discreta

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo básica, siguiendo la definición de Baena (2017), quien describe la investigación básica o pura como aquella que "desarrolla la disciplina en términos abstractos y con principios generales" (p. 25). Este enfoque se centra en crear nuevos conocimientos o refinar los principios teóricos existentes, contribuyendo al avance del conocimiento científico.

El método de investigación elegido es de carácter cuantitativo. Según Baena (2017), este enfoque se centra en la recolección de datos para validar hipótesis, con el objetivo de "describir los hechos tal como son y explicar las causas de los fenómenos" (p. 51). Las hipótesis se derivan de problemas concretos.

3.4. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de nivel explicativo. Como señala Arias (2012), "La investigación explicativa se dedica a descubrir las razones detrás de los eventos identificando relaciones causales" (p. 26). Este tipo de investigación se enfoca en encontrar las causas subyacentes de los fenómenos mediante el análisis de conexiones causa-efecto.

3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación adopta un diseño experimental. De acuerdo con Baena (2017), "El método experimental es un enfoque científico que permite determinar relaciones empíricas entre variables o comprobar la validez de una hipótesis, ley o modelo a través de la realización de experimentos controlados" (p.55).

3.6. ÁMBITO Y TIEMPO SOCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

El ámbito de estudio se centrará en la subrasante del pavimento de acceso, que es la capa que sirve de soporte para la estructura del pavimento. Esta subrasante se construye entre el terreno natural nivelado y el pavimento, y su calidad es crucial para garantizar la estabilidad y durabilidad de la carretera en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024.

En cuanto al tiempo social, la investigación se realizó en el periodo marzo – julio del 2024.

3.7. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.7.1. Unidad de estudio

Según Baena (2017), la precisión en la selección y preparación de la unidad de muestra es fundamental para garantizar la fiabilidad y utilidad de los datos obtenidos. En este tema de investigación es la sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna.

3.7.2. Población

En la investigación, la "población" hace referencia al grupo entero de individuos, elementos o unidades que tienen una característica común y de los cuales se desea recolectar datos. Para este caso corresponde a un área de 250 metros cuadrados de sub rasante del pavimento.

3.7.3. Muestra

La muestra es un grupo seleccionado de la población general destinado a llevar a cabo un estudio. Debe ser representativa de la población para que los resultados sean extrapolables a esta. En este caso, la selección se realiza de manera no probabilística por conveniencia, abarcando 3 m² del área de subrasante, con la recolección de muestras de suelo y 15 probetas de prueba de suelo-emulsión.

3.8. PROCEDIMIENTO, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.8.1. Procedimiento

Para evaluar y estabilizar el suelo de una urbanización, se obtienen muestras representativas mediante perforaciones en varios puntos y profundidades, evaluando las propiedades del suelo antes y después de la estabilización con emulsión. Se determina la granulometría y el contenido fino (tamiz N.º 200), y se miden la densidad máxima seca, índice de plasticidad, desgaste por abrasión y CBR (California Bearing Ratio) del suelo. El suelo se mezcla con emulsión asfáltica siguiendo un protocolo específico para asegurar la

correcta estabilización, aplicando y mezclando uniformemente el producto, seguido de compactación. Se realizan pruebas para verificar la eficacia de la estabilización, incluyendo el método Marshall para evaluar la estabilidad y densidad. Finalmente, se comparan los datos previos y posteriores a la aplicación de la emulsión para evaluar su impacto en la estabilización del suelo, realizando un análisis comparativo y estadístico de las pruebas realizadas.

3.8.2. Técnicas

Muestreo del suelo:

Obtención de muestras representativas del suelo mediante perforaciones en varios puntos y profundidades de la urbanización.

Análisis del suelo:

Evaluación de las propiedades del suelo antes y después de la estabilización con emulsión.

Métodos:

Propiedades físicas: Determinación de la granulometría y el contenido fino (tamiz N.º 200).

Propiedades mecánicas: Medición de la densidad máxima seca, índice de plasticidad, desgaste por abrasión y CBR (California Bearing Ratio) del suelo.

Aplicación de emulsión asfáltica:

Mezcla del suelo con emulsión asfáltica siguiendo un protocolo específico para asegurar la correcta estabilización. Asimismo, Aplicación y mezcla uniforme del producto, seguido de compactación.

Evaluación de la estabilidad:

Pruebas para verificar la eficacia de la estabilización. Mediante, Pruebas del método Marshall: Evaluación de la estabilidad y densidad

Análisis de resultados:

Comparación de los datos previos y posteriores a la aplicación de la emulsión para evaluar su impacto en la estabilización del suelo. Realizando el Análisis comparativo y estadístico de las pruebas realizadas.

3.8.3. Instrumentos**Equipo de muestreo del suelo:**

Bolsas de Muestreo: Para recolectar muestras de suelo de manera intacta y representativa.

Instrumentos de análisis físico:

Tamices y Equipo de Tamizado: Para realizar la granulometría y determinar el porcentaje de material pasante por diferentes tamices.

Tamiz N.º 200: Para medir el contenido de partículas finas que pasan a través de un tamiz específico.

Equipos de análisis mecánico:

Compactadora de Suelo: Para realizar pruebas de densidad máxima seca mediante el método de compactación.

Aparato de Desgaste por Abrasión (Máquina Los Ángeles): Para medir la resistencia al desgaste de los agregados gruesos.

Celdas de CBR: Para determinar el California Bearing Ratio del suelo.

Equipo para diseño de mezcla con emulsión asfáltica:

Horno, pedestal de compactación Marshall y moldes Marshall: Para aplicar y compactar los moldes de suelo con emulsión asfáltica. Además, equipo Marshall: Para la determinación de la estabilidad.

Instrumentos de monitoreo:

Registro de datos: Libreta de apuntes, dispositivos móviles para anotar observaciones y resultados.

CAPÍTULO VI RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DE TRABAJO DE CAMPO

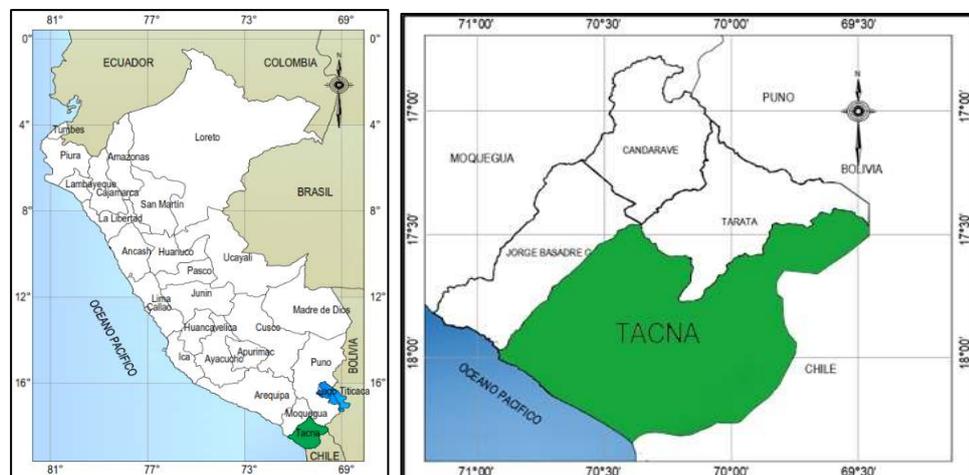
Este estudio se enfoca en analizar las condiciones subyacentes del terreno para asegurar la viabilidad y seguridad de futuras construcciones y accesos viales en la zona de la urbanización Sol de Miculla.

El trabajo de campo se lleva a cabo con el propósito de examinar las condiciones geológicas y geotécnicas de la subrasante en el área de estudio, de acuerdo con los lineamientos de la Norma E.050 para la realización de Estudios de Mecánica de Suelos (EMS). Este análisis está orientado a los requisitos viales del proyecto de urbanización Sol de Miculla, ubicado en el distrito de Pachía, y constituye una parte esencial del desarrollo de esta tesis.

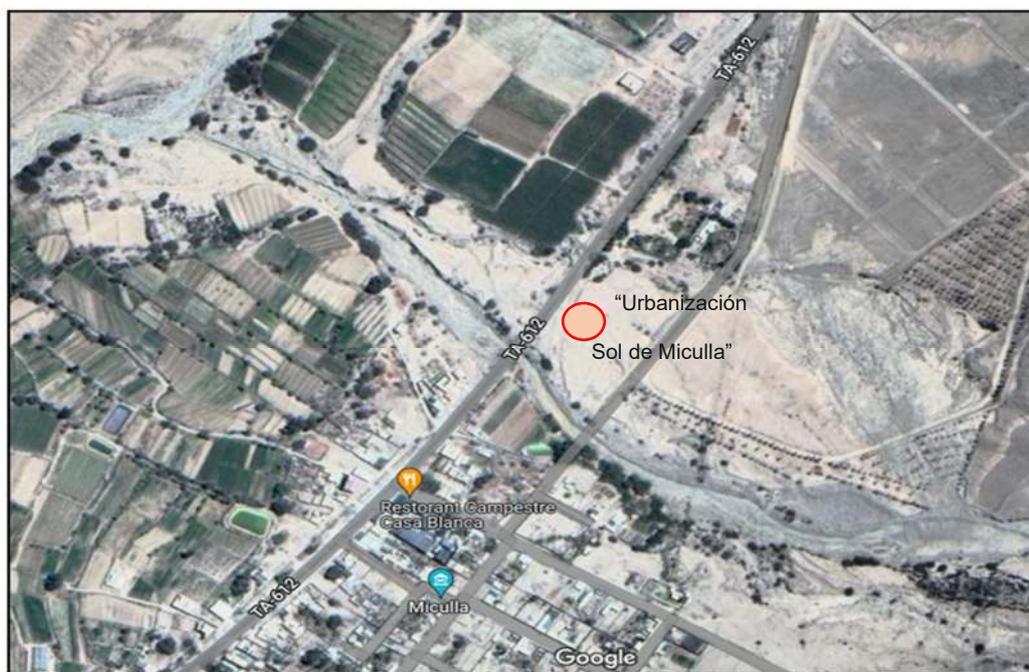
4.1.1. Descripción del área de estudio

El área de estudio está situada en la urbanización Sol de Miculla, en el distrito de Pachía, dentro de la provincia y región de Tacna. Concretamente, se encuentra a unos 15 kilómetros al noreste de la ciudad de Tacna y aproximadamente a 5 kilómetros del centro del distrito de Pachía, a lo largo de la carretera que conecta Tacna con Calana.

El acceso a la urbanización Sol de Miculla se realiza a través de la carretera que conecta Pachía con Calana, una vía fundamental para el desarrollo de la infraestructura local. La cercanía del puente de Miculla al cruce de caminos en el distrito de Pachía lo convierte en un punto estratégico clave para la integración de diferentes áreas del distrito, facilitando así el flujo de transporte y comercio en la región.

Figura 1*Esquema de macro localización del área de estudio*

Nota. Ubicación Departamental (izquierda), Ubicación Provincial (derecha)

Figura 2*Esquema de micro localización del área de estudio*

Nota. Ubicación del área de estudio. Extraído de Google Earth, 2024

Tabla 4*Ubicación del área de estudio*

Datos	Descripción
Región	Tacna
Provincia	Tacna
Distrito	Pachia
Área de estudio	Urbanización Sol de Miculla

Nota. Datos de la ubicación de área de estudio Elaboración propia, 2024.

4.2.1. Ubicación y muestreo de calicatas

Estas calicatas fueron ubicadas convenientemente a una distancia y profundidad correspondiente, que nos proporciona información confiable del suelo del área de investigación.

Figura 3

Vistas de las exploraciones en el área de estudio



Nota. Ubicación de calicatas. Extraído de Google Earth, 2024

De la inspección visual en las exploraciones de campo se determinó la existencia de un estrato por lo que se consideró solo una muestra por

exploración. Asimismo, se denominó como M-01 a la muestra obtenida en la calicata C-01 y M-02 a la muestra obtenida en la calicata C-02.

Figura 4

Vista panorámica del área de estudio



Nota. Se observa la vista panorámica del área de estudio.

Figura 5

Vistas de las exploraciones en el área de estudio



Nota. Se observa las vistas de las exploraciones realizadas.

4.1.2. Información técnica

Se tiene la siguiente información técnica:

- **Geología del cuadrángulo de Pachía (Hoja 36-v)**

Como base para el estudio, se ha utilizado el proyecto de levantamiento del mapa geológico del Perú a escala 1:100,000, elaborado por la Comisión de la Carta Geológica Nacional en el sur del país. En particular, se ha considerado el cuadrángulo de Pachía, ubicado en el flanco occidental de los Andes en el departamento de Tacna, que proporciona un detallado mapeo de las principales unidades geológicas en el área de trabajo. (Acosta, H., Alván, A., Mamani, M., Oviedo, 2011)

En el estudio de la Comisión Carta Geológica Nacional, por su carácter regional, se exponen las diferentes formaciones geológicas que hay en el área de estudio, y que luego de las verificaciones realizadas en campo, han servido de base para elaborar una interpretación litoestratigráfica y geomorfológica aplicada a los propósitos de la ingeniería para el desarrollo del estudio requerido.

Geomorfología regional

La región exhibe una variedad de formas topográficas. En el sector nororiental, se encuentran conos volcánicos que alcanzan hasta 5,500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), mientras que en el extremo suroccidental, la topografía es más moderada, con altitudes que oscilan entre 500 y 1,000 metros (Acosta, H., Alván, A., Mamani, M., Oviedo, 2011).

Geomorfología local

Los rasgos geomorfológicos más destacados del área de estudio son el resultado de la erosión de los principales ríos, que ha dado lugar a la formación de valles y terrazas.

Las planicies costaneras se extienden en una franja alargada en dirección NO-SE, con un ancho medio de 55 km y altitudes que van de 40 a 1,100 metros sobre el nivel del mar. La pendiente regional varía entre 0.5% y 1%. Al norte, están limitadas por la ladera oeste de la Cordillera Occidental y la falla Calientes. Su relieve ondulado es resultado de la erosión de quebradas en terrenos del Mioceno y depósitos del Plioceno-Cuaternario. Esta unidad geomorfológica es ideal para el desarrollo de asentamientos importantes

como la ciudad de Tacna y los poblados de Pachía y Calientes en la quebrada del río Caplina.

Geología regional

La relación estratigráfica entre la parte superior y la Formación Socosani del Jurásico medio es concordante. De manera similar, cerca de la región de Calientes, en los cerros Tocuco y San Francisco, la Formación Chocolate superior se encuentra en contacto concordante con las calizas de la Formación Socosani. No obstante, en algunas áreas cercanas, el contacto presenta erosión y se observa la presencia de conglomerados (Acosta, H., Alván, A., Mamani, M., Oviedo, 2011).

Geología local

Desde el punto de vista litológico, las áreas de estudio presentan conglomerados que constituyen un manto delgado y discontinuo sobre las terrazas y depósitos de piedemonte. Estos conglomerados se extienden hasta el extremo suroeste del cuadrángulo de Pachía y se encuentran en los tramos inferiores de los ríos Caplina, Palca y Uchusuma. En la sección media del valle del Caplina, los conglomerados se disponen en estrechas franjas a lo largo del valle.

4.2. DISEÑO DE LA PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.2.1. Muestreo de suelos

El muestreo y análisis de suelos y rocas se efectuaron siguiendo procedimientos estándar para asegurar una evaluación precisa de sus condiciones y propiedades. Se realizaron dos calicatas en el área de estudio, se codificaron las muestras y se registraron sus coordenadas con un GPS Garmin GPSMAP 64s para garantizar una localización exacta. Estas actividades se llevaron a cabo de acuerdo con el "Manual de Ensayo de Materiales", un documento normativo del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial (D.S. N° 034-2008-MTC), que establece las normas obligatorias para el ensayo de materiales en la gestión vial.

Tabla 5*Muestreo de calicatas*

Datos de las muestras						
Descripción		Tipo	Profundidad	Coordenadas		Muestra
Calicata	C-01	A cielo Abierto	0,00 m a 1,50 m	8023460	380421	M-01
Calicata	C-02	A cielo Abierto	0,00 m a 1,50 m	8023519	380426	M-02

Nota. Datos de las muestras extraídas en las exploraciones.

4.2.2. Ensayo estándar para densidad in situ de suelo

El método estándar para medir la densidad in situ de suelos y mezclas de suelo y roca mediante técnicas nucleares se basa en la atenuación de radiación gamma para determinar la densidad total o húmeda. Este proceso está descrito en el documento MTC E 124: *Densidad en el Sitio – Método Nuclear a Profundidad Reducida*, que establece el procedimiento para la medición de densidad in situ utilizando técnicas nucleares.

Tabla 6*Ensayo de densidad natural*

Densidad in situ de suelo						
Descripción		Profundidad	Coordenadas		Estrato	Densidad (gr/cm ³)
Calicata	C-01	0,00 m a 1,50 m	8023473	380421	E - 01	1,801
Calicata	C-02	0,00 m a 150 m	8023525	380429	E - 01	1,874

Nota. Datos de las exploraciones realizadas.

4.3. RESULTADOS

4.3.1. Resultados para el objetivo específico 1

Tanto las propiedades físicas como las mecánicas son cruciales para comprender cómo se comportan los materiales en diferentes contextos y para diseñar productos que satisfagan los estándares de rendimiento y durabilidad. A continuación, se detalla las características físicas y mecánicas de las calicatas

C-01 y C-02, considerando el requerimiento de información para la caracterización físico mecánica.

Tabla 7

Caracterización físico mecánica del suelo

Parámetros del suelo de sub rasante del EMS		
Calicata	C-01	C-02
Muestra	M-01	M-02
Profundidad	0,00 a 1,50 m.	0,00 a 1,50 m.
Densidad natural	1.801 gr/cm ³	1.874 gr/cm ³
Contenido de humedad	1.2 %	1.4%
Limite liquido	22	20
Limite plástico	20	19
Índice de plasticidad	2	1
Clasificación SUCS	GM (Grava limosa)	GM (Grava limosas)
Clasificación AASHTO	A-1-b (0)	A-1-a (0)
Densidad mínima	1.769 gr/cm ³	1.817 gr/cm ³
Densidad máxima	2.158 gr/cm ³	2.178 gr/cm ³
Abrasión	18 %	20 %
CBR	17 %	19 %

Nota. Resultados de los ensayos de laboratorio de las exploraciones

Del análisis geotécnico de resultados a los ensayos de campo y laboratorio, se determinó que el tipo de suelos en el área de estudio corresponde a una Grava limosa (GM) con grado de compacidad baja a media. Asimismo, la calicata C-02 presentan mayor porcentaje de bolonería a diferencia de las calicatas C-01 de acuerdo al análisis granulométrico. Asimismo, de los valores del CBR de las calicatas C-01 y C-02, según los resultados la categoría de sub rasante corresponde a S4: Sub rasante Muy Buena.

Características especificadas para suelos

La Sección 301.E.02 Suelos del *Manual de Carreteras* del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) de Perú establece las características que deben cumplir los suelos para su uso en la construcción de suelo-emulsión.

Tabla 8*Especificaciones para construcción de suelo-emulsión - sección 301.E.02 - MTC*

Descripción	MTC	M-01	M-02
Suelos para construcción de suelo-emulsión			
Pasante por el tamiz N.º 200	≤ 10 %	16.1 %	15.3 %
Materia orgánica	≤ 1 %	-	-
Índice de plasticidad	≤ 9 %	2	1
Tamaño máximo del agregado grueso	≤ 1/3 espesor de la capa	2 1/2” (5.08cm)	2 1/2” (5.08cm)
Espesor total de la capa	Mínimo 15 cm	20 cm	20 cm
Proporción de sulfatos SO ₄ ⁼	≤6000 ppm	-	-
Desgaste de abrasión del agregado grueso	≤ 50 %	18 %	20 %
En capas estructurales			
Agregados gruesos perdidas en sulfato de sodio	≤ 12 %	1.51 %	1.04 %
Agregados finos perdidas en sulfato de sodio	≤ 10 %	2.99 %	3.36 %
Agregados gruesos perdidas en sulfato de magnesio	≤ 18 %	0.95 %	0.90 %
Agregados finos perdidas en sulfato de magnesio	≤ 15 %	2.48 %	2.78 %

Nota. Correlación de resultados según la sección 301.E.02 – MTC

Según Los resultados indican que el porcentaje de material pasante por el tamiz N.º 200 varía entre 16.1 % y 15.3 %, lo que supera el límite permisible del 10%. Esto significa que los suelos de subrasante tienen una proporción de finos demasiado alta.

4.3.2. Resultados para el objetivo específico 2

Características de la emulsión

De acuerdo con la Sección 301.E.03 Emulsión del *Manual de Carreteras* del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) de Perú, la emulsión es un producto asfáltico empleado en la construcción y el mantenimiento de carreteras. Esta sección detalla las especificaciones y propiedades de la emulsión asfáltica, que es crucial para asegurar un rendimiento óptimo en la pavimentación y el refuerzo de la infraestructura vial.

Tabla 9

Caracterización de la emulsión asfáltica catiónica según Sección 301.E.03 -MTC

Descripción	Ensayo	Min.	Max.	(CSS-1h)
Viscosidad Saybort Furol	MTC E 403	20	100	24
Estabilidad de almacenamiento, 24-h %*	MTC E 404		1	0.3
Carga de partículas	MTC E 407	Positivo		+
Prueba de tamiz, %	MTC E 405		0.1	0.01
Mezcla por cemento, %	ASTM D-6935		2,0	0.2
Destilación:				
Residuo, %	MTC E 401	57		62.5
Prueba sobre el residuo de destilación:				
Penetración, 77°F (25°C), 100g, 5 s	MTC E 304	40	90	53
Ductilidad, 77°F (25°C), 100g, 5 s	MTC E 306	40		100
Solubilidad en tricloroetileno, %	MTC E 302	97,5		

Nota. Especificaciones de emulsión según ficha técnica del fabricante.

Según el análisis de la ficha técnica de la emulsión asfáltica (CSS-1h) revela que cumple con los rangos establecidos en la sección 301.E.03 del MTC, garantizando así que la emulsión está adecuada para su aplicación según las especificaciones técnicas requeridas.

Relación óptima de emulsión

La relación óptima se calculó mediante el diseño de mezclas asfálticas con emulsión, según la Norma Técnica del Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) de Perú, específicamente en su Sección

504, incluye procedimientos y consideraciones técnicas esenciales para asegurar que la mezcla cumpla con los estándares de calidad y rendimiento necesarios. Con el objetivo de calcular y determinar la proporción óptima de emulsión asfáltica para combinar con el suelo de subrasante, se empleó el método "Marshall modificado Illinois"..

Tabla 10

Caracterización de la mezcla asfáltica con emulsión

Granulometría (sub rasante)	Especificaciones MTC	Resultados	Esp. Técnica
Agregado grueso (TM)		3/4" (1.905cm)	Cumple
Agregado fino			
Filer	$\leq 10\%$ (N° 200)	15.76 %	No cumple
Porcentaje (%) de agua			
Porcentaje de agua en la mezcla		6.4	
Emulsión			
Tipo de emulsión		(CSS-1h)	Cumple
Gravedad específica		1.0	
Contenido óptimo de emulsión	$4\% \leq x \leq 6\%$	7.51 %	No Cumple
Contenido óptimo de asfalto residual		4.62 %	
Residuo asfáltico en la emulsión	$60\% \leq x \leq 75\%$	62.5	Cumple
Humedad óptima de compactación	(%)	7	
Marshall modificado			
N.º de golpes		75	
Densidad seca Bulk	(gr/cm ³)	2.198	
Estabilidad Marshall	≥ 230 (kg)	530.07 kg	Cumple
Flujo (0.01")	(mm)	3.04 mm	
Vacíos de la mezcla	(%)	3.05 %	
Perdida de estabilidad (saturado)	$\leq 50\%$	33	Cumple
Recubrimiento de la mezcla	$50\% \leq x \leq 100\%$	90 %	Cumple

Nota. Información del diseño de mezcla con emulsión según resultados

En la tabla se muestra que el análisis granulométrico de la subrasante revela un 15.76% de material pasante por el tamiz N.º 200, lo que excede el límite establecido por el MTC. Además, el contenido de emulsión es del 7.51%, superior al rango recomendado por el MTC. No obstante, la estabilidad Marshall es de 530.07 kg, cumpliendo con el mínimo permisible de 230 kg, y la pérdida de estabilidad es del 33%, que está por debajo del límite máximo permitido del 50% según la Sección 301 del MTC.

4.3.3. Resultados para el objetivo específico 3

Influencia de la emulsión en la densidad

En el análisis de densidad con el uso de emulsión, se evaluó cómo la aplicación de emulsiones en la estabilización del suelo afecta sus propiedades físicas. La emulsión, aplicada como un agente estabilizador, puede modificar la densidad del suelo al influir en su compactación y cohesión. Durante el proceso, se realizaron mediciones de la densidad seca del suelo antes y después de la aplicación de la emulsión para evaluar su impacto en la compactación. Los resultados mostraron que el uso de emulsiones puede mejorar la densidad del suelo, incrementando su capacidad de carga y resistencia. Este análisis permite optimizar el uso de emulsiones en la estabilización del suelo, asegurando un componente de la estructura de un pavimento más estable y duradera para proyectos viales.

Tabla 11

Influencia de la emulsión en la densidad natural.

Influencia de emulsión en la densidad natural		
Muestra	Suelo de sub rasante	Mezcla estabilizada
Método de ensayo	MTC E 124	Ensayo Rice
Densidad natural	1.801 gr/cm ³	2.198 gr/cm ³

Nota. Resultados donde se aprecia el incremento en la densidad.

Tabla 12*Influencia de la emulsión en la densidad máxima.*

Influencia de emulsión en la densidad máxima		
Muestra	Suelo de sub rasante	Mezcla estabilizada
Método de ensayo	MTC E 115	Ensayo Rice
Densidad máxima	2.096 gr/cm ³	2.198 gr/cm ³

Nota. Resultados donde se aprecia el incremento en la densidad

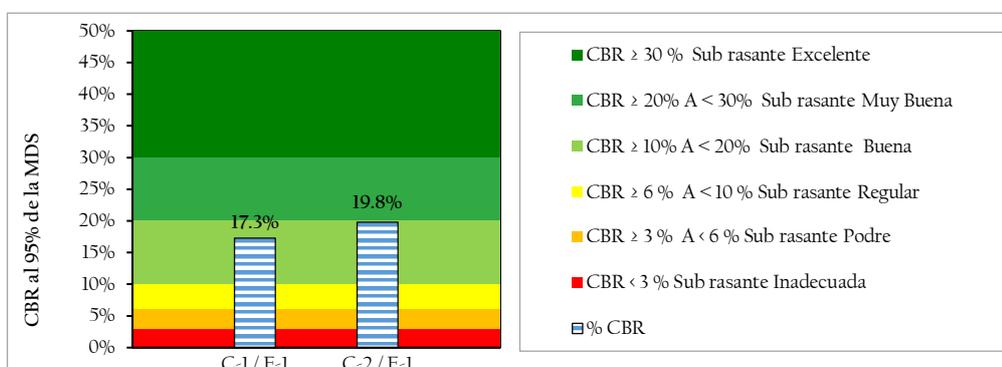
4.4. PRUEBA ESTADÍSTICA

En el presente trabajo de investigación, se dispone de un único dato para compararlo con una especificación técnica del MTC. En este contexto, el enfoque difiere del utilizado con conjuntos de datos más amplios. La estrategia más adecuada es realizar una comparación directa entre el dato y la especificación técnica.

4.4.1. Prueba estadística para el objetivo específico 1

Los datos obtenidos se analizaron mediante métodos estadísticos de correlación y se presentaron en gráficos detallados. Estos gráficos facilitan la visualización de la distribución de las propiedades, permitiendo una interpretación clara de los resultados y la identificación de patrones relevantes. La combinación de análisis estadístico riguroso y representación gráfica proporciona una comprensión integral de las características del área investigada.

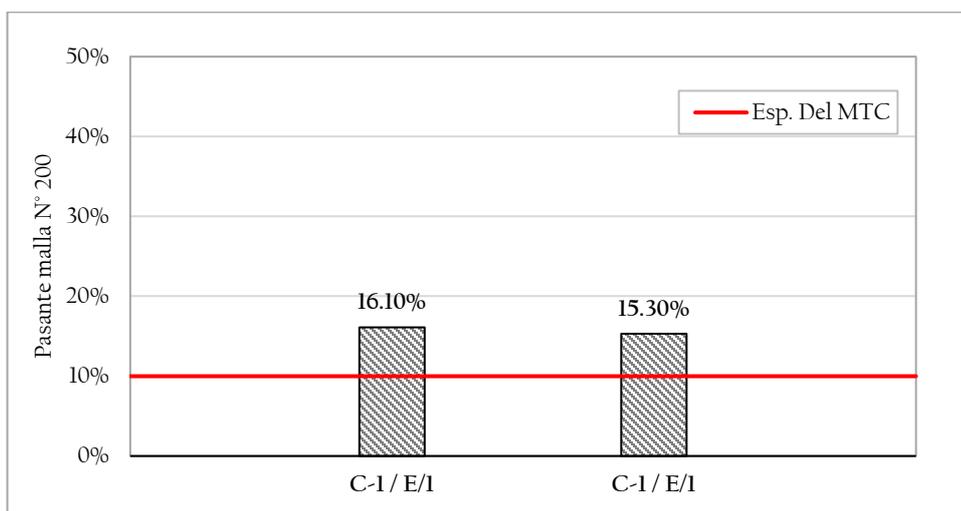
Figura 6

Descripción de la categoría de sub rasante*Nota.* Se observa que la categoría de sub rasante corresponde a S4: Sub rasante

Muy Buena.

Figura 7

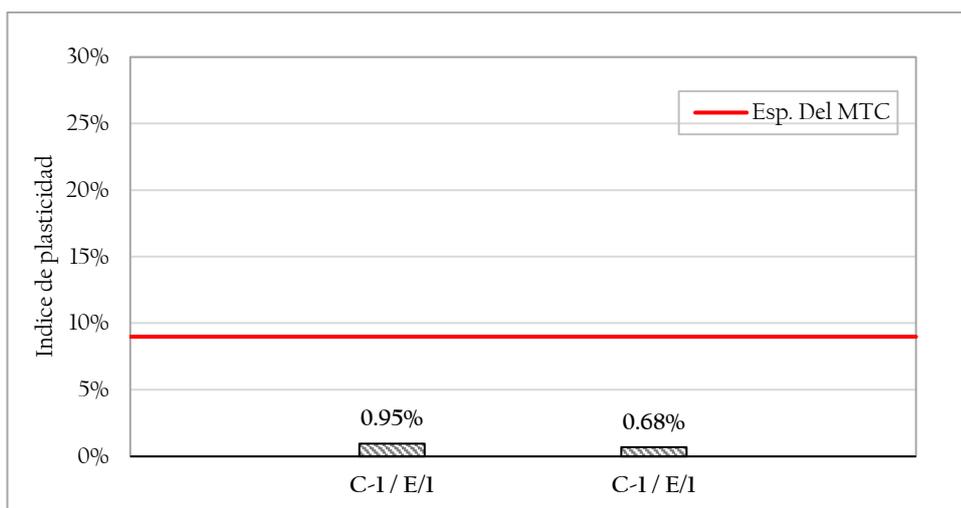
Descripción de pasante por el tamiz N.º 200



Nota. Correlación gráfica del porcentaje de material pasante por el tamiz N.º 200 de la subrasante existente con las especificaciones de la Sección 301.E.02.

Figura 8

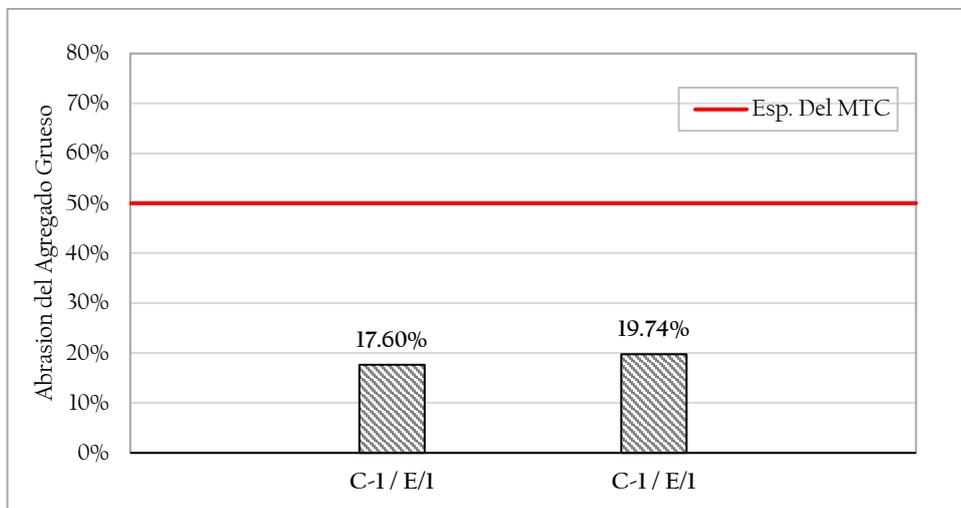
Descripción del índice de plasticidad



Nota. Correlación gráfica del índice de plasticidad de la subrasante con las especificaciones de la Sección 301.E.02.

Figura 9

Descripción de abrasión del agregado grueso



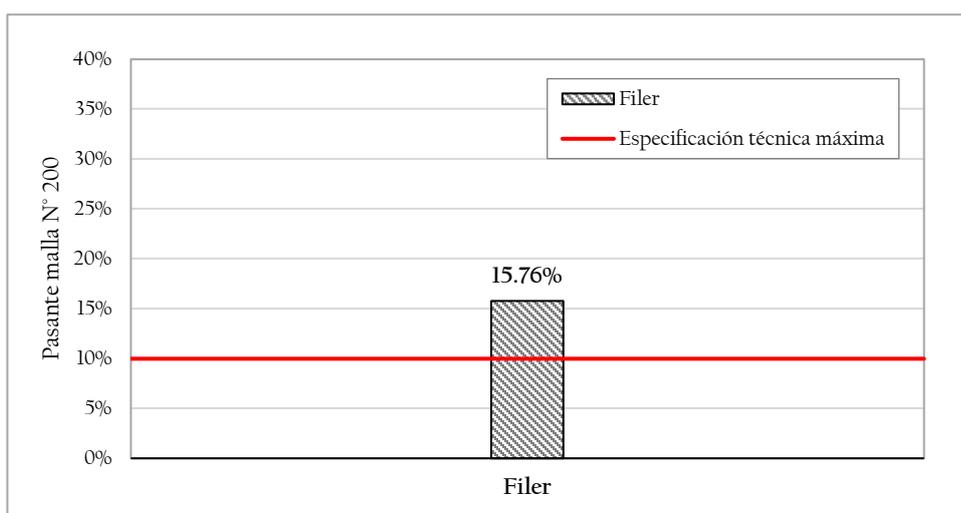
Nota. Correlación gráfica del resultado de la abrasión de la subrasante con las especificaciones de la Sección 301.E.02.

4.4.2. Prueba estadística para el objetivo específico 2

Para este trabajo de investigación, se utiliza un único dato para compararlo con una especificación técnica del MTC. Esto permitirá verificar si el dato cumple con los requisitos establecidos por la especificación.

Figura 10

Gráfico del porcentaje pasante malla N.º 200

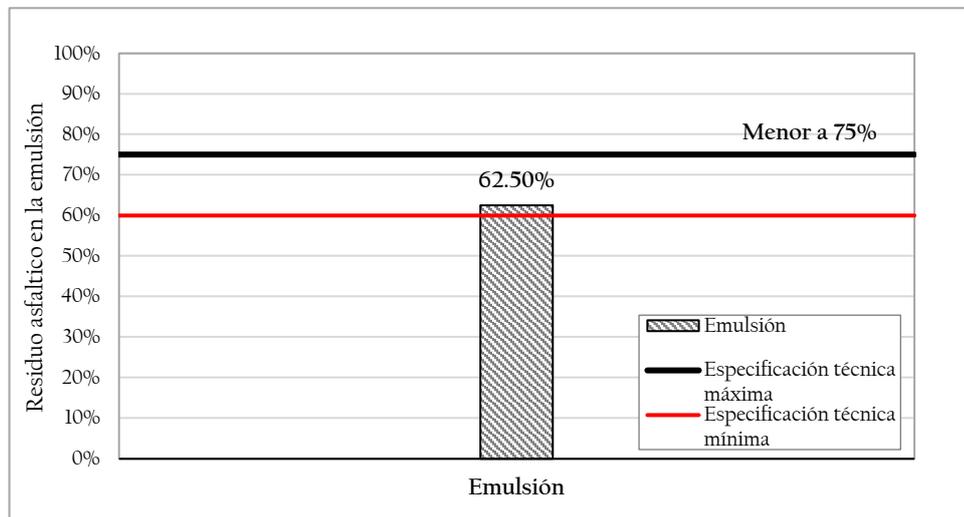


Nota. Correlación gráfica del resultado de pasante malla N.º 200 de la muestra para diseño de mezcla según ensayo de laboratorio y las especificaciones de la

Sección 301.E.02.

Figura 11

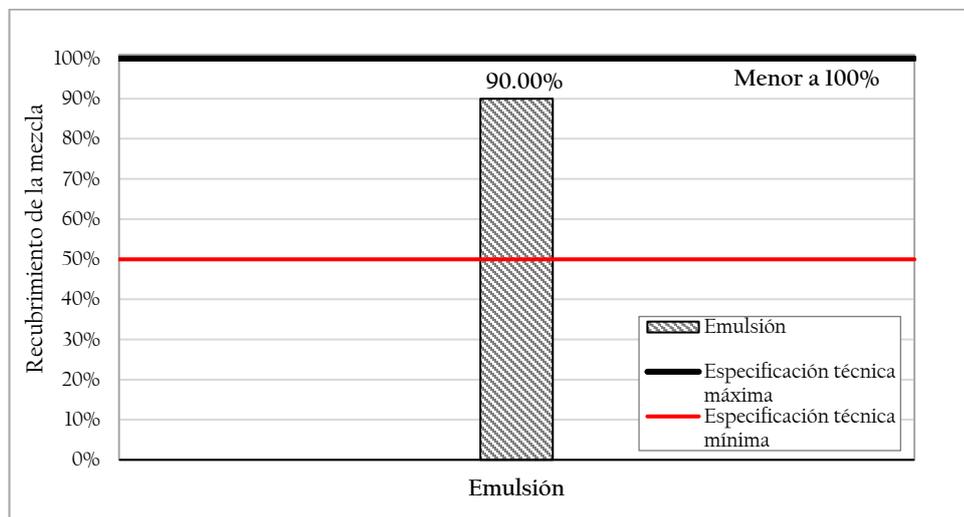
Gráfico del residuo asfáltico de emulsión



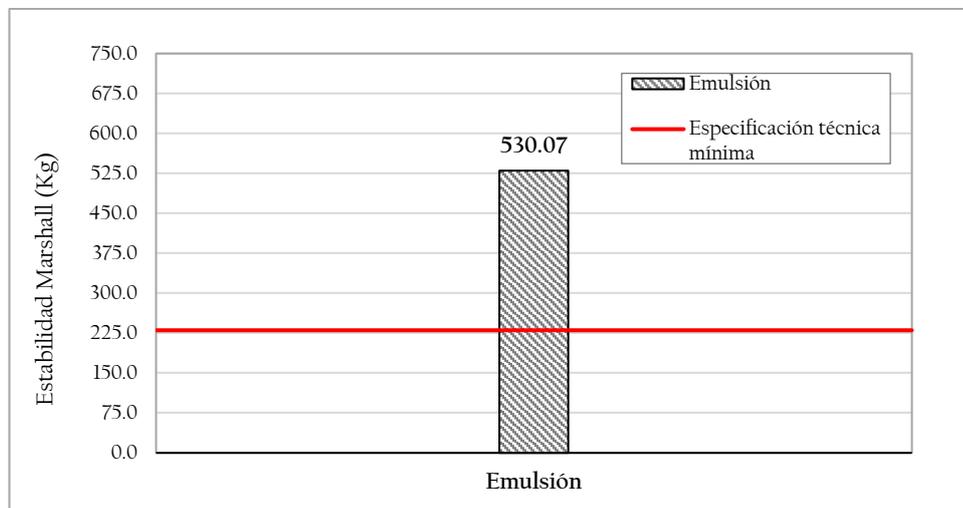
Nota. Correlación gráfica del residuo asfáltico según ficha técnica con las especificaciones de la Sección 301.E.03.

Figura 12

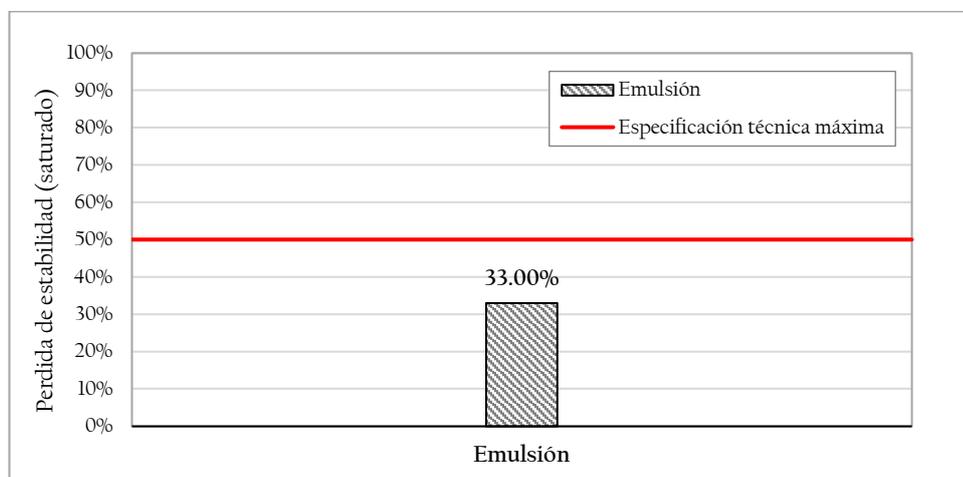
Gráfico de recubrimiento de la mezcla



Nota. Correlación gráfica del recubrimiento de la mezcla según ensayo en laboratorio con las especificaciones de la Sección 301.E.03.

Figura 13*Gráfico de estabilidad Marshall*

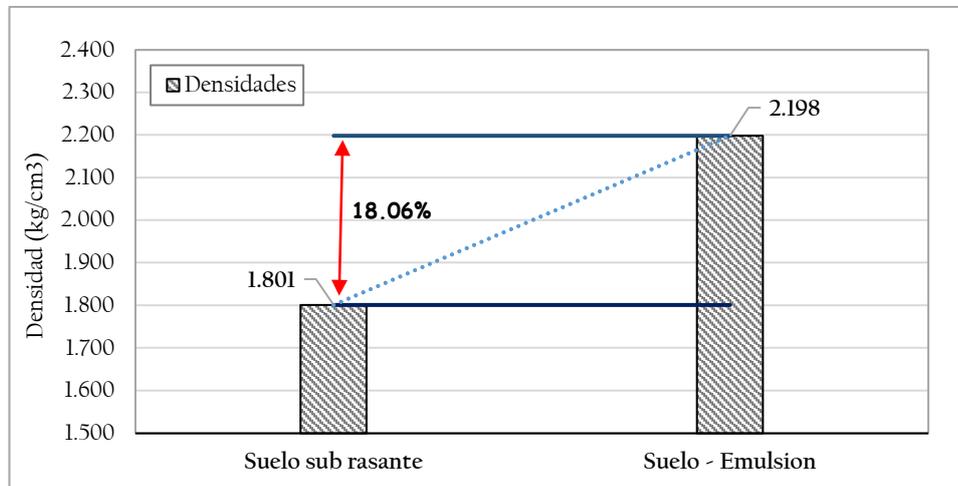
Nota. Correlación gráfica del resultado de laboratorio y las especificaciones de la Sección 301.E.

Figura 14*Gráfico de perdida de estabilidad Marshall*

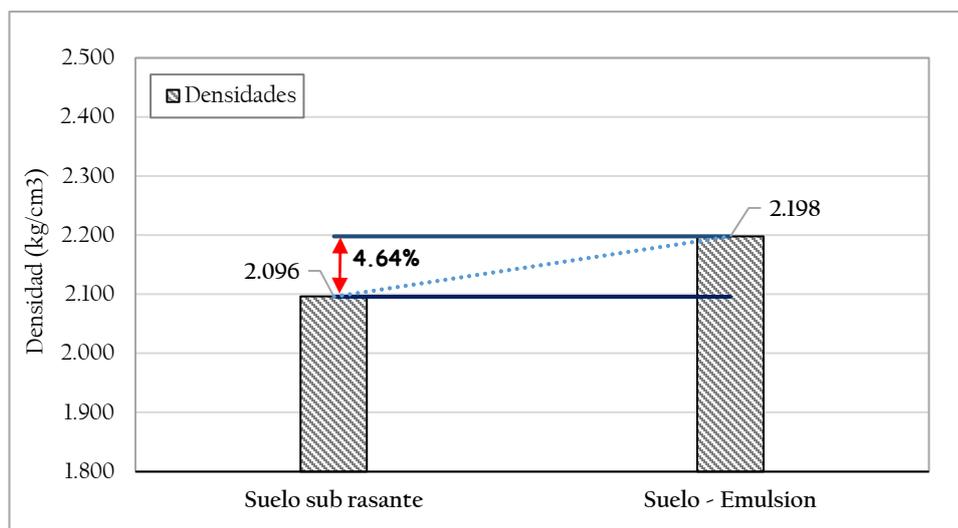
Nota. Correlación gráfica del resultado de laboratorio y las especificaciones de la Sección 301.E.

4.4.3. Prueba estadística para el objetivo específico 3

En este trabajo de investigación, se utiliza un único dato para comparar los resultados del suelo y la mezcla de suelo-emulsión con la especificación técnica del MTC. La estrategia adoptada es realizar una comparación directa entre los resultados y la especificación técnica.

Figura 15*Efecto de la emulsión en la densidad seca natural*

Nota. El gráfico muestra la relación entre la densidad seca del suelo y la densidad luego de aplicar la técnica de estabilización del suelo con emulsión. Se observa que de la densidad natural seca del suelo de sub rasante luego de la aplicación de la emulsión presenta un incremento del 18.06 % en la densidad del suelo tras la aplicación de emulsión.

Figura 16*Efecto de la emulsión en la densidad máxima seca*

Nota. El gráfico muestra la relación entre la densidad máxima del suelo y la densidad aplicando la estabilización del suelo con emulsión.

Se observa que de la densidad máxima seca del suelo de sub rasante luego de la aplicación de la emulsión presenta un incremento del 4.64 % en la densidad del suelo tras la aplicación de emulsión.

4.5. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

La comprobación de las hipótesis se realiza mediante la comparación de la hipótesis planteada y los resultados obtenidos.

4.5.1. Hipótesis general

Hipótesis alterna: La emulsión asfáltica influye positivamente en la estabilización de suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024.

Hipótesis nula: La emulsión asfáltica no influye positivamente en la estabilización de suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024.

La hipótesis de que la emulsión asfáltica influye positivamente en la estabilización del suelo para subrasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024, ha sido confirmada.

Sin embargo, el porcentaje de material pasante por el tamiz N.º 200 fue de 16.1% y 15.3%, superando el límite máximo del 10% especificado en la Sección 301.E del manual del MTC. Esta desviación sugiere que el material de subrasante no cumple completamente con los requisitos establecidos para su aplicación en estabilización con emulsión asfáltica.

A pesar de esta desviación, el análisis de los resultados muestra que la aplicación de emulsión asfáltica mejora significativamente las propiedades físico-mecánicas del suelo. En particular, se observó un aumento del 18.06% en la densidad seca del suelo, pasando de 1.801 g/cm³ a 2.198 g/cm³. Además, la densidad máxima seca del suelo también mostró un incremento del 4.64%, elevándose de 2.096 g/cm³ a 2.198 g/cm³.

Por lo tanto, estos resultados indican que, aunque el porcentaje de material pasante supera el límite recomendado, la estabilización con emulsión asfáltica sigue teniendo un efecto positivo en la densidad y en las propiedades físico-mecánicas del suelo. Por lo tanto, la emulsión asfáltica contribuye en el

aporte de la resistencia, alineándose con los objetivos de mejorar la capacidad de carga y la durabilidad del pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna.

4.5.2. Hipótesis específica 1

Hipótesis alterna: La estabilización con emulsión asfáltica es aplicable según las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024.

Hipótesis nula: La estabilización con emulsión asfáltica no es aplicable según las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024.

Se analizaron los resultados de la caracterización de las propiedades físico-mecánicas del suelo destinado a la sub rasante del pavimento en la urbanización Sol de Miculla. Los ensayos de CBR revelaron valores del 17% y 19%, lo que clasifica la subrasante como S4: Subrasante muy buena, conforme al Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Estos resultados indican que, desde el punto de vista de la resistencia, el suelo cumple con estándares de alta calidad.

Sin embargo, el porcentaje de material pasante por el tamiz N.º 200 fue de 16.1% y 15.3%, superando el límite máximo del 10% especificado en la Sección 301.E del manual del MTC. La discrepancia en el porcentaje de material pasante indica que el suelo tiene una mayor proporción de finos de lo permitido, lo que podría afectar negativamente la eficacia de la estabilización.

Esta evaluación, por tanto, es crucial para determinar la viabilidad de la estabilización del suelo con emulsión asfáltica. Aunque el suelo clasificado como S4 tiene buenas propiedades de resistencia, la alta cantidad de material pasante por el tamiz N.º 200 sugiere que se deben considerar medidas adicionales de mejoramiento de suelo para cumplir con las especificaciones.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y no se valida la hipótesis específica 1.

4.5.3. Hipótesis específica 2

Hipótesis alterna: La emulsión asfáltica permite una relación porcentual óptima con las propiedades físico mecánicas del suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024.

Hipótesis nula: La emulsión asfáltica no permite una relación porcentual óptima con las propiedades físico mecánicas del suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024.

Se analizaron los resultados de la caracterización de las propiedades físico-mecánicas del suelo en la urbanización Sol de Miculla, de acuerdo con las directrices de la Sección 301.E para suelos estabilizados con emulsión asfáltica. Utilizando el método "Marshall modificado Illinois", se estableció que la proporción óptima de emulsión asfáltica es del 7.51%, con un residuo asfáltico de 4.62%. La estabilidad alcanzada fue de 530.07 kg, lo cual supera el mínimo requerido de 230 kg. Además, la pérdida de estabilidad fue del 30%, que está dentro del límite máximo aceptable del 50% según las especificaciones del manual del MTC para este tipo de material de subrasante.

La hipótesis de que la estabilización con emulsión asfáltica es aplicable y efectiva para un pavimento afirmado es una superficie de carretera, considerando el diseño de acuerdo a los lineamientos de una mezcla asfáltica en frío. Según los manuales del MTC, se establece que el rango óptimo de emulsión asfáltica para la estabilización debe variar entre 4% y 6% en peso del suelo seco a estabilizar. Sin embargo, los resultados obtenidos mediante el método "Marshall modificado Illinois" indican un porcentaje de emulsión de 7.51%, que excede este rango recomendado.

Este hallazgo sugiere que, aunque la emulsión asfáltica aplicada a una tasa superior a la recomendada podría aún cumplir con otros criterios de calidad, como la estabilidad y la pérdida de estabilidad, no se ajusta a las especificaciones del MTC en cuanto al porcentaje de emulsión.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna y se valida la hipótesis específica 2.

4.5.4. Hipótesis específica 3

- Hipótesis alterna: La emulsión asfáltica influye directamente en la densidad en la estabilización de suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024.
- Hipótesis nula: La emulsión asfáltica no influye directamente en la densidad en la estabilización de suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024.

Se analizaron las densidades obtenidas mediante métodos aplicables tanto a suelos como a suelos estabilizados con emulsión asfáltica son correlacionables. Aunque el ensayo CBR no es adecuado para evaluar la mezcla estabilizada, las mediciones de densidad (como la densidad máxima y la densidad in situ) pueden compararse entre el suelo original y el suelo estabilizado. Esta correlación es útil para entender cómo la adición de emulsión asfáltica afecta la compactación y las propiedades físicas del material, lo que puede influir en su resistencia y durabilidad.

Los datos revelaron un aumento significativo en la densidad seca del material de subrasante natural, que pasó de 1.801 g/cm³ a 2.198 g/cm³ tras la estabilización con emulsión asfáltica. Esto representa un incremento del 18.06% en la densidad seca del suelo luego de la aplicación de la emulsión.

Además, la densidad máxima seca del suelo también mostró una mejora, aumentando de 2.096 g/cm³ a 2.198 g/cm³, lo que equivale a un aumento del 4.64% con la aplicación de la emulsión. Estos resultados confirman que la estabilización con emulsión asfáltica no solo incrementa la densidad seca del suelo, sino que también mejora sus propiedades físico-mecánicas, contribuyendo a una subrasante más resistente.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna y se valida la hipótesis específica 3.

4.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.6.1. Respecto al objetivo específico 1

En la discusión de los resultados, resultados de la caracterización del suelo para la subrasante en la urbanización Sol de Miculla muestran que los ensayos de

CBR obtuvieron valores del 17% y 19%, clasificando la subrasante como S4: muy buena, según el Manual de Carreteras. Esto indica que el suelo cumple con altos estándares de resistencia. Sin embargo, el análisis revela que el porcentaje de material que pasa por el tamiz No. 200 fue de 16.1% y 15.3%, superando el límite del 10% especificado en la Sección 301.E del manual del MTC. Esta desviación sugiere que el material no cumple completamente con los requisitos para estabilización con emulsión asfáltica, ya que la alta cantidad de material fino podría afectar negativamente la eficacia y durabilidad de la estabilización. Este resultado COINCIDE con el artículo realizado por Zambrano & Tejada (2019), en la caracterización de materiales granulares (p.6), donde indican que los índices de consistencia, obtenidos con el material que pasa por el tamiz No. 40, muestran una plasticidad excesiva. Además, el porcentaje de material que pasa el tamiz No. 10 supera el 20%, y más del 10% pasa el tamiz No. 40. Esta elevada proporción de material fino puede afectar negativamente la resistencia del suelo en condiciones de inmersión, comprometiendo su desempeño en estabilización con emulsión asfáltica.

4.6.2. Respecto al objetivo específico 2

Utilizando el método "Marshall modificado Illinois", se determinó que la proporción óptima de emulsión asfáltica es del 7.51%, con un residuo asfáltico de 4.62%. La estabilidad obtenida fue de 530.07 kg, superando significativamente el mínimo requerido de 230 kg. Además, la pérdida de estabilidad registrada fue del 30%, lo cual está dentro del límite máximo aceptable del 50% según las especificaciones del manual del MTC para este tipo de material de subrasante. Estos resultados demuestran que el material cumple con los estándares necesarios de resistencia y estabilidad para su uso en la construcción de pavimentos. Este resultado COINCIDE con el artículo realizado por Fernandez (2022), donde concluye que conclusión, la aplicación de emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta CSS-1h para la estabilización del material granular en la vía Libertador Bolívar – Sitio Nuevo resultó en valores de estabilidad Marshall de 1185 libras (537.5 kg). Este resultado no solo cumple con el mínimo requerido, sino que también lo supera, asegurando

una adecuada resistencia y estabilidad del material. Esto demuestra que la emulsión asfáltica utilizada es efectiva para mejorar las propiedades físico-mecánicas del suelo en la subrasante de la vía.

4.6.3. Respecto al objetivo específico 3

Tras la estabilización con emulsión asfáltica, la densidad seca del material aumentó significativamente de 1.801 g/cm^3 a 2.198 g/cm^3 , lo que representa un incremento del 18.06%. Asimismo, la densidad máxima seca del suelo mejoró de 2.096 g/cm^3 a 2.198 g/cm^3 , un aumento del 4.64%. Estos resultados demuestran que la estabilización con emulsión asfáltica no solo incrementa la densidad seca del suelo, sino que también mejora sus propiedades físico-mecánicas, resultando en una subrasante más estable. Estos resultado COINCIDE con el artículo realizado por Zambrano & Zavala (2019), que en su investigación, mencionan que de las cinco exploraciones realizadas en el material granular superficial hasta una profundidad máxima de 0.25 m, se obtuvieron las siguientes densidades máximas secas: 1764.07, 1790.35, 1821.06, 1752.09 y 1853.27 kg/m^3 . Además, la granulometría combinada muestra un 12% de material que pasa por el tamiz No. 200. Tras la estabilización del suelo con emulsión asfáltica, la densidad en masa (bulk density) resultó 1976 kg/m^3 (p.152) mostrando un incremento. Estos datos sugieren que la estabilización con emulsión ha mejorado significativamente la densidad del material, lo que contribuye a una subrasante más estable

CONCLUSIONES

1. Se ha determinado la influencia de la emulsión asfáltica en la estabilización del suelo para la subrasante del pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024, ha mostrado resultados positivos a pesar de que el porcentaje de material pasante por el tamiz N.º 200 (16.1% y 15.3%) supera el límite del 10% especificado en la Sección 301.E del manual del MTC. La aplicación de emulsión asfáltica incrementó la densidad seca del suelo en un 18.06% y la densidad máxima seca en un 4.64%. Estos resultados indican que, aunque el suelo no cumple completamente con los requisitos de finos, la emulsión asfáltica mejora significativamente la densidad y las propiedades físico-mecánicas del suelo, contribuyendo a mejorar la resistencia para el pavimento.
2. Los resultados de la caracterización del suelo destinado a la subrasante del pavimento en la urbanización Sol de Miculla muestran que, a pesar de que los ensayos de CBR indican una clasificación de S4: Subrasante muy buena, con valores del 17% y 19%, el porcentaje de material pasante por el tamiz N.º 200 (16.1% y 15.3%) supera el límite máximo del 10% especificado en la Sección 301.E del manual del MTC. Esta desviación sugiere que el suelo no cumple totalmente con los requisitos para la estabilización con emulsión asfáltica, ya que la elevada cantidad de finos podría afectar negativamente la compactación, durabilidad y estabilidad del pavimento.
3. El análisis de las propiedades físico-mecánicas del suelo para la subrasante

en la urbanización Sol de Miculla muestra que la estabilización con emulsión asfáltica, aplicada a una proporción del 7.51%, mejora notablemente la estabilidad y la pérdida de estabilidad del suelo, con valores de 530.07 kg y 30%, respectivamente. Sin embargo, esta proporción excede el rango recomendado del 4% al 6% especificado por el MTC. Aunque el exceso en la cantidad de emulsión no impide que se cumplan otros criterios de calidad, como la estabilidad, los resultados sugieren la necesidad de ajustar la proporción de emulsión para alinearse con las especificaciones del MTC y garantizar la conformidad completa con los estándares establecidos.

4. La estabilización con emulsión asfáltica ha demostrado ser eficaz para mejorar las propiedades físico-mecánicas del suelo destinado a la subrasante del pavimento en la urbanización Sol de Miculla. La densidad seca del material aumentó en un 18.06%, y la densidad máxima seca mejoró en un 4.64% tras la aplicación de la emulsión. Estos incrementos indican que la emulsión asfáltica no solo aumenta la densidad del suelo, sino que también refuerza su estabilidad, resultando en una subrasante más resistente. Estos resultados respaldan la eficacia de la estabilización con emulsión asfáltica para mejorar la calidad y el rendimiento del suelo en la subrasante.

RECOMENDACIONES

- A pesar de que el porcentaje de material pasante por el tamiz N.º 200 supera el límite del 10% especificado en la Sección 301.E del manual del MTC, la aplicación de emulsión asfáltica ha demostrado ser eficaz para mejorar la densidad y las propiedades físico-mecánicas del suelo. Se recomienda continuar utilizando la emulsión asfáltica para la estabilización del suelo, pero con una evaluación más detallada para asegurar que la mezcla de emulsión se ajuste a las necesidades específicas del proyecto. Además, se sugiere a futuros investigadores realizar un análisis adicional para evaluar el impacto a largo plazo del exceso de finos en la durabilidad y el rendimiento de la subrasante. Implementar medidas correctivas, si es necesario, y monitorear continuamente el desempeño del pavimento contribuirá a mantener la efectividad de la estabilización con emulsión asfáltica.
- Dado que, aunque los ensayos de CBR clasifiquen la subrasante como S4, los resultados muestran que el porcentaje de material pasante por el tamiz N.º 200 (16.1% y 15.3%) excede el límite del 10% especificado en la Sección 301.E del manual del MTC, Se recomienda a futuros investigadores realizar un estudio más detallado sobre el impacto de estos finos en el desempeño del pavimento y evaluar posibles ajustes en la mezcla de estabilización o en la preparación del suelo. Alternativamente, se podría considerar un mejoramiento del suelo para cumplir con las especificaciones requeridas y asegurar que el suelo cumpla con todos los requisitos técnicos para su aplicación efectiva.
- El análisis de las propiedades físico-mecánicas del suelo para la subrasante en la urbanización Sol de Miculla demuestra que la estabilización con emulsión asfáltica, aplicada en una proporción del 7.51%, mejora significativamente la estabilidad y la pérdida de estabilidad del suelo, con valores de 530.07 kg y 30%, respectivamente. Sin embargo, este porcentaje excede el rango recomendado del 4% al 6% especificado por el MTC.

Aunque el exceso en la cantidad de emulsión no afecta negativamente los criterios de calidad evaluados, se recomienda ajustar la proporción de emulsión para cumplir con las especificaciones del MTC y asegurar la total conformidad con los estándares establecidos. Además, se sugiere que los investigadores realicen una evaluación adicional que considere diferentes fabricantes de emulsión y correlacione los resultados con las características requeridas tanto del suelo como de la emulsión, según la Sección 301 del MTC.

- Dado que la estabilización con emulsión asfáltica ha mostrado mejoras significativas en la densidad seca y máxima seca del suelo, se recomienda su implementación para futuros proyectos de pavimentación en la urbanización Sol de Miculla. Aunque el porcentaje de emulsión aplicado supera el rango recomendado, los resultados indican que esta técnica efectivamente incrementa la densidad y estabilidad del suelo, contribuyendo a una subrasante más resistente. Se recomienda a las empresas constructoras continuar utilizando emulsión asfáltica y llevar a cabo estudios adicionales para ajustar y optimizar su aplicación según las características específicas del suelo y los requisitos del proyecto. Además, es aconsejable realizar un seguimiento y monitoreo continuo del desempeño del pavimento para garantizar la durabilidad.

REFERENCIAS

- Asencios, M., & Izarra, Y. (2021). Nivel de mejoramiento de las propiedades mecánicas de la base del pavimento estabilizado con cemento portland y emulsión asfáltica. *Universidad Ricardo Palma. Perú.*, 80. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4649>
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación serie integral por competencias (Libro Online)* (3a.ed). <http://www.editorialpatria.com.mx/pdf/files/9786074384093.pdf>
- Braja, D. (2015). *Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica* (Cuarta edi). Cengage Learning Editores.
- Coto, J. (2022). *Análisis del efecto de la estabilización de la subrasante y su potencial impacto en el diseño y construcción de pavimentos* [Instituto Tecnológico de Costa Rica]. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/14083>
- De la Torre, M. (2018). Evaluación del diseño de pavimentos estabilizados con emulsión asfáltica y cemento Portland para el proyecto de Conservación vial Puno Tacna tramo Tarata - Capazo - Mazocruz. *Universidad San Ignacion de Loyola*, 288. https://scholar.google.es/scholar?start=10&q=EVALUACIÓN+DEL+MÉTODO+DE+ESTABILIZACIÓN+SUELO+CEMENTO&hl=es&as_sdt=0,5&as_ylo=2018
- Divas, E. (2018). Estabilización de suelos con emulsión asfáltica para el empleo en subbases y bases. *Universidad de San Carlos de Guatemala*, 148. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/9116/>
- Fernandez, K. (2022). Evaluación del efecto de la adición de emulsión asfáltica de

- rotura lenta CSS y estabilizador químico Megasoil en material granular. *Universidad Nacional Del Centro Del Perú*, 178. [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7357/T010_20055822_D .pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7357/T010_20055822_D.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Galarreta, W., & LLenque, S. (2019). Influencia de la adición de emulsión asfáltica en la estabilidad de los suelos del centro poblado de Villa Hermosa en el distrito de la Esperanza. *Universidad Nacional de Trujillo*, 4(None), 236.
- González, I. (2019). *Emulsiones asfálticas funcionalizadas, la nueva alternativa para proyectos de pavimentación de baja inversión* [Universidad Autónoma de Querétaro]. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1912>
- Maylle, A., & Avila, P. (2023). Elaboración de un diseño de mezcla para la estabilización de un suelo con emulsión asfáltica tipo CSS-1h y pavimento asfáltico reciclado (RAP) basado en el procedimiento de Marshall modificado. *Infraestructura Vial*, 25(44), 1–17. <https://doi.org/10.15517/iv.v25i44.53441>
- MEF. (2015). Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras. *Ministerio de Economía y Finanzas*, I, 110. https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf
- MTC. (2013). Manual de carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013).” *Manual de Carreteras, Manual(Transportes)*, 1282. https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Manual_Suelos_Pavimentos.pdf
- MTC. (2014). Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. *Ministerio de Transportes y Comunicaciones*, 281. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES DE CARRETERAS 2019/MC-05-14 Seccion Suelos y Pavimentos_Manual_de_Carreteras.pdf
- MTC. (2016). Manual de ensayo de materiales. *Ministerio de Transportes y*

Comunicaciones, 1269.
[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual Ensayo de Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf)

Rondon, H., & Reyes, F. (2015). *Pavimentos: Materiales, Construcción y Diseño* (p. 604). Empresa Editora Macro EIRL.

Zambrano, C., & Zavala, D. (2019). *Estudio de suelo y estabilización del material granular existente con emulsión asfáltica para el diseño de pavimento flexible, en la vía Libertador Bolívar-Sitio Nuevo de longitud 5 km, del Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena* (Issue 7047).
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4768>

Zambrano, M., & Tejada, E. (2019). Materiales granulares tratados con emulsión asfáltica para su empleo en bases o subbases de pavimentos flexibles. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 13(3), 14.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193961007002>

APÉNDICE

Matriz de Consistencia

- **Matriz de Consistencia**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES	METODOLOGÍA	RECOMENDACIÓN
<p>1. INTERROGANTE PRINCIPAL ¿Cómo influye de emulsión asfáltica en la estabilización del suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024?</p> <p>2.INTERROGANTES ESPECÍFICAS a) ¿Es aplicable la estabilización con emulsión según las propiedades físicas y mecánicas del suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía - Tacna, 2024? b) ¿Cuál sería la relación óptima de la emulsión asfáltica con las propiedades fisico-mecánicas del suelo en la estabilización de suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024? c) ¿Cómo influye la emulsión asfáltica en la densidad en la estabilización de suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024?</p>	<p>1.OBJETIVO GENERAL Determinar la influencia de emulsión asfáltica en la estabilización de suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024.</p> <p>2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS a) Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024. b) Determinar la relación óptima de la emulsión asfáltica con las propiedades fisico-mecánicas del suelo en la estabilización de suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024. c) Determinar la influencia de la emulsión asfáltica en la densidad en la estabilización de suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024.</p>	<p>1. HIPÓTESIS GENERAL La emulsión asfáltica influye positivamente en la estabilización de suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024.</p> <p>2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS a) La estabilización con emulsión asfáltica es aplicable según las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024. b) La emulsión asfáltica permite una relación porcentual óptima con las propiedades fisico mecánicas del suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024 c) La emulsión asfáltica influye directamente en la densidad en la estabilización de suelo para sub rasante de pavimento en la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna, 2024.</p>	<p>Variable independiente (X) X1. Emulsión asfáltica.</p> <p>Dimensiones Contenido óptimo de emulsión. Contenido de residuo asfáltico Estabilidad Marshall</p> <p>Indicadores: - Porcentaje optimo de emulsión (%) - Porcentaje optimo de residuo asfáltico (%) - Estabilidad (kg)</p> <p>Variable dependiente (Y) Y1. Estabilización de suelos.</p> <p>Dimensiones 1 Propiedades físicas</p> <p>Indicadores 1: - Granulometría - Pasante la malla N° 200</p> <p>Dimensión 2: Propiedades mecánicas</p> <p>Indicadores 2: - Índice de plasticidad - Densidad máxima seca - Índice de capacidad de carga (CBR) - Desgaste de abrasión - Agregados por pérdida en sulfatos</p>	<p>Tipo de investigación: Básica</p> <p>Diseño de investigación: Experimental</p> <p>Ámbito de estudio Sub rasantes de la urbanización Sol de Miculla, distrito de Pachía – Tacna. En el periodo marzo-junio 2024.</p> <p>Población: 1000 m2 de subrasante de pavimentos</p> <p>Muestra: Dos (02) calicatas de 2.0 m2 cada una en la subrasante Unidad muestral: Dos (02) muestras de suelos por 100 kg para pruebas.</p> <p>Técnicas de Recolección de datos Técnicas: -De extracción de muestras -Observación experimental -Molde Marshall de suelo con % diferenciado de emulsión asfáltica.</p> <p>Instrumentos -Protocolo de extracción de muestras -Ficha de observación instrumental.</p>	<p>Relevancia: Contribuye con los ODS 9 y 11.</p>

ANEXOS

Anexo 1: Certificado de laboratorio



GEOTEC SUR E.I.R.L.
 AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 RUC: 20532697965



Determinación del contenido de humedad de un suelo

Norma: MICE 108

Proyecto : INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUB RASANTE Muestra : M-01

1.- Datos de la muestra

Calicata : C-01 Estrato : E-1 Tipo de muestra : Sub rasante
 Coordenadas : 19K 380421 / 8023473 Profundidad : De 0.10 a 1.50 metros Fecha de muestreo: 5/Marzo/2024

2.- Contenido de humedad natural

Item	Descripción	Unidad	Muestra de suelo			Promedio
			M - 01	M - 02	M - 03	
1	N° de Tara		2	11	---	
2	Peso Muestra húmeda + Tara	gr	1143.80	1154.30	---	
3	Peso Muestra Seca + Tara	gr	1124.70	1135.00	---	
4	Peso del Agua	gr	1910	1930	---	1.86 %
5	Peso de la Tara	gr	104.5	937	---	
6	Peso Muestra Seca	gr	1020.2	1041.3	---	
7	Contenido de humedad	%	1.87	1.85	---	

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
 ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
 CIP N° 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
 AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 RUC: 20532697965



Análisis granulométrico de suelo por tamizado

Norma: MTC E 107

Proyecto : INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOI. DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUB RASANTE Muestra : M - 01

1.- Datos de la muestra

Calicata : C - 01 Estrato : E - 1 Tipo de muestra : Sub rasante
 Coordenadas : 19K380421/8023473 Profundidad : De 0.10 a 150 metros Fecha de muestreo : 05/Marzo/2024

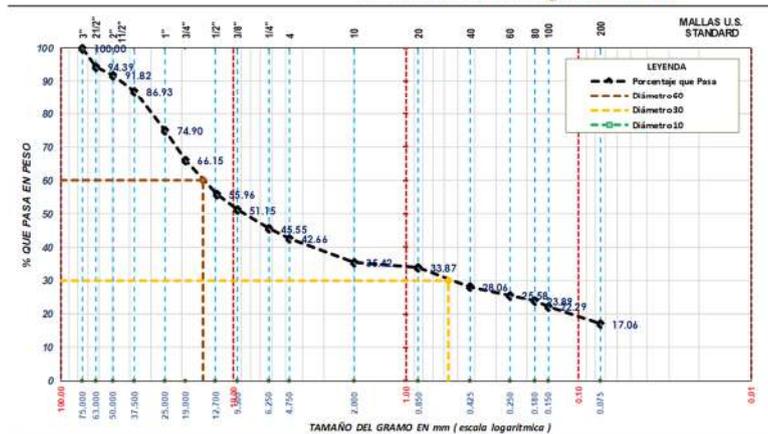
2.- Datos del ensayo

Clasificación Según ASTM	Tamiz ASTM		Peso muestra (gr)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)	
	pulgada	mm					
Canto rodado	3 1/2"	87.500					
Grava De 4.75 mm hasta 75.00 mm	GRUESA	3"	75.000			100.00	
		2 1/2"	63.000	11460	5.61	5.61	94.39
		2"	50.000	5240	2.57	8.18	91.82
		1 1/2"	37.500	10000	4.90	13.07	86.93
	FINA	1"	25.000	2457.0	12.03	25.10	74.90
		3/4"	19.000	1787.0	8.75	33.85	66.15
		1/2"	12.500	2082.0	10.19	44.04	55.96
		3/8"	9.500	983.0	4.81	48.85	51.15
Arena De 0.075 mm hasta 4.75 mm	GRUESA	Nº10	2000	89.6	7.25	64.58	35.42
		Nº20	0.850	191	15.4	66.13	33.87
	MEDIA	Nº40	0.425	718	5.81	71.94	28.06
		Nº60	0.250	307	2.48	74.42	25.58
	FINA	Nº80	0.180	209	1.69	76.11	23.89
		Nº100	0.150	198	1.60	77.71	22.29
Limo y arcilla	Base	Nº200	0.075	647	5.23	82.94	17.06
		Base	0.074	21090	17.06	100.00	0.00

3.- Descripción

Contenido de humedad	
Porcentaje de Humedad	186 %
Datos de la muestra	
Peso Muestra Inicial	20428.0 gr.
Peso Muestra Grava	11713.0 gr.
Peso Muestra Arena	8715.0 gr.
Peso Fracción Fino < N° 4	527.5 gr.
Porcentaje de Grava	57.34 %
Porcentaje de Arena	25.61 %
Porcentaje de Limos y Arcillas	17.06 %
Límites de Atterberg	
Límite Líquido	217.2 %
Límite Plástico	19.68 %
Índice de Plasticidad	20.4 %
Peso específico / Densidades	
Peso Específico de grava	2.708 gr/cm³
Densidad Máxima	2.096 gr/cm³
Densidad Mínima	1.777 gr/cm³
CBR al 95% de la MDS a 1"	17.30 %

4.- Grafico de análisis granulométrico



Tipo de muestra	
Muestra alterada	
SUCS	AASHTO
GM	A-1-b (0)
Gravilimosa GM	
Diámetros	
Diámetro 60	15.08 mm
Diámetro 30	0.57 mm
Diámetro 10	
Coeficiente de uniformidad	
Coeficiente de curvatura	

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
 ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
 CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Determinación de limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad

Norma: MTC E 110 / MTC E 111

Proyecto : 'INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024'

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUB RASANTE Muestra : M - 01

1.- Datos de la muestra

Calicata : C - 01 Estrato : E-1 Tipo de muestra : Subrasante
Coordenadas : 19K380421/8023473 Profundidad : De 0.10 a 150 metros Fecha de muestreo : 05/Marzo/2024

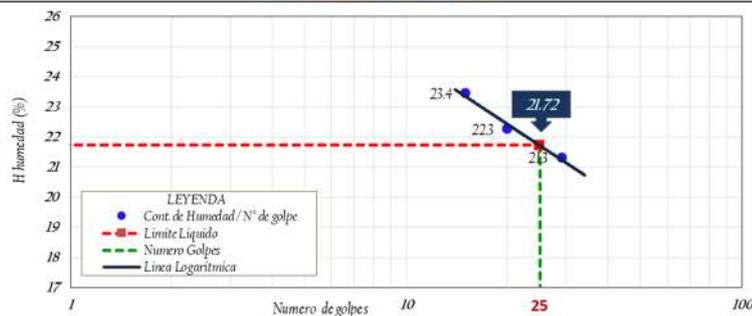
2.- Determinación de limite líquido

Descripción	Unidad	Muestras de suelos				Limite Líquido
		M - 01	M - 02	M - 03	M - 04	
Número de golpes	n°	29	20	15	---	22 %
Nº Tara	n°	32	40	36	---	
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	43.43	42.75	46.71	---	
Peso Tara + suelo seco	gr.	38.71	37.81	40.86	---	
Peso del agua	gr.	4.72	4.94	5.85	---	
Peso de la tara	gr.	16.57	15.62	15.91	---	
Peso del suelo seco	gr.	22.14	22.19	24.95	---	
Contenido de humedad	%	21.3	22.3	23.4	---	

3.- Determinación de limite plástico

Descripción	Unidad	Muestras de suelos			Limite Plástico
		M - 01	M - 02	M - 03	
Nº Tara	n°	P	H	---	20 %
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	26.85	25.68	---	
Peso Tara + suelo seco	gr.	24.70	23.48	---	
Peso del agua	gr.	2.15	2.20	---	
Peso de la tara	gr.	13.74	12.34	---	
Peso del suelo seco	gr.	10.96	11.14	---	
Contenido de humedad	%	19.6	19.7	---	

4.- Grafico de limite liquido



5.- Resultado

Índice de plasticidad

2 %

Índice de consistencia

9.7 %

Índice de liquidez / fluidez

-8.7 %

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Peso específico y absorción de agregados gruesos

Norma: MTC E 206

Proyecto : * INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024*

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUB RASANTE Muestra : M - 01

1.- Datos de la muestra

Calicata : C - 01 Estrato : E-1 Tipo de muestra : Subrasante
Coordenadas : 19K 38042L / 8023473 Profundidad : De 0.30 a 1.50 metros Fecha de muestreo : 5/Marzo/2024

2.- Datos del ensayo

Ítem	Descripción	Unidad	Muestra		Promedio
			M - 01	M - 02	
1	Número de tara	n°	41	48	Peso específico seca 2.674 gr/cm ³
2	Peso SSS* del suelo en el aire	g	6909	7485	
3	Temperatura del agua	°C	23	23	Peso específico saturada 2.708 gr/cm ³
4	Peso sumergido del suelo SSS*	g	4358	472	
5	Volumen de la masa + volumen de vacíos	g	2551	2765	Peso específico aparente-seca 2.767 gr/cm ³
6	Peso seco del suelo	g	682	7395	
7	Volumen de la masa	cm ³	2462	2675	Peso específico (Base seca) 2.673
8	Peso específico (Base seca)	g/cm ³	2673	2675	
9	Peso específico (Base saturada)	g/cm ³	2.708	2.707	2.707 gr/cm ³
10	Peso específico (Aparente base seca)	g/cm ³	2.770	2.764	

3.- Determinación de absorción

Ítem	Descripción	Unidad	Muestra		Promedio
			M - 01	M - 02	
1	Número de tara	n°	D	T	1.26 %
2	Peso SSS* del suelo en el aire	g	6909	7485	
3	Peso seco del suelo	g	682	7395	
4	Peso del agua	g	89	9	
5	Absorción	%	1.305	1.217	

GEOTEC SUR E.I.R.L.
WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Método de ensayo estandar para la gravedad especifica de solidos del suelo mediante picnometro de agua

Norma: MTC E 113

Proyecto : 'INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUBRASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024'

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUBRASANTE Muestra : M - 01

1.- Datos de la muestra

Cálicata : C - 01 Estrato : E - 1 Tipo de muestra : Subrasante
Coordenadas : 19K380421/8023473 Profundidad : De 0.10 a 150 metros Fecha de muestreo : 05/Marzo/2024

2.- Determinación de gravedad especifica

Ítem	Descripción	Unidad	Muestra		Gravedad especifica
			M - 01	M - 02	
1	Numero de Fiola	n°	II	---	2.537 gr/cm ³
2	Peso SSS* del suelo en el aire	g	100.7	---	
3	Temperatura del agua	C°	21.0	---	
4	Peso Fiola + Agua (enrase)	g.	686.2	---	
5	Peso Fiola + Agua + Muestra	g.	786.9	---	
6	Peso Muestra + Agua en la Fiola (enrase)	g.	747.20	---	
7	Volumen de Masa + Volumen de Vacíos	cm ³	39.7	---	
8	Peso especifico (Aparente base seca)	gr/cm ³	2.537	---	

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Abrasión los Ángeles al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 1/2")

Norma: MTC E 207

Proyecto : "INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUBRASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024"

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUBRASANTE Muestra : M-01

1.- Datos de la muestra

Calicata : C-01	Estrato : E-1	Tipo de muestra : Subrasante
Coordenadas : 19K380421/8023473	Profundidad : De 0.10 a 15.0 metros	Fecha de muestreo : 5/Marzo/2024

2.- Ensayo de abrasión los ángeles

Descripción						Muestra		3.- Descripción		
Tamiz que pasa	Tamiz que retiene		Peso muestra según norma	Unidad	M-1	M-2	Especificación técnica			
mm	ulg	mm					ulg	Máxim o 40% de desgaste		
375	11/2"	25.4	1"		---	---	Datos de las esferas			
25	1"	19	3/4"	1250 ± 10	g	1250.0	Método	N° Esferas	Peso de esf.	
19	3/4"	127	1/2"	1250 ± 10	g	1250.0	A	12	5000 ± 25	
125	1/2"	95.2	3/8"	1250 ± 10	g	1249.0	Peso muestra inicial			
95	3/8"	635	1/4"	1250 ± 10	g	1251.0	25000.0 gr.			
63	1/4"	475	N° 04		g		Promedio de desgaste			
475	N°4	236	N° 08		g		18%			
Peso muestra total					g	50000	Interpretación			
Peso de pérdida del ensayo					g	880.0	Cumple con Esp. Técnica			
Peso obtenido después del ensayo					g	4120.0				
Número de esferas utilizado en el ensayo					n°	12				
Peso de las esferas utilizado en el ensayo					g	5000 ± 25				
porcentaje de desgaste					%	18				

4.- Información técnica: Granulometría para el ensayo

Esfera		Mét.	Peso de la muestra (gr)							
Cant.	Carga		Inicial	1 1/2" - 1"	1" - 3/4"	3/4" - 1/2"	1/2" - 3/8"	3/8" - 1/4"	1/4" - N° 4	N° 4 - N° 8
12	5000 ± 25	A	5000 ± 25	1250 ± 10	1250 ± 10	1250 ± 10	1250 ± 10			
11	4584 ± 25	B	5000 ± 10			2500 ± 10	2500 ± 10			
8	3330 ± 20	C	5000 ± 10					2500 ± 10	2500 ± 10	
6	2500 ± 10	D	5000 ± 10							5000 ± 10

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Metodo de ensayo estandar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino

Norma: MTC E 114

Proyecto : INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUB RASANTE Muestra : M - 01

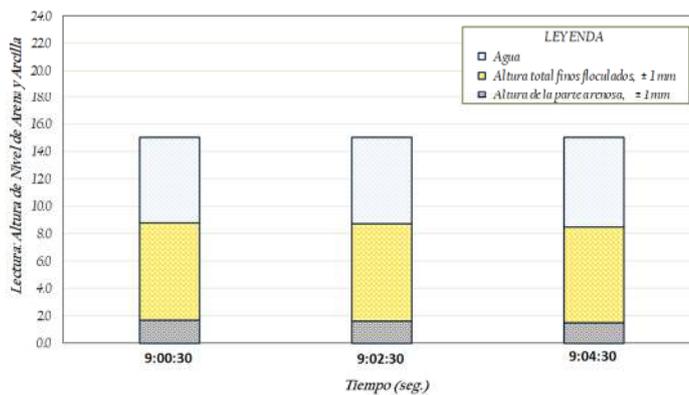
1.- Datos de la muestra

Calicata : C - 01	Estrato : E - 1	Tipo de muestra : Subrasante
Coordenadas : 19K380421/8023473	Profundidad : De 0.10 a 150 metros	Fecha de muestra : 5/Marzo/2024

2.- Determinación de equivalente de arena

Item	Descripción	Unidad	M - 01	M - 02	M - 03
1	Lectura cronometro de entrada a saturación	min:s	8:40:00 a.m.	8:42:00 a.m.	8:44:00 a.m.
2	Lectura cronometro: salida de saturación	min:s	8:50:00 a.m.	8:52:00 a.m.	8:54:00 a.m.
3	Tiempo de saturación (Ts), Ts = 10 ± 1 min	min:s	00:10:00	00:10:00	00:10:00
4	Tiempo de agitación (Ta), Ta = 40 ± 3 seg	s	00:00:30	00:00:30	00:00:30
5	Lectura cronometro: entrada a decantación	min:s	8:50:30 a.m.	8:52:30 a.m.	8:54:30 a.m.
6	Lectura cronometro: salida de decantación	min:s	9:10:30 a.m.	9:12:30 a.m.	9:14:30 a.m.
7	Tiempo decantación (Td), Td = 20 ± 15 seg	s	00:20:00	00:20:00	00:20:00
8	Altura total finos floculados, ± 1 mm	mm	8.8	8.7	8.5
9	Altura de la parte arenosa, ± 1 mm	mm	1.7	1.6	1.5
10	Equivalente de arena	%	19.3	18.4	17.6

3.- Grafico de equivalente de arena



4.- Descripción

Especificación Técnica

Mínimo 75 %

Equivalente de arena

18 %

Interpretación

Cumple con las Esp. Técnica

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEOLOGO GEOTECNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μ m (N° 200) por lavado

Norma: MTC E 202

Proyecto : 'INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024'

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUB RASANTE Muestra : M - 01

1.- Datos de la muestra

Calicata : C - 01	Estrato : E - 1	Tipo de muestra : Sub rasante
Coordenadas : 19K380421/8023473	Profundidad : De 0.10 a 1.50 metros	Fecha de muestreo : 05/Marzo/2024

2.- Material fino que pasa por el tamiz N° 200

Ítem	Descripción	Unidad	Muestra		
			M - 1	M - 2	M - 3
1	Numero de la tara	n°	I	II	III
2	Peso Muestra Seca Inicial + Tara	g	102435	123641	113673
3	Peso Muestra Seca después de lavado + Tara	g	86523	102489	95934
4	Peso de la Tara	g	0.00	0.00	0.00
5	Peso Muestra Seca Neto Inicial	g	102435	123641	113673
6	Peso Muestra Seca Neto Retenido en Tamiz N° 200	g	86523	102489	95934
7	Peso Muestra pasante Tamiz N° 200	g	15912	21152	17739
8	Porcentaje pasante tamiz n° 200	%	15.5	17.1	15.6

3.- Resultado del ensayo

Especificación técnica	Promedio	Resultado
Máximo 5.00 %	16.1 %	No cumple las esp. Técnicas

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Densidad mínima y peso unitario

Norma: NTP 339.138 / ASTM D 4254

Proyecto : 'INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024'

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUB RASANTE Muestra : M - 01

1.- Datos de la muestra

Calicata : C - 01 Estrato : E - 1 Tipo de muestra : Subrasante
Coordenadas : 19K380421/8023473 Profundidad : De 0.10 a 1.50 metros Fecha de muestreo : 05/Marzo/2024

2.- Densidad mínima

Ítem	Descripción	Unidad	Muestra			Promedio
			M - 01	M - 02	M - 03	
<i>Contenido de humedad</i>						
1	N° de Tara	n°	G	T	Q	1.278 %
2	Peso Muestra húmeda + Tara	g	1203	1499	1495	
3	Peso Muestra Seca + Tara	g	1188	1480	1476	
4	Peso del Agua	g	150	190	190	
5	Peso de la Tara	g	0.0	0.0	0.0	
6	Peso Muestra Seca	g	1188	1480	1476	
7	Contenido de humedad	%	1.26	1.28	1.29	
<i>Densidad mínima</i>						
1	Peso Muestra Húmedo + Molde	g	103010	10315	10324	1.666 gr/cm ³
2	Peso del Molde	g	19220	19220	19220	
3	Peso Muestra Neta Húmeda	g	8379.0	8393.0	8402.0	
4	Peso Neto de la Muestra Seca	g	8274.5	8286.6	8295.2	
5	Volumen del Molde	cm ³	4972.8	4972.8	4972.8	
6	Peso retenido en el tamiz N° 4 (grava)	g	405.20	404.00	406.00	
7	Peso pasante del tamiz N° 4 (fino)	g	4222.5	4246.6	4235.2	
8	Porcentaje retenido en el tamiz N° 4	%	49.0	48.8	48.9	
9	Porcentaje pasante del tamiz N° 4	%	51.0	51.2	51.1	
10	Peso específico de la grava	g/cm ³	2.672	2.672	2.672	
11	Densidad Mínima Seca	gr/cm ³	1.664	1.666	1.668	

3.- Corrección de densidad mínima

Ítem	Descripción	Unidad	Muestra			Promedio corregido
			M - 01	M - 02	M - 03	
1	% de Grava según Granulometría	%	57.34	57.34	57.34	1.777 gr/cm ³
2	% de Fino según Granulometría	%	42.66	42.66	42.66	
3	Volumen de la Grava	cm ³	1516.4	1511.9	1519.4	
4	Volumen de los finos	cm ³	3456.4	3460.9	3453.4	
5	Densidad pasante al Tamiz N° 4	g/cm ³	1.222	1.227	1.226	
6	Densidad Mínima corregido	gr/cm ³	1.774	1.779	1.778	

GEOTEC SUR E.I.R.L.

W.A.
WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Compactación de suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor modificado)

Norma: MTC E 115

Proyecto : 'INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024'

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA

Material : SUB RASANTE

Muestra : M - 01

1.- Datos de la muestra

Calicata	: C - 01	Estrato	: E - 1	Tipo de muestra	: Subrasante
Coordenadas	: 19K 380421/ 8023473	Profundidad	: De 0.10 a 150 metros	Fecha de muestreo	: 5/Marzo/2024

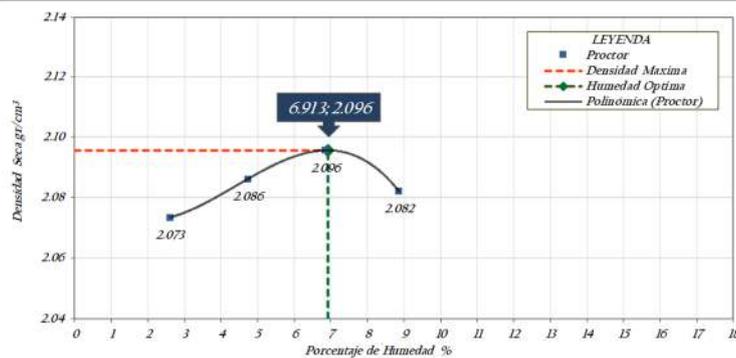
2.- Datos del ensayo

Método:	C	Golpes:	56	Capas:	3	Peso de Molde:	7113. gr.	Vol. de molde:	2100.10 cm ³
---------	---	---------	----	--------	---	----------------	-----------	----------------	-------------------------

3.- Ensayo de compactación

Item	Descripción	Unidad	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04
1	Peso suelo húmedo + molde	gr	11581	11701	11815	11873
2	Peso del molde	gr	7113	7113	7113	7113
3	Volumen del molde	gr/cm ³	2100.10	2100.10	2100.10	2100.10
4	Peso suelo húmedo	gr	4468	4588	4702	4760
5	Densidad suelo húmedo	gr/cm ³	2.128	2.185	2.239	2.267
Contenido de humedad						
6	Id. Capsula	N°	A	W	S	X
7	Peso del suelo hum. + capsula	gr	3617	3281	3484	3355
8	Peso del suelo seco + capsula	gr	3525	3133	3261	3082
9	Peso del agua	gr	920	1480	2230	2730
10	Peso de la capsula	gr	0.00	0.00	0.00	0.00
11	Peso del suelo seco	gr	35250	31330	32610	30820
12	Contenido de humedad	%	2.61	4.72	6.84	8.86
Densidad seca						
13	Densidad seca	gr/cm ³	2.073	2.086	2.096	2.082

4.- Grafico de Proctor modificado



5.- Resultados

Densidad máxima

2.096 gr/cm³

Humedad optima

6.9 %

Peso específico

2.708 gr/cm³

Tipo de suelo

Grava limosa GM

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEOLOGO GEOTECNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
 AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 RUC: 20532697965



Densidad en el sitio - metodo nuclear a profundidad reducida

Norma: MTC E 124

PROYECTO : 'INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024'

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material SUB RASANTE Muestra M - 01

1.- Datos de ubicación

Calicata : C - 01 Estrato E - 1 Tipo de muestra Sub rasante
 Coordenadas : 19K 380421 / 802347: Profundidad De 0.10 a 1.50 metros Fecha de muestreo 05/Marzo/2024

2.- Datos del equipo

INFORMACION DEL EQUIPO	TROXLER 3440
Nº DE SERIE DEL EQUIPO	66426
INFORME DE CALIBRACION	102-2023-C6TE
MODULO DE ENSAYO	TRANSMISION DIRECTA

3.- Datos del ensayo

UBICACIÓN	-E15
REFERENCIA	E - 1
Nº DE PUNTO	1
FECHA DE ENSAYO	DISTRITO DE PACHÍA
% HUMEDAD	1.2 %
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	1.823 (gr/cm ³)
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.801 (gr/cm ³)

4.- Observaciones

El ensayo se realizó durante la exploración en el estrato indicado

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PÉRCIA LAURA
 ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
 CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



CBR de suelo (Laboratorio)

Norma: MTC E 132

Proyecto : INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024'

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUB RASANTE Muestra : M - 01

1.- Descripción de la muestra

Calicata : C - 01 Estrato : E - I Tipo de muestra : Sub rasante
Coordenadas : 19K380421 / 8023473 Profundidad : De 0.10 a 1.50 metros Fecha de muestreo : 5/Marzo/2024

2. Datos para el ensayo

Clasificación	Densidad máxima	N° de capas	Molde I		Molde II		Molde III	
			Peso	Volumen	Peso	Volumen	Peso	Volumen
SUCS AASHTO	Densidad máxima Humedad optima							
GM A-1-b	2.096 gr/cm ³ 6.91 %	5	7446 gr.	2110.3 cm ³	6409 gr.	2108.4 cm ³	6241 gr.	2106.6 cm ³

3. Densidad de muestras

Item	Descripción	Unidad	12 Golpes		25 Golpes		56 Golpes	
			Normal	Saturado	Normal	Saturado	Normal	Saturado
1	Numero de molde	n°	1		II		III	
2	Peso su do húm edo + molde	g	11960		11097		11104	
3	Peso su do húm edo	g	4514		4688		4863	
4	Densidad suelo húmedo,	gr/cm ³	2.139		2.223		2.308	
Contenido de humedad								
5	Numero de la Tara	n°	41		46		40	
6	Peso del Su do Húm edo + Tara	g	30260		30260		30260	
7	Peso del Su do Seco + Tara	g	28310		28310		28310	
8	Peso del Agua	g	1950		1950		1950	
9	Peso de la Tara	g	0.00		0.00		0.00	
10	Peso del Su do Seco	g	2831		28310		28310	
11	Contenido de Humedad	%	6.89		6.89		6.89	
12	Densidad Seca	gr/cm ³	2.001		2.080		2.160	

4. Penetración de CBR

Carga Estándar	Penetración en		Lectura dial (división)			FUERZA (kg)					
						12 Golpes		25 Golpes		56 Golpes	
	mm	pulg.	12 Golpes	25 Golpes	56 Golpes	Directa	Corregida	Directa	Corregida	Directa	Corregida
Área del pistón:	0.00	0.000	0	0	0	0		0		0	
	0.64	0.025	7	9	10	32		41		45	
	1.27	0.050	16	20	26	73		91		119	
24.19 cm ²	1.91	0.075	32	46	58	146		210		265	
	70.5 Lb	2.54	0.100	45	64	86	206	207*	293	340*	394
105.7 Lb	3.81	0.150	69	106	128	316		486		586	
	5.08	0.200	90	138	196	412	412*	632	632*	898	898*
	6.35	0.250	121	180	254	554		825		1164	
	7.62	0.300	146	224	337	669		1027		1545	

5.- Expansión de CBR

Tiempo	Fecha-hora	Lectura dial (Div)	0.001"	0.025	Alturas						
					mm	%	mm	%	mm	%	
	08/07/24 - 08:00	0	0.0	0.0	0.00	0.00 %	0.00	0.00 %	0.00	0.00 %	
	09/07/24 - 08:00	24	1,136.0	976.0	50.0	28.85	22.72 %	24.79	19.52 %	1.27	1.00 %
	10/07/24 - 08:00	48	1,185.0	1,028.0	108.0	30.10	23.70 %	26.11	20.56 %	2.74	2.16 %

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
 AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 RUC: 20532697965



CBR de suelo (Laboratorio)

Norma: MTC E 132

Proyecto : 'INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUBRASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024'

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA **Material** : SUBRASANTE **Muestra** : M - 01

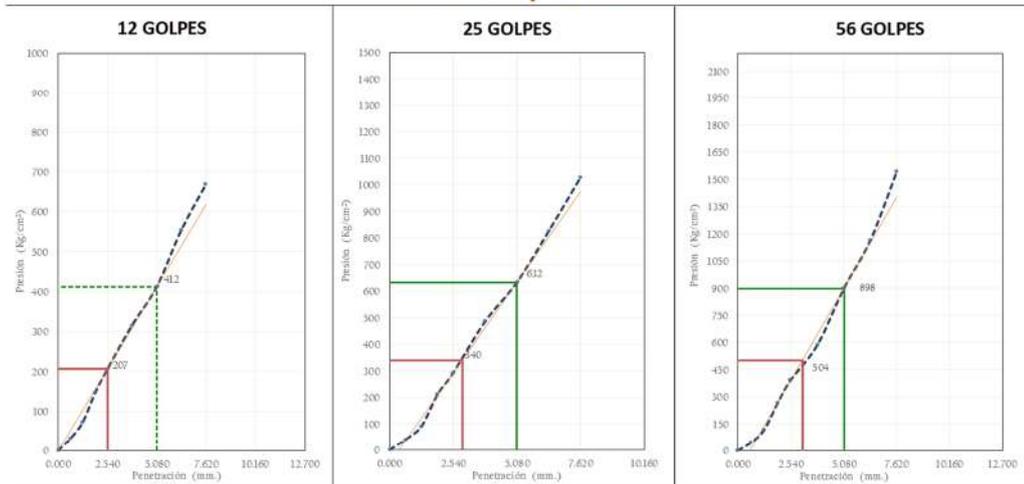
1.- Descripción de la muestra

Calicata : C-01 **Estrato** : E-1 **Tipo de muestra** : Subrasante
Coordenadas : 19K.380421/8023473 **Profundidad** : De 0.10 a 150 metros **Fecha de muestreo** : 05/Marzo/2024

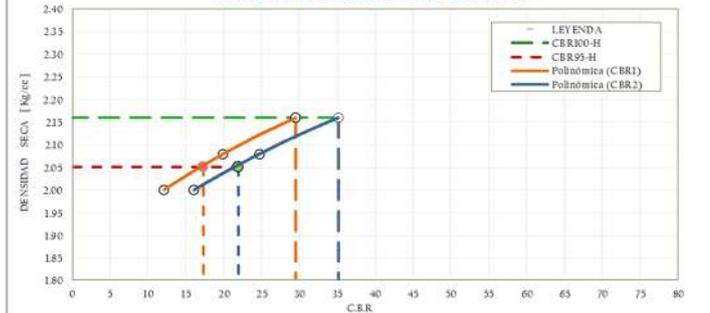
2. Datos del Ensayo

Ensayo de CBR	12 Golpes	25 Golpes	56 Golpes	Proctor		CBR Final	
Densidad Seca prom	2.001	2.080	2.160	Humedad óptima	6.913	Penetración 1"	2"
Penetración 1"	12.1	19.9	29.6	MDS	2.096	100% MDS	29.6
Penetración 2"	16.1	24.7	35.1	95% de la MDS	1.991	95% MDS	17.3

3.- Curva de penetración



4.- Curva de determinación de CBR



5.- Resultados

D Máxima CBR100% 2160 gr/cm³
 D Máxima CBR95% 2052 gr/cm³
 Densidad Máxima 2096 gr/cm³
 95% Densidad Máxima 1991 gr/cm³

CBR, Penetración de 1"

100% de la MDS 30%
 95% de la MDS 17%

CBR, Penetración de 2"

100% de la MDS 35%
 95% de la MDS 22%

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
 ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
 CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Durabilidad al sulfato de magnesio

Norma: MTC E 209

Proyecto : "INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024"

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUB RASANTE Muestra : M-01

1.- Datos de la muestra

Calicata : C-01 Estrato : E-1 Tipo de muestra : Sub rasante
Coordenadas : 19K 380421/ 8023473 Profundidad : De 0.10 a 15.0 metros Fecha de muestreo : 05/Marzo/2024

2.- Durabilidad de los agregados gruesos

Fracción		Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	P. ret. despues del ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)
Pasa	Retiene				(g)	%	
2 1/2"	2"	3000±300					
2"	1 1/2"	2000±200					
1 1/2"	1"	1000±50					
1"	3/4"	500±30	500.20	496.10	4.10	0.82	0.07
3/4"	1/2"	670±10	670.00	668.40	1.60	0.24	0.07
1/2"	3/8"	300±5	300.00	295.70	3.40	1.13	0.25
3/8"	Nº 4	300±5	300.00	295.80	4.20	1.40	0.55
TOTALES			1770.30	1757.00	13.30		0.95

3.- Porcentaje de durabilidad permisible de los agregados gruesos

Establecido por norma	Máximo 18.00 %	Obtenido	0.9 %
-----------------------	----------------	----------	-------

4.- Durabilidad de los agregados finos

Fracción		Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	P. ret. despues del ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)
Pasa	Retiene				(g)	%	
3/8"	Nº 4	---					
Nº 4	Nº 8	100.00	100.00	97.30	2.70	2.70	0.73
Nº 8	Nº 16	100.00	100.00	98.10	1.90	1.90	0.37
Nº 16	Nº 30	100.00	100.00	97.50	2.50	2.50	0.50
Nº 30	Nº 50	100.00	100.00	96.90	3.10	3.10	0.57
Nº 50	Nº 100	100.00	100.00	97.30	2.70	2.70	0.22
<Nº 100		100.00	100.00	98.70	1.30	1.30	0.09
TOTALES			600.00	585.80	14.20		2.48

5.- Porcentaje de durabilidad permisible de los agregados finos

Establecido por norma	Máximo 15.00 %	Obtenido	2.5 %
-----------------------	----------------	----------	-------

GEOTEC SUR E.I.R.L.
ING.
WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTECNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Durabilidad al sulfato de sodio

Norma: MTC E 209

Proyecto : "INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024"

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUB RASANTE Muestra : M-01

1.- Datos de la muestra

Calicata : C-01 Estrato : E-1 Tipo de muestra : Sub rasante
Coordenadas : 19K 380421 / 8023473 Profundidad : De 0.10 a 15.0 metros Fecha de muestreo : 05/Marzo/2024

2.- Durabilidad de los agregados gruesos

Fracción		Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	P. ret. despues del ensayo (g)	Perdida		Perdida corregida (%)
Pasa	Retiene				(g)	%	
2 1/2"	2"	3000±300					
2"	1 1/2"	2000±200					
1 1/2"	1"	1000±50					
1"	3/4"	500±30	500.00	490.20	9.80	196	0.18
3/4"	1/2"	670±10	670.00	657.30	12.70	190	0.55
1/2"	3/8"	300±5	300.20	297.10	3.10	103	0.23
3/8"	Nº 4	300±5	300.00	295.80	4.20	140	0.55
TOTALES			1770.20	1740.40	29.80		1.51

3.- Porcentaje de durabilidad permisible de los agregados gruesos

Establecido por norma	Máximo 18.00 %	Obtenido	1.5 %
-----------------------	----------------	----------	-------

4.- Durabilidad de los agregados finos

Fracción		Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	P. ret. despues del ensayo (g)	Perdida		Perdida corregida (%)
Pasa	Retiene				(g)	%	
3/8"	Nº 4	---					
Nº 4	Nº 8	100.00	100.00	96.10	3.90	390	1.06
Nº 8	Nº 16	100.00	100.00	98.00	2.00	200	0.39
Nº 16	Nº 30	100.00	100.00	96.20	3.80	380	0.77
Nº 30	Nº 50	100.00	100.00	97.80	2.20	220	0.40
Nº 50	Nº 100	100.00	100.00	97.10	2.90	290	0.24
<Nº 100		100.00	100.00	98.00	2.00	200	0.14
TOTALES			600.00	583.20	16.80		2.99

5.- Porcentaje de durabilidad permisible de los agregados finos

Establecido por norma	Máximo 15.00 %	Obtenido	3.0 %
-----------------------	----------------	----------	-------

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTECNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Determinación del contenido de humedad de un suelo

Norma: MTC E 108

Proyecto : INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUBRASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUBRASANTE Muestra : M - 02

1.- Datos de la muestra

Calicata : C - 02 Estrato : E - 1 Tipo de muestra : Subrasante
Coordenadas : 19K 380429 / 8023525 Profundidad : De 0.10 a 1.50 metros Fecha de muestreo : 5/Marzo/2024

2.- Contenido de humedad natural

Ítem	Descripción	Unidad	Muestra de suelo			Promedio
			M - 01	M - 02	M - 03	
1	N° de Tara		2	11	---	
2	Peso Muestra húmeda + Tara	g	105960	107010	---	
3	Peso Muestra Seca + Tara	g	104110	105140	---	
4	Peso del Agua	g	1850	1870	---	1.96 %
5	Peso de la Tara	g	1045	937	---	
6	Peso Muestra Seca	g	9366	9577	---	
7	Contenido de humedad	%	1.98	1.95	---	

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
 AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 RUC: 20532697965



Análisis granulométrico de suelo por tamizado

Norma: MTC E 107

Proyecto : INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOI. DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA **Materia:** SUB RASANTE **Muestra :** M - 02

1.- Datos de la muestra

Calicata : C - 02 **Estrato :** E - 1 **Tipo de muestra :** Sub rasante
Coordenadas : 19K 380429 / 8023525 **Profundidad :** De 0.10 a 150 m cmós **Fecha de muestreo :** 05/Marzo/2024

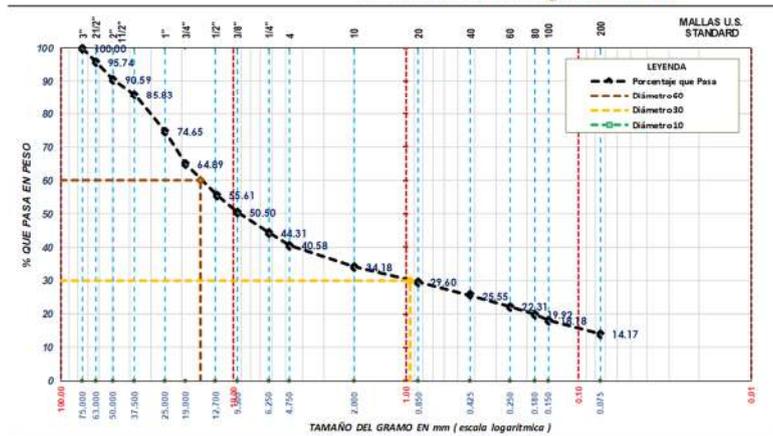
2.- Datos del ensayo

Clasificación Según ASTM	Tamiz ASTM		Peso muestra (gr)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)	
	pulgada	mm					
Canto rodado	3 1/2"	87.500					
Grava De 4.75 mm hasta 75.00 mm	GRUESA	3"	75.000			100.00	
		2 1/2"	63.000	8540	4.26	95.74	
		2"	50.000	10320	5.15	94.1	
		1 1/2"	37.500	955.0	4.76	14.17	85.83
	FINA	1"	25.000	22410	11.8	25.35	74.65
		3/4"	19.000	19560	9.76	35.11	64.89
		1/2"	12.500	18590	9.27	44.39	55.61
		3/8"	9.500	1025.0	5.11	49.50	50.50
	1/4"	6.250	12410	6.19	55.69	44.31	
	Nº4	4.750	7480	3.73	59.42	40.58	
Arena De 0.075 mm hasta 4.75 mm	GRUESA	Nº10	2000	88.4	640	65.82	34.18
		Nº20	0.850	63.2	4.58	70.40	29.60
	MEDIA	Nº40	0.425	55.9	4.05	74.45	25.55
		Nº60	0.250	44.7	3.24	77.69	22.31
	FINA	Nº80	0.180	33.0	2.39	80.08	19.92
		Nº100	0.150	24.1	1.75	81.82	18.18
	Nº200	0.075	55.4	4.01	85.83	14.17	
Limo y arcilla	Base	0.074	195.60	14.17	100.00	0.00	

3.- Descripción

Contenido de humedad	
Porcentaje de Humedad	196 %
Datos de la muestra	
Peso Muestra Inicial	20045.0 gr.
Peso Muestra Grava	11911.0 gr.
Peso Muestra Arena	8134.0 gr.
Peso Fracción Fino < N° 4	560.3 gr.
Porcentaje de Grava	59.42 %
Porcentaje de Arena	26.41 %
Porcentaje de Limos y Arcillas	14.17 %
Límites de Atterberg	
Límite Líquido	20.44 %
Límite Plástico	19.31 %
Índice de Plasticidad	11.4 %
Peso específico / Densidades	
Peso Específico de grava	2.682 gr/cm ³
Densidad Máxima	2.107 gr/cm ³
Densidad Mínima	1.817 gr/cm ³
CBR al 95% de la MDS a 1"	19.30 %

4.- Grafico de análisis granulométrico



Tipo de muestra

Muestra alterada

SUCS	AASHTO
GM	A-1-a (0)

Grava limosa GM

Diámetros

Diámetro 60	15.57 mm
Diámetro 30	0.95 mm
Diámetro 10	

Coeficiente de uniformidad

Coeficiente de curvatura

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
 ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTECNICO
 CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Determinación de limite liquido, limite plástico e índice de plasticidad

Norma: MTC E 110 / MTC E 111

Proyecto : 'INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024'

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUB RASANTE Muestra : M - 02

1.- Datos de la muestra

Calicata : C - 02 Estrato : E-1 Tipo de muestra : Subrasante
Coordenadas : 19K380429 / 8023525 Profundidad : De 0.10 a 150 metros Fecha de muestreo : 05/Marzo/2024

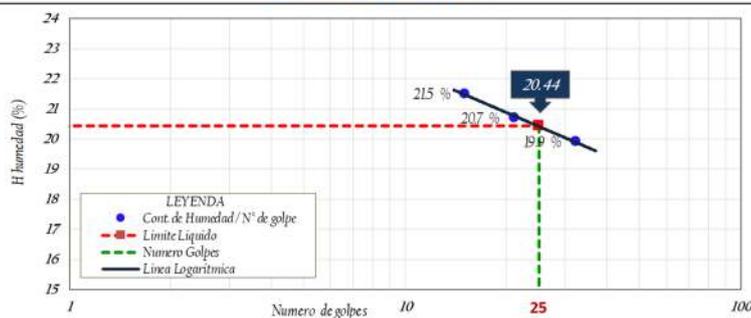
2.- Determinación de limite liquido

Descripción	Unidad	Muestras de suelos				Limite Liquido
		M - 01	M - 02	M - 03	M - 04	
Número de golpes	n°	32	21	15	---	20 %
N° Tara	n°	42	37	44	---	
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	4018	3680	4144	---	
Peso Tara + suelo seco	gr.	3620	3330	3632	---	
Peso del agua	gr.	398	35	512	---	
Peso de la tara	gr.	1623	1641	1252	---	
Peso del suelo seco	gr.	1997	1689	238	---	
Contenido de humedad	%	19.9 %	20.7 %	21.5 %	---	

3.- Determinación de limite plástico

Descripción	Unidad	Muestras de suelos			Limite Plástico
		M - 01	M - 02	M - 03	
N° Tara	n°	E	T	---	19 %
Peso Tara + suelo húmedo	gr.	2800	2683	---	
Peso Tara + suelo seco	gr.	2549	2427	---	
Peso del agua	gr.	251	256	---	
Peso de la tara	gr.	1245	1105	---	
Peso del suelo seco	gr.	1304	1322	---	
Contenido de humedad	%	19.2 %	19.4 %	---	

4.- Grafico de limite liquido



5.- Resultado

Índice de plasticidad

1 %

Índice de consistencia

16.2 %

Índice de liquidez / fluidez

15.2 %

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEOLOGO GEOTECNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Peso específico y absorción de agregados gruesos

Norma: MTC E 206

Proyecto : * INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024*

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUB RASANTE Muestra : M - 02

1.- Datos de la muestra

Calicata : C - 02 Estrato : E-1 Tipo de muestra : Subrasante
Coordenadas : 19K 380429 / 8023525 Profundidad : De 0.10 a 1.50 metros Fecha de muestreo : 5/Marzo/2024

2.- Datos del ensayo

Ítem	Descripción	Unidad	Muestra		Promedio
			M - 01	M - 02	
1	Número de tara	n°	32	40	Peso específico seca
2	Peso SSS* del suelo en el aire	g	6564	6642	
3	Temperatura del agua	°C	23	23	2.649 gr/cm ³
4	Peso sumergido del suelo SSS*	g	4112	417	
5	Volumen de la masa + volumen de vacíos	g	245.2	247.2	Peso específico saturada
6	Peso seco del suelo	g	6483	6563	
7	Volumen de la masa	cm ³	2371	2393	2.682 gr/cm ³
8	Peso específico (Base seca)	g/cm ³	2644	2655	
9	Peso específico (Base saturada)	g/cm ³	2.677	2.687	Peso específico aparente-seca
10	Peso específico (Aparente base seca)	g/cm ³	2.734	2.743	

3.- Determinación de absorción

Ítem	Descripción	Unidad	Muestra		Promedio
			M - 01	M - 02	
1	Número de tara	n°	D	T	1.23 %
2	Peso SSS* del suelo en el aire	g	6564	6642	
3	Peso seco del suelo	g	6483	6563	
4	Peso del agua	g	81	79	
5	Absorción	%	1.249	1.204	

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Método de ensayo estandar para la gravedad especifica de solidos del suelo mediante picnometro de agua

Norma: MTC E 113

Proyecto : 'INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024'

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUB RASANTE Muestra : M - 02

1.- Datos de la muestra

Cálicata : C - 02 Estrato : E - 1 Tipo de muestra : Subrasante
Coordenadas : 19K380429 / 8023525 Profundidad : De 0.10 a 150 metros Fecha de muestreo : 05/Marzo/2024

2.- Determinación de gravedad especifica

Ítem	Descripción	Unidad	Muestra		Gravedad especifica
			M - 01	M - 02	
1	Numero de Fiola	n°	11	---	2569 gr/cm ³
2	Peso SSS* del suelo en el aire	g	1002	---	
3	Temperatura del agua	C°	22.3	---	
4	Peso Fiola + Agua (enrase)	g.	6867	---	
5	Peso Fiola + Agua + Muestra	g.	7869	---	
6	Peso Muestra + Agua en la Fiola (enrase)	g.	74790	---	
7	Volumen de Masa + Volumen de Vacíos	cm ³	39.0	---	
8	Peso especifico (Aparente base seca)	gr/cm ³	2569	---	

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEOLOGO GEOTECNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Abrasion los Angeles al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 1/2")

Norma: MTC E 207

Proyecto : 'INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024'

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUB RASANTE Muestra : M - 02

1.- Datos de la muestra

Calicata : C - 02	Estrato : E - 1	Tipo de muestra : Sub rasante
Coordenadas : 19K380429 / 8023525	Profundidad : De 0.10 a 15.0 metros	Fecha de muestreo : 5/Marzo/2024

2.- Ensayo de abrasión los ángeles

Descripción						Muestra	
Tamiz que pasa	Tamiz que retiene		Peso muestra según norma	Unidad	M-1	M-2	
mm	pulgá	mm					pulgá
375	1 1/2"	25.4	1"		---	---	
25	1"	19	3/4"	1250 ± 10	g	125.20	
19	3/4"	127	1/2"	1250 ± 10	g	125.00	
125	1/2"	95.2	3/8"	1250 ± 10	g	125.00	
95	3/8"	635	1/4"	1250 ± 10	g	125.06	
63	1/4"	475	N° 04		g	---	
475	N° 4	236	N° 08		g	---	
Peso muestra total				g	500.26	---	
Peso de pérdida del ensayo				g	987.6	---	
Peso obtenido después del ensayo				g	4015.0	---	
Número de esferas utilizado en el ensayo				n°	12	---	
Peso de las esferas utilizado en el ensayo				g	5000 ± 25	---	
porcentaje de desgaste				%	20	---	

3.- Descripción

Especificación técnica		
Máxim o 40 % de desgaste		
Datos de las esferas		
Método	N° Esferas	Peso de esf.
A	12	5000 ± 25
Peso muestra inicial		
2500.6 g.		
Promedio de desgaste		
20%		
Interpretación		
Cumple con Esp. Técnica		

4.- Información técnica: Granulometría para el ensayo

Esfera		Mec.	Peso de la muestra (gr)							
Cant.	Carga		Inicial	1 1/2" - 1"	1" - 3/4"	3/4" - 1/2"	1/2" - 3/8"	3/8" - 1/4"	1/4" - N° 4	N° 4 - N° 8
12	5000 ± 25	A	5000 ± 25	1250 ± 10	1250 ± 10	1250 ± 10	1250 ± 10			
11	4584 ± 25	B	5000 ± 10			2500 ± 10	2500 ± 10			
8	3330 ± 20	C	5000 ± 10					2500 ± 10	2500 ± 10	
6	2500 ± 10	D	5000 ± 10							5000 ± 10

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
CIP N° 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Metodo de ensayo estandar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino

Norma: MTC E 114

Proyecto : INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUB RASANTE Muestra : M - 02

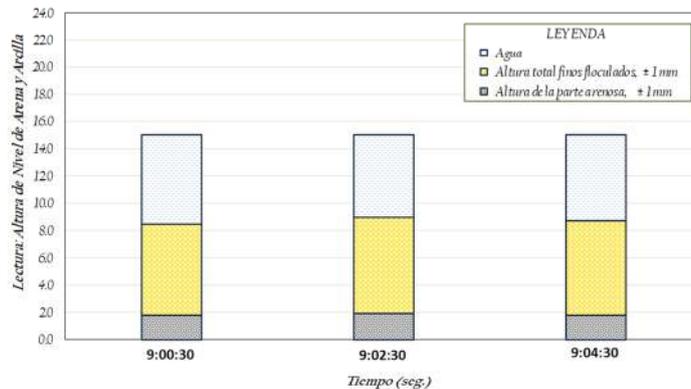
1.- Datos de la muestra

Calicata : C - 02	Estrato : E - 1	Tipo de muestra : Subrasante
Coordenadas : 19K380429 / 8023525	Profundidad : De 0.10 a 150 metros	Fecha de muestra : 5/Marzo/2024

2.- Determinación de equivalente de arena

Ítem	Descripción	Unidad	M - 01	M - 02	M - 03
1	Lectura cronometro de entrada a saturación	min:s	8:40:00 a.m.	8:42:00 a.m.	8:44:00 a.m.
2	Lectura cronometro: salida de saturación	min:s	8:50:00 a.m.	8:52:00 a.m.	8:54:00 a.m.
3	Tiempo de saturación (Ts), Ts = 10 ± 1 min	min:s	00:10:00	00:10:00	00:10:00
4	Tiempo de agitación (Ta), Ta = 40 ± 3 seg	s	00:00:30	00:00:30	00:00:30
5	Lectura cronometro: entrada a decantación	min:s	8:50:30 a.m.	8:52:30 a.m.	8:54:30 a.m.
6	Lectura cronometro: salida de decantación	min:s	9:10:30 a.m.	9:12:30 a.m.	9:14:30 a.m.
7	Tiempo decantación (Td), Td = 20 ± 15 seg	s	00:20:00	00:20:00	00:20:00
8	Altura total finos floculados, ± 1 mm	mm	85	90	87
9	Altura de la parte arenosa, ± 1 mm	mm	18	19	18
10	Equivalente de arena	%	21.2	21.1	20.7

3.- Grafico de equivalente de arena



4.- Descripción

Especificación Técnica

Mínimo 75 %

Equivalente de arena

21 %

Interpretación

Cumple con las Esp. Técnica

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEOLOGO GEOTECNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μ m (N° 200) por lavado

Norma: MTC E 202

Proyecto : INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUB RASANTE Muestra : M - 02

1.- Datos de la muestra

Calicata : C - 02	Estrato : E - 1	Tipo de muestra : Sub rasante
Coordenadas : 19K380429 / 8023525	Profundidad : De 0.10 a 1.50 metros	Fecha de muestreo : 05/Marzo/2024

2.- Material fino que pasa por el tamiz N° 200

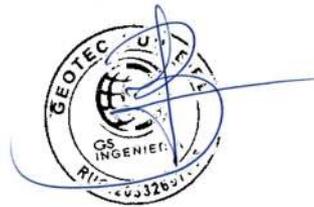
Ítem	Descripción	Unidad	Muestra		
			M - 1	M - 2	M - 3
1	Numero de la tara	n°	I	II	III
2	Peso Muestra Seca Inicial + Tara	g	123482	1168.42	1269.14
3	Peso Muestra Seca después de lavado + Tara	g	1047.21	989.38	1074.30
4	Peso de la Tara	g	0.00	0.00	0.00
5	Peso Muestra Seca Neto Inicial	g	123482	1168.42	1269.14
6	Peso Muestra Seca Neto Retenido en Tamiz N° 200	g	1047.21	989.38	1074.30
7	Peso Muestra pasante Tamiz N° 200	g	187.61	179.04	194.84
8	Porcentaje pasante tamiz n° 200	%	15.2	15.3	15.4

3.- Resultado del ensayo

Especificación técnica	Promedio	Resultado
Máximo 5.00 %	15.3 %	No cumple las esp. Técnicas

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Densidad mínima y peso unitario

Norma: NTP 339.138 / ASTM D 4254

Proyecto : 'INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUBRASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024'

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUBRASANTE Muestra : M - 02

1.- Datos de la muestra

Calicata	: C - 02	Estrato	: E - 1	Tipo de muestra	: Subrasante
Coordenadas	: 19K380429 / 8023525	Profundidad	: De 0.10 a 150 metros	Fecha de muestreo	: 05/Marzo/2024

2.- Densidad mínima

Item	Descripción	Unidad	Muestra			Promedio
			M - 01	M - 02	M - 03	
<i>Contenido de humedad</i>						
1	N° de Tara	n°	G	T	Q	1.361 %
2	Peso Muestra húmeda + Tara	g	15.63	18.65	18.65	
3	Peso Muestra Seca + Tara	g	15.47	18.39	18.35	
4	Peso del Agua	g	1.60	2.60	3.00	
5	Peso de la Tara	g	0.0	0.0	0.0	
6	Peso Muestra Seca	g	15.47	18.39	18.35	
7	Contenido de humedad	%	1.03	1.41	1.63	
<i>Densidad mínima</i>						
1	Peso Muestra Humedo + Molde	g	10418.0	10398	10429	1.685 gr/cm ³
2	Peso del Molde	g	19220	19220	19220	
3	Peso Muestra Neta Humeda	g	8496.0	8476.0	8507.0	
4	Peso Neto de la Muestra Seca	g	8409.0	8357.8	8370.2	
5	Volumen del Molde	cm ³	4972.8	4972.8	4972.8	
6	Peso retenido en el tamiz N° 4 (grava)	g	4150.0	4138.0	4158.0	
7	Peso pasante del tamiz N° 4 (fino)	g	4259.0	4219.8	4212.2	
8	Porcentaje retenido en el tamiz N° 4	%	49.4	49.5	49.7	
9	Porcentaje pasante del tamiz N° 4	%	50.6	50.5	50.3	
10	Peso específico de la grava	g/cm ³	2.672	2.672	2.672	
11	Densidad Mínima Seca	gr/cm ³	1.691	1.681	1.683	

3.- Corrección de densidad mínima

Item	Descripción	Unidad	Muestra			Promedio corregido
			M - 01	M - 02	M - 03	
1	% de Grava según Granulometría	%	59.42	59.42	59.42	1.817 gr/cm ³
2	% de Fino según Granulometría	%	40.58	40.58	40.58	
3	Volumen de la Grava	cm ³	1533.1	1548.6	1556.1	
4	Volumen de los finos	cm ³	3419.7	3424.2	3416.7	
5	Densidad pasante al Tamiz N° 4	g/cm ³	1.245	1.232	1.233	
6	Densidad Mínima corregido	gr/cm ³	1.824	1.813	1.813	

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEOLOGO GEOTECNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Compactación de suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor modificado)

Norma: MTC E 115

Proyecto : ' INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024'

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA

Material : SUB RASANTE

Muestra : M - 02

1.- Datos de la muestra

Calicata	: C - 02	Estrato	: E - 1	Tipo de muestra	: Subrasante
Coordenadas	: 19K 380429 / 8023525	Profundidad	: De 0.10 a 15.0 metros	Fecha de muestreo	: 5/Marzo/2024

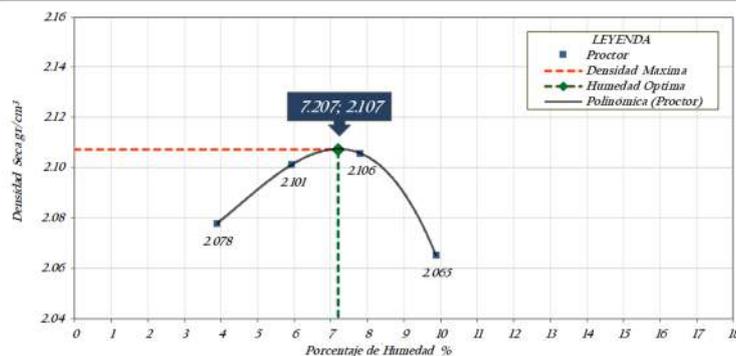
2.- Datos del ensayo

Método:	C	Golpes:	56	Capas:	3	Peso de Molde:	7113. gr.	Vol. de molde:	2100.10 cm ³
---------	---	---------	----	--------	---	----------------	-----------	----------------	-------------------------

3.- Ensayo de compactación

Item	Descripción	Unidad	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04
1	Peso suelo húmedo + molde	gr	11646	11787	11880	11878
2	Peso del molde	gr	7113	7113	7113	7113
3	Volumen del molde	gr/cm ³	2100.10	2100.10	2100.10	2100.10
4	Peso suelo húmedo	gr	4533	4674	4767	4765
5	Densidad suelo húmedo	gr/cm ³	2.158	2.226	2.270	2.269
Contenido de humedad						
6	Id. Capsula	N°	F	S	W	Y
7	Peso del suelo hum. + capsula	gr	2565	2841	3026	2481
8	Peso del suelo seco + capsula	gr	2469	2682	2807	2258
9	Peso del agua	gr	9.60	15.90	21.90	2230
10	Peso de la capsula	gr	0.00	0.00	0.00	0.00
11	Peso del suelo seco	gr	24690	26820	28070	22580
12	Contenido de humedad	%	3.89	5.93	7.80	9.88
Densidad seca						
13	Densidad seca	gr/cm ³	2.078	2.101	2.106	2.065

4.- Grafico de Proctor modificado



5.- Resultados

Densidad máxima

2.107 gr/cm³

Humedad óptima

7.2 %

Peso específico

2.682 gr/cm³

Tipo de suelo

Grava limosa GM

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTECNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Densidad en el sitio - método nuclear a profundidad reducida

Norma: MTC E 124

PROYECTO : 'INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024'

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material SUB RASANTE Muestra M - 02

1.- Datos de ubicación

Calicata : C-02 Estrato E-1 Tipo de muestra Sub rasante
Coordenadas : 19K 380429 / 8023525 Profundidad De 0.10 a 1.50 metros Fecha de muestreo 05/Marzo/2024

2.- Datos del equipo

INFORMACION DEL EQUIPO	TROXLER 340
N° DE SERIE DEL EQUIPO	66426
INFORME DE CALIBRACION	102-2023-C6TE
MODODE ENSAYO	TRANSMISION DIRECTA

3.- Datos del ensayo

UBICACIÓN	C-02
REFERENCIA	E-1
N° DE PUNTO	1
FECHA DE ENSAYO	19K 380429 / 8023525
% HUMEDAD	1.4 %
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	1.899 (gr/cm ³)
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.874 (gr/cm ³)

4.- Observaciones

El ensayo se realizó durante la exploración en el estrato indicado

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
CIP N° 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



CBR de suelo (Laboratorio)

Norma: MTC E 132

Proyecto : INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024*

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUB RASANTE Muestra : M - 02

1.- Descripción de la muestra

Calicata : C - 02 Estrato : E-1 Tipo de muestra : Subrasante
Coordenadas : 9K380429 / 8023525 Profundidad : De 0.10 a 1.50 metros Fecha de muestreo : 5/Marzo/2024

2. Datos para el ensayo

Clasificación SUCS	AASHTO	Densidad máxima		N° de capas	Molde I		Molde II		Molde III	
		Densidad máxima	Humedad óptima		Peso	Volumen	Peso	Volumen	Peso	Volumen
GM	A-1-a	2.107 gr/cm ³	7.21 %	5	7446 gr.	2110.3 cm ³	6409 gr.	2108.4 cm ³	6241 gr.	2106.6 cm ³

3. Densidad de muestras

Ítem	Descripción	Unidad	12 Golpes		25 Golpes		56 Golpes		
			Normal	Saturado	Normal	Saturado	Normal	Saturado	
1	Numero de molde	n°	1		1		1		
2	Peso suelo húmedo + molde	g	11,987		11,121		11,125		
3	Peso suelo húmedo	g	4,541		4,712		4,884		
4	Densidad suelo húmedo,	gr/cm ³	2.152		2.235		2.318		
Contenido de humedad									
5	Numero de la Tara	n°	41		46		40		
6	Peso del Suelo Húmedo + Tara	g	25680		25680		25680		
7	Peso del Suelo Seco + Tara	g	24070		24070		24070		
8	Peso del Agua	g	1610		1610		1610		
9	Peso de la Tara	g	0.00		0.00		0.00		
10	Peso del Suelo Seco	g	2407		24070		24070		
11	Contenido de Humedad	%	6.69		6.69		6.69		
12	Densidad Seca	gr/cm ³	2.017		2.095		2.173		

4. Penetración de CBR

Carga Estándar	Penetración en		Lectura dial (división)			FUERZA (kg)					
						12 Golpes		25 Golpes		56 Golpes	
	mm	pulg.	12 Golpes	25 Golpes	56 Golpes	Directa	Corregida	Directa	Corregida	Directa	Corregida
Área del pistón:	0.00	0.000	0	0	0	0		0		0	
	0.64	0.025	8	9	9	36		41		41	
	1.27	0.050	20	22	25	91		100		114	
24.19 cm ²	1.91	0.075	41	55	63	187		252		288	
	2.54	0.100	55	72	94	252	253*	330	381*	431	532*
	3.81	0.150	79	125	152	362		573		697	
105.7 Lb	5.08	0.200	110	155	210	504	504*	710	710*	963	963*
	6.35	0.250	141	200	284	646		917		1302	
	7.62	0.300	174	265	362	797		1,215		1,660	

5.- Expansión de CBR

Tiempo	Fecha-hora	(Hrs)	Lectura dial (Div)			0.001"		0.025		Alturas		H _{mostr} * 127.0 mm	
			12 Golpes	25 Golpes	56 Golpes	mm	%	mm	%	mm	%		
			08/07/24 - 08:00	0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00 %	0.00	0.00 %	0.00	0.00 %
09/07/24 - 08:00	24	1,136.0	976.0	50.0	28.85	22.72 %	24.79	19.52 %	1.27	1.00 %			
10/07/24 - 08:00	48	1,185.0	1,028.0	108.0	30.10	23.70 %	26.11	20.56 %	2.74	2.16 %			

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEOLOGO GEOTECNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
 AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 RUC: 20532697965



CBR de suelo (Laboratorio)

Norma: MIC E 132

Proyecto : 'INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024'

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA **Material** : SUB RASANTE **Muestra** : M - 02

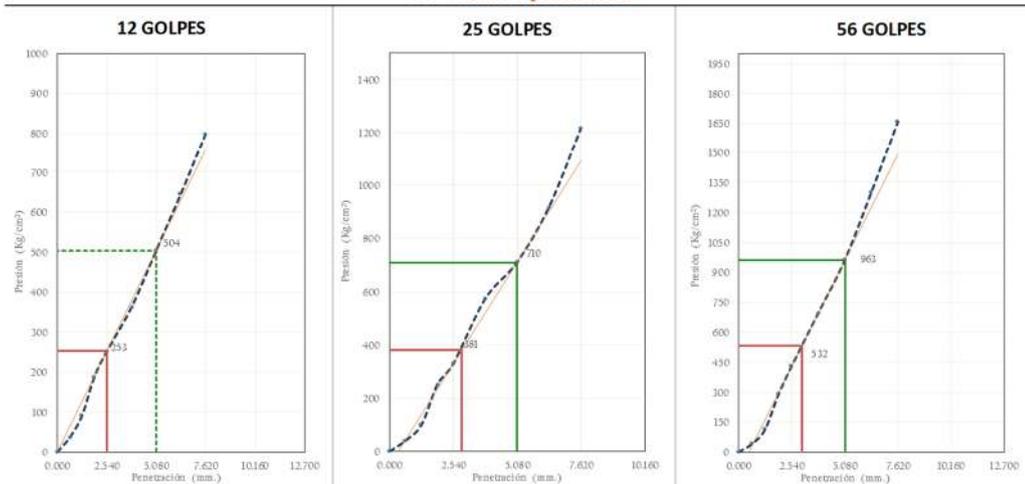
1.- Descripción de la muestra

Calicata : C-02 **Estrato** : E-1 **Tipo de muestra** : Subrasante
Coordenadas : 19K380429/8023525 **Profundidad** : De 0.10 a 1.50 metros **Fecha de muestreo** : 05/Marzo/2024

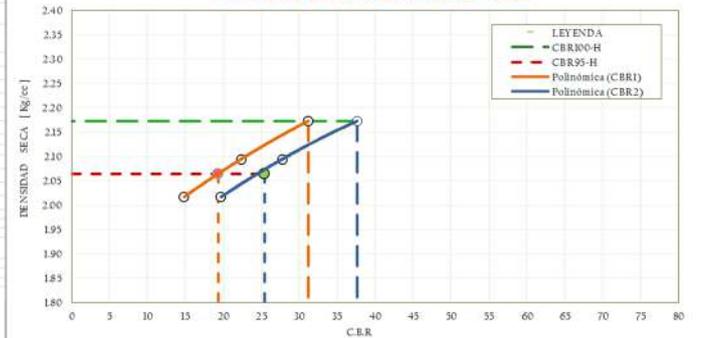
2. Datos del Ensayo

Ensayo de CBR	12 Golpes	25 Golpes	56 Golpes	Proctor		CBR Final	
Densidad Seca prom.	2.017	2.095	2.173	Humedad óptima	7.207	Penetración 1"	2"
Penetración 1"	14.8	22.4	31.2	MDS	2.107	100% MDS	31.2 37.7
Penetración 2"	19.7	27.8	37.7	95 % de la MDS	2.002	95 % MDS	19.3 25.4

3.- Curva de penetración



4.- Curva de determinación de CBR



5.- Resultados

D. Máxima CBR100% 2173 g/cm³
 D. Máxima CBR95% 2064 g/cm³
 Densidad Máxima 2107 g/cm³
 95% Densidad Máxima 2002 g/cm³

CBR, Penetración de 1"

100 % de la MDS 31%
 95 % de la MDS 19 %

CBR, Penetración de 2"

100 % de la MDS 38%
 95 % de la MDS 25 %

GEOTEC SUR E.I.R.L.
 WILMER KENNY PERCA LAURA
 ING. CIVIL - GEOLOGO GEOTECNICO
 CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Durabilidad al sulfato de magnesio

Norma: MTC E 209

Proyecto : "INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024"

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUB RASANTE Muestra : M - 02

1.- Datos de la muestra

Calicata : C - 02 Estrato : E - 1 Tipo de muestra : Sub rasante
Coordenadas : 19K 380429 / 8023525 Profundidad : De 0.10 a 150 metros Fecha de muestreo : 05/Marzo/2024

2.- Durabilidad de los agregados gruesos

Fracción		Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	P. ret. despues del ensayo (g)	Perdida		Perdida corregida (%)
Pasa	Retiene				(g)	%	
2 1/2"	2"	3000+300					
2"	1 1/2"	2000+200					
1 1/2"	1"	1000+50					
1"	3/4"	500+30	500.00	495.10	490	0.98	0.09
3/4"	1/2"	670+10	670.00	665.30	470	0.70	0.20
1/2"	3/8"	300+5	300.00	298.40	160	0.53	0.12
3/8"	Nº 4	300+5	300.10	296.40	370	1.23	0.49
TOTALES			1770.10	1755.20	14.90		0.90

3.- Porcentaje de durabilidad permisible de los agregados gruesos

Establecido por norma	Máximo 18.00 %	Obtenido	0.9 %
-----------------------	----------------	----------	-------

4.- Durabilidad de los agregados finos

Fracción		Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	P. ret. despues del ensayo (g)	Perdida		Perdida corregida (%)
Pasa	Retiene				(g)	%	
3/8"	Nº 4	---					
Nº 4	Nº 8	100.00	100.00	98.10	190	190	0.51
Nº 8	Nº 16	100.00	100.00	96.30	370	370	0.72
Nº 16	Nº 30	100.00	100.00	97.40	260	260	0.52
Nº 30	Nº 50	100.00	100.00	96.40	360	360	0.66
Nº 50	Nº 100	100.00	100.00	97.68	232	232	0.19
<Nº 100		100.00	100.00	97.40	260	260	0.18
TOTALES			600.00	583.28	16.72		2.78

5.- Porcentaje de durabilidad permisible de los agregados finos

Establecido por norma	Máximo 15.00 %	Obtenido	2.8 %
-----------------------	----------------	----------	-------

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Durabilidad al sulfato de sodio

Norma: MTC E 209

Proyecto : "INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024"

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA Material : SUB RASANTE Muestra : M-02

1.- Datos de la muestra

Calicata : C-02 Estrato : E-1 Tipo de muestra : Sub rasante
Coordenadas : 19K 380429 / 8023525 Profundidad : De 0.10 a 15.0 metros Fecha de muestreo : 05/Marzo/2024

2.- Durabilidad de los agregados gruesos

Fracción		Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	Peso ret. después del ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)
Pasa	Retiene				(g)	%	
2 1/2"	2"	3000±300					
2"	1 1/2"	2000±200					
1 1/2"	1"	1000±50					
1"	3/4"	500±30	500.00	49280	7.20	1.44	0.13
3/4"	1/2"	670±10	670.00	665.40	4.60	0.69	0.20
1/2"	3/8"	300±5	300.10	29600	4.10	1.37	0.31
3/8"	Nº 4	300±5	300.20	297.10	3.10	1.03	0.41
TOTALES			1770.30	1751.30	19.00		1.04

3.- Porcentaje de durabilidad permisible de los agregados gruesos

Establecido por norma	Máximo 18.00 %	Obtenido	1.0 %
-----------------------	----------------	----------	-------

4.- Durabilidad de los agregados finos

Fracción		Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	P. ret. después del ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)
Pasa	Retiene				(g)	%	
3/8"	Nº 4	---					
Nº 4	Nº 8	100.00	100.00	97.10	2.90	2.90	1.18
Nº 8	Nº 16	100.00	100.00	97.40	2.60	2.60	0.89
Nº 16	Nº 30	100.00	100.00	98.00	2.00	2.00	0.40
Nº 30	Nº 50	100.00	100.00	97.00	3.00	3.00	0.55
Nº 50	Nº 100	100.00	100.00	98.40	1.60	1.60	0.13
<Nº 100		100.00	100.00	97.00	3.00	3.00	0.21
TOTALES			600.00	584.90	15.10		3.36

5.- Porcentaje de durabilidad permisible de los agregados finos

Establecido por norma	Máximo 15.00 %	Obtenido	3.4 %
-----------------------	----------------	----------	-------

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
CIP Nº 304786



Anexo 2: Diseño de mezcla con emulsión



GEOTEC SUR E.I.R.L.
 AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 RUC: 20532697965



Método de ensayo para el análisis granulométrico

Norma: MTC - 204 / ASTM C 136, C 117

Proyecto : INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOI. DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA - TACNA

Solicitante : Tesista UPT

Reporte : 03-2024

1.- Datos de la muestra

Procedencia : *Miculla - Pachía* Muestra : *M-1* Tipo de muestra : *Suelo - emulsión*
 Material : *Sub rasante* Aplicación : *Estabilización* Fecha de muestreo : *10/Abril/2024*

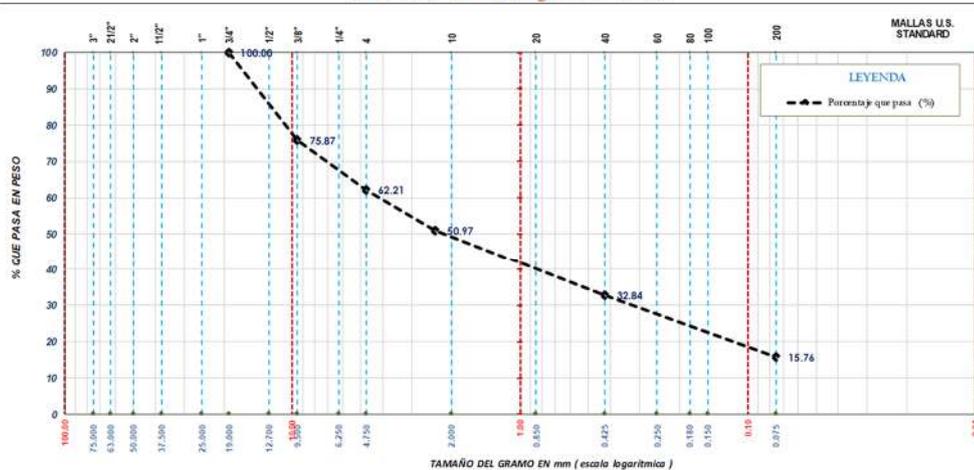
2.- Datos del ensayo

Clasificación Según ASTM	Tamaño ASTM		Peso muestra (gr)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)	
	pulgada	mm					
Grava	Gruesa	1 1/2"	37.500			100.00	
		1"	25.000				
		3/4"	19.000				
Arena	Fina	3/8"	9.500	3065.0	2413	75.87	
		Nº4	4.750	1734.0	13.65	62.21	
	Gruesa	Nº8	2.360	89.6	1124	49.03	30.97
Limo y arcilla	Medio	Nº40	0.425	144.5	1813	67.16	32.84
	Fina	Nº200	0.075	136.1	17.08	84.24	15.76
Base			125.55	15.76	100.00	0.00	

3.- Datos de la muestra

Humedad de Agregados	
Peso Muestra húmeda	13514.0 gr.
Peso Muestra seca	12700.6 gr.
Peso y porcentaje de agregados	
Peso Muestra Grava	4799.0 gr.
Peso Muestra Arena	7901.6 gr.
Peso Fracción Fino < N° 4	495.8 gr.
Porcentaje de Grava	37.79 %
Porcentaje de Arena	46.46 %
Porcentaje de Limos y Arcillas	15.76 %

4.- Grafico de análisis granulométrico



5.- Equipos utilizados para el ensayo

Balanza de 1gr	Tamiz 2"	Tamiz 3/4"	Tamiz 1/4"	Tamiz n° 20	Tamiz n° 80
Tamiz 3"	Tamiz 1"	Tamiz 3/8"	Tamiz n° 10	Tamiz n° 60	Tamiz n° 200

6.- Observación

Muestreado en el estado!

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
 ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
 CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Ensayo de Recubrimiento

Norma:

Procedencia : INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024
Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA - TACNA Solicitante : Tesista UPT Reporte : 03-2024

1.- Datos de la muestra

Procedencia : *Miculla - Pachia* Muestra : *M-1* Tipo de muestra : *Suelo - emulsión*
Material : *Sub rasante* Aplicación : *Estabilización* Fecha de muestreo : *10/Abril/2024*

2.- Datos del ensayo

Peso de la muestra (gr)	Contenido de asfalto en la emulsión (CA)	Contenido de agua en la emulsión (CW)	Porcentaje de emulsión (E)	Contenido de humedad del material combinado para el ensayo de recubrimiento (Wp)
1200.0 gr.	62.50 %	37.50 %	13.85 %	6.40 %

3.- Ensayo de recubrimiento

Peso de la muestra Pr		1200.0 gr.	CA (%)	62.50 %	Resultados de ensayos de Recubrimiento		
Contenido de Humedad, W _{en} (%)	Agua a adicionar W _{aa} (%)	Peso de agua (g), P _{aa}	Peso de emulsión (g), P _e	Peso agregados combinados, P _{sc} (g)	N° de partículas completo. Cubiertas	N° Total de partículas contadas	% Estimado de partículas cubiertas
6	-5.60	-67.18	175.52	1091.67	30150	49680	60.69%
7	-4.60	-55.18	173.85	1081.33	39960	49120	81.35%
8	-3.60	-43.18	172.19	1070.99	48970	48970	100.00%
9	-2.60	-31.18	170.53	1060.65	49610	49530	100.16%

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEOLOGO GEOTECNICO
CNP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
 AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 RUC: 20532697965



Gravedad Especifica Bulk

Norma:

Proyecto : INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUBRASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL. DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024
Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA - TACNA **Solicitante** : Tesista UPT **Reporte** : 03-2024

1.- Datos de la muestra

Procedencia	Miculla - Pachía	Muestra	M-1	Tipo de muestra	Sudo-emulsión
Material	Subrasante	Aplicación	Estabilización	Fecha de muestreo	10/Abril/2024

2.- Gravedad Especifica Bulk

Peso de la muestra Pt (g) : 1200 CA % : 62.5 G parafina : 0.96

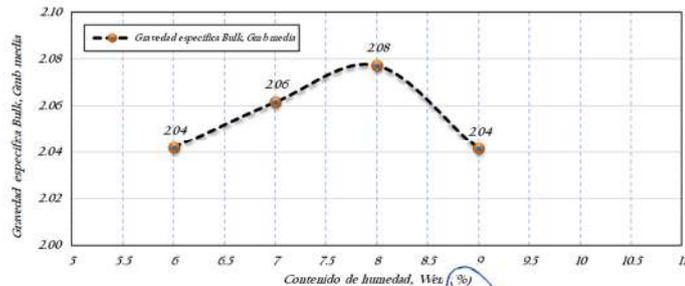
Contenido de humedad, W _{en} (%)	Agua a adicionar, W _{aa} (%)	Agua a adicionar, P _a (g)	Peso de la emulsión, P _e (g)	Peso agregados combinados, P _{sc} (g)	% Agua perdida, W _{perd}	Agua perdida (g), P _{perd}
6	-5.60	-67.18	175.52	1091.67	1	12
	-5.60	-67.18	175.52	1091.67	1	12
	-5.60	-67.18	175.52	1091.67	1	12
7	-4.60	-55.2	173.9	1081.3	1	12
	-4.60	-55.18	173.85	1081.33	1	12
	-4.60	-55.18	173.85	1081.33	1	12
8	-3.60	-43.18	172.19	1070.99	1	12
	-3.60	-43.18	172.19	1070.99	1	12
	-3.60	-43.18	172.19	1070.99	1	12
9	-2.60	-31.18	170.53	1060.65	1	12
	-2.60	-31.18	170.53	1060.65	1	12
	-2.60	-31.18	170.53	1060.65	1	12

3.- Resultados de Ensayos Gravedad Bulk

H. de compactación (%), W _{comp}	Masa espécim en seco (g), W _a	Masa espécim en seco+parafina (g), W _{ap}	Masa espécim en +parafina en agua (g), W _{wp}	Gravedad específica Bulk, G _{mb}	Gravedad específica Bulk, G _{mb media}
5	1159.0	1169.0	585.3	2022	204
5	1148.0	1156.0	591.4	2064	
5	1155.0	1162.0	588.7	2041	
6	1163.0	1172.0	594.6	2047	206
6	1151.0	1168.0	597.7	2083	
6	1162.0	1170.0	596.2	2055	
7	1172.0	1185.0	609.4	2085	208
7	1175.0	1183.0	607.4	2071	
7	1170.0	1181.0	605.8	2075	
8	1160.0	1167.0	590.6	2038	204
8	1162.0	1169.0	591.2	2037	
8	1159.0	1163.0	593.4	2050	

G_{mb} máxima : 208 Humedad óptima de la mezcla : 8

4.- Gravedad Especifica Bulk, Dmb Media



GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
 ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
 CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Estabilidad

Norma:

Proyecto : INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA - TACNA

Solicitante : Tesista UPT

Reporte : 03-2024

1.- Datos de la muestra

Procedencia	: Miculla - Pachia	Muestra	: M-1	Tipo de muestra	: Suelo - emulsión
Material	: Sub rasante	Aplicación	: Estabilización	Fecha de muestreo	: 10/Abril/2024

2.- Datos del ensayo

% Humedad de agregados combinados, W_p	640	P. de la muestra (g), P_t	1200	Contenido de asfalto en la emulsión (%), CA	625	Humedad óptima de compactación la mezcla (%), W_{op}	7
--	-----	-----------------------------	------	---	-----	--	---

Mezcla	% de emulsión, E	Peso de emulsión (g), P_e	Agua en la emulsión %, A_{ee}	Asfalto residual %, A_r	Agua a agregar %, W_{aa}	Peso Agua a agregar (g), P_{aa}	P. del agregado combinado (g), P_{ac}	Agua perdida %, W_{ped}	Agua perdida (g), P_{ped}	Humedad de compact. (%)
1	7.4	907.4	2.775	4.625	-2.18	-26.15	1135.42	1	12	7
2	8.2	1008.4	3.075	5.125	-2.48	-29.75	1128.91	1	12	7
3	9.1	112.28	3.4125	5.6875	-2.82	-33.80	1121.53	1	12	7
4	9.9	122.50	3.7125	6.1875	-3.12	-37.40	1114.90	1	12	7
5	10.7	132.79	4.0125	6.6875	-3.42	-41.00	1108.22	1	12	7

3.- Estabilidad, Flujo y GS (Briquetas Secas)

N.	Briquetas secas falladas				Gs panfina		0.96	Resultados gravedad bulk				
	Espesor (mm)	% emulsión	Estabilidad seca (Kg)	Factor de cohesión por espesor	Est. seca corregida (Kg)	Est. seca corregida (N)		Flujo (mm)	Relación estabilidad/flujo (N/mm)	Masa espec. seco (g), W_a	Masa espec. seco + panfina (g), W_{ap}	Masa espec. + panfina en agua (g), W_{a+a}
1	710		649.74	0.9750	633.50	6208.27	2.93	2118.86	1153.0	1160.0	602.3	2.09
2	700	7.4	653.82	0.9560	625.05	6125.51	2.68	2285.64	1159.0	1166.0	604.3	2.09
Promedio	70.5		651.78		629.27	6166.80	2.81	2198.53	1156.00	1163.00	603.30	2.00
3	706		670.14	0.8770	587.71	5759.59	2.92	1972.46	1155.0	1162.0	593.8	2.06
4	712	8.2	698.70	0.9050	632.32	6196.77	2.93	2114.94	1168.0	1175.0	598.0	2.05
Promedio	70.9		684.42		610.02	5978.18	2.93	2043.82	1161.50	1168.50	595.90	2.05
5	710		574.26	0.8790	504.77	4946.79	2.74	1805.40	1173.0	1180.0	596.2	2.03
6	700	9.1	573.24	0.9100	521.65	5112.15	2.89	1768.91	1157.0	1166.0	595.3	2.06
Promedio	70.5		573.75		513.21	5029.47	2.82	1786.67	1165.00	1173.00	595.75	2.05
7	740		471.24	0.8860	417.52	4091.68	2.84	1440.73	1177.0	1186.0	589.2	2.00
8	75.0	9.9	477.36	0.8710	415.78	4074.65	2.79	1460.45	1181.0	1189.0	585.8	1.99
Promedio	74.5		474.30		416.65	4083.17	2.82	1450.50	1179.00	1187.50	587.50	1.99
9	75.0		443.70	0.8600	381.58	3739.50	3.78	989.29	1173.0	1187.0	577.0	1.97
10	720	10.7	490.62	0.8660	424.88	4163.79	3.44	1210.41	1167.0	1177.0	593.6	2.04
Promedio	73.5		467.16		403.23	3951.65	3.61	1094.64	1170.00	1182.00	585.30	2.00

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



4.- Estabilidad, flujo y GS (Briquetas en Inmersión)

N.	Briquetas húmedas falladas				Gs panfina		0.96		Resultados gravedad bulk				
	Espesor (mm)	% emulsión	Estabilidad húmeda (Kg)	Factor de corrección por espesor	Estab. húmeda corr. (Kg)	Estab. húmeda corr. (N)	Flujo (mm)	Relación estabilidad/flujo (N/mm)	Masa espec. seco (g, W _s)	Masa espec. seco+panfina (g, W _{sp})	Masa espec.+panfina en agua (g, W _{sat})	Gravedad específica Bulk, Gmb	
1	69		433.50	0.9780	423.96	415.484	3.01	138034	1163	1177	608.6	2.10	
2	69.3	7.4	425.34	0.9730	413.86	405.579	3.61	1123.69	1167	1179	605.6	2.08	
Promedio	69.2		429.4		418.91	4105.31	3.31	1240.28				2.09	
3	72		419.22	0.8980	376.46	3689.30	3.87	953.31	1173	1182	598.7	2.04	
4	70	8.2	482.46	0.9700	467.99	4586.26	2.84	1614.88	1171	1185	604.9	2.07	
Promedio	71.0		450.8		422.22	4137.78	3.36	1233.32				2.06	
5	714		459.00	0.8900	408.51	4003.40	3.50	1143.83	1175	1195	613.9	2.10	
6	715	9.1	499.8	0.9080	453.82	4447.42	3.36	1323.64	1174	1182	599.6	2.05	
Promedio	71.5		479.4		431.16	4225.41	3.43	1231.90				2.07	
7	73		362.10	0.8830	319.73	3133.40	3.14	997.90	1184	1189	602.9	2.04	
8	70	9.9	365.16	0.9050	330.47	3238.60	3.03	1068.85	1183	1188	595.8	2.02	
Promedio	71.5		363.6		325.10	3186.00	3.09	1032.74				2.03	
9	72		390.66	0.8750	341.83	3349.91	3.15	1063.46	1182	1191	601.9	2.04	
10	73.1	10.7	376.38	0.8880	334.23	3275.41	2.63	1245.40	1185	1192	602.9	2.04	
Promedio	72.6		383.5		338.03	3312.66	2.89	1146.25				2.04	

5.- Perdida de Estabilidad

Mezcla	% emulsión	Estabilidad seca corregida (N)	Estabilidad húmeda corregida (N)	Perdida de estabilidad
1	7.4	66689	4105.31	33.43
2	8.2	5978.18	4137.78	30.79
3	9.1	5029.47	4225.41	15.99
4	9.9	4083.17	3186.00	21.97
5	10.7	3951.65	3312.66	16.17

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC: 20532697965



Porcentaje en volumen de vacíos con aire (VTM)

Norma:

Proyecto : INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024

Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA - TACNA

Solicitante: Tesista UPT

Reporte : 03-2024

1.- Datos de la muestra

Procedencia	: Miculla - Pachía	Muestra	: M-1	Tipo de muestra	: Suelo - emulsión
Material	: Subrasante	Aplicación	: Estabilización	Fecha de muestreo	: 10/Abril/2024

2.- Datos del ensayo

Gravedad específica Rice	Gmm	
Masa en el aire de la muestra seca (A)	1200.0	
Masa del picómetro lleno de agua (B)	825.0	2198
Masa del picómetro lleno de agua + mezcla (C)	8905.0	

Mezcla	% de emulsión	Asfalto residual (Ar)	Gravedad específica bulk promedio Gmb	Gravedad específica máxima Gmm	Porcent en vol de vacíos con aire VTM
1	7.4	4.625	209	2.20	48.4
2	8.2	5.125	206	2.20	6.45
3	9.1	5.6875	206	2.20	6.29
4	9.9	6.1875	201	2.20	8.52
5	10.7	6.6875	202	2.20	8.06

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
CIP Nº 304786





GEOTEC SUR E.I.R.L.
 AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 RUC: 20532697965



Porcentaje Optimo de Asfalto Residual

Norma:

Proyecto : INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUBRASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA – TACNA
Ubicación : DISTRITO DE PACHÍA – TACNA **Solicitante :** Tesista UPT **Reporte :** 03-2024

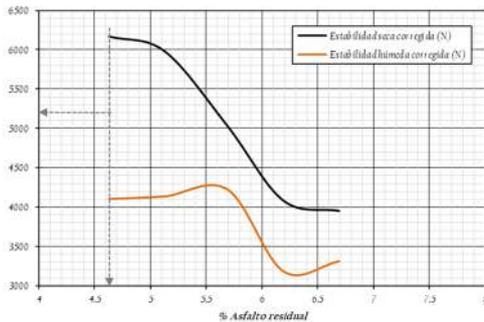
1.- Datos de la muestra

Procedencia : Miculla - Pachia **Muestra :** M-1 **Tipo de muestra :** Suelo - emulsión
Material : Subrasante **Aplicación :** Estabilización **Fecha de muestreo :** 10/Abril/2024

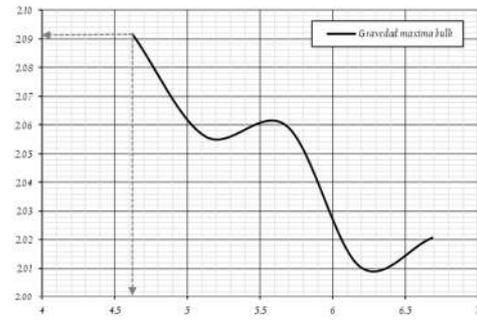
2.- Datos del Ensayo

Porcentaje Optimo de Asfalto Residual (%)			Valor de cada Parámetro según Asfalto Residual Escogido
Estabilidad seca y húmeda	4.63	Si	Estabilidad seca y húmeda 5200 N
Porcentaje en volumen de vacíos	4.6		Gravedad específica máxima bulk 2.1
Gravedad específica máxima bulk	4.61	Si	Volumen de vacíos 3.05 %
Pérdida de estabilidad	5		Porcentaje en volumen de vacíos con aire VTM 6.4 %
Flujo seco y húmedo	6.35		Pérdida de estabilidad 33 %
Vol. de vacíos	4.63	Si	Flujo 3.04 mm
Asfalto residual	4.62		% de vacíos minerales respecto al total de la mezcla (VAM) 23.2 %
			% de vacíos llenos de asfalto (VFA) 90 %
			% ligante efectivo Vbe 18.44 %

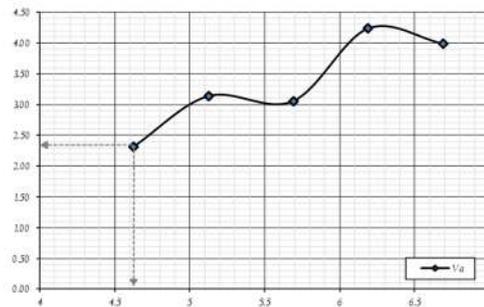
3.- Estabilidad Seca y Húmeda



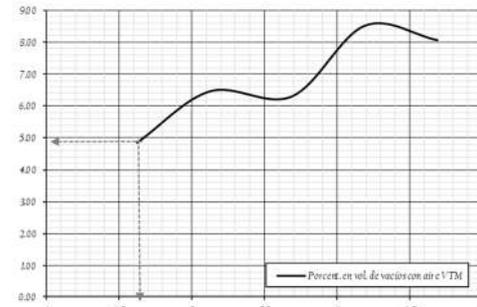
4.- Gravedad Máxima Bulk (Gmb)



5.- Volumen de Vacíos



6.- Porcentaje en Volumen de Vacíos con Aire VTM



GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
 ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
 CIP Nº 304786

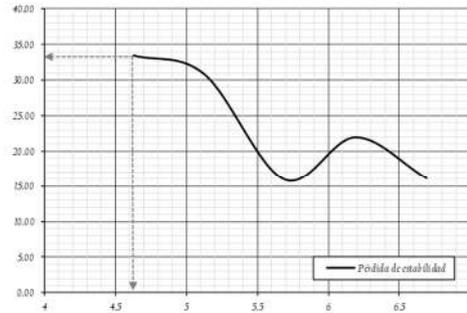




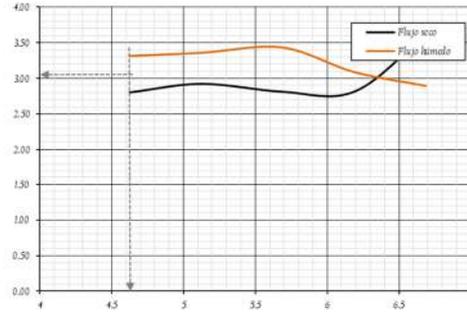
GEOTEC SUR E.I.R.L.
 AREA LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 RUC: 20532697965



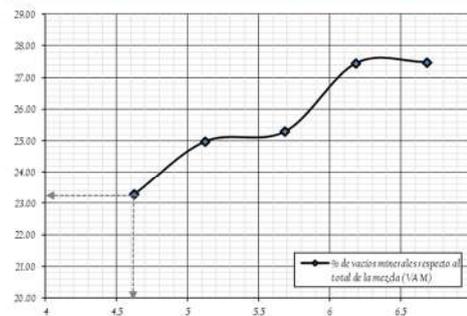
7.- Perdida de Estabilidad



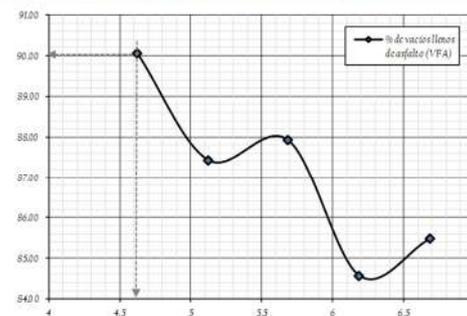
8.- Flujo



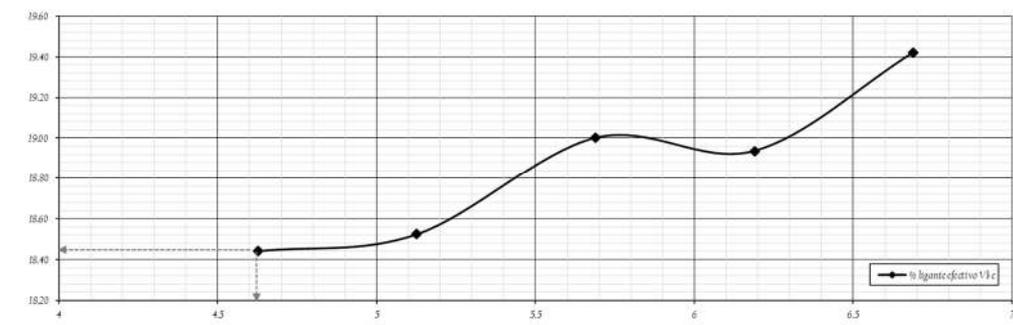
9.- Porcentaje de Vacios Minerales Respecto al Total de la Mezcla (VAM)



10.- Porcentaje de Vacios llenos de Asfalto (VFA)



11.- Porcentaje de Ligante Efectivo (Vbe)



% Óptimo de asfalto residual 4.62

% Óptimo de emulsión 7.51

GEOTEC SUR E.I.R.L.

WILMER KENNY PERCA LAURA
 ING. CIVIL - GEÓLOGO GEOTÉCNICO
 CIP Nº 304786



Anexo 3: Panel fotográfico

Ilustración 1

Vista de ubicación de la residencial Sol de Miculla



Nota. Visita de campo de la zona de estudio.

Ilustración 2

Vista de la referenciación de la zona de estudio



Nota. Referenciación de las exploraciones en el área de estudio.

Ilustración 3

Vista de la ubicación de las exploraciones.



Nota. Excavación de la exploración a cielo abierto.

Ilustración 4

Vista del perfil estratigráfico en la zona de estudio



Nota. Vista del suelo de sub rasante en la zona de estudio.

Ilustración 5

Vista del ensayo para contenido de humedad.



Nota. Ejecución de la Determinación del contenido de humedad de un suelo según la Norma MTC E 108

Ilustración 6

Vista del análisis granulométrico.



Nota. Ejecución del Análisis Granulométrico de Suelo según la Norma MTC E 107

Ilustración 7

Vista del ensayo para limite líquido.



Nota. Ejecución de límite líquido para suelos según la Norma MTC E 103

Ilustración 8

Vista del ensayo para limite plástico.



Nota. Ejecución del límite de plasticidad para suelos es la Norma MTC E 103

Ilustración 9

Vista de procedimiento del análisis granulométrico.



Nota. Se muestra la retención del agregado grueso según el tamiz.

Ilustración 10

Vista de preparación de las muestras para CBR



Nota. Vista del suelo de sub rasante en la zona de estudio.
del procedimiento de Illinois para diseño de mezcla con emulsión.

Ilustración 11

Vista del ensayo para CBR.



Nota. Ejecución del Ensayo de Índice de Capacidad de Carga (CBR) según la Norma MTC E 170

Ilustración 12

Vista de pérdidas en sulfato de magnesio.



Nota. Ejecución del ensayo de pérdidas en sulfato de magnesio está regulado por la Norma MTC E 124

Ilustración 13

Vista del análisis de pérdidas en sulfato de sodio.



Nota. Ejecución del ensayo de pérdidas en sulfato de sodio según la Norma MTC E 124

Ilustración 14

Vista de preparación de muestras para diseño.



Nota. Ejecución del procedimiento de Illinois para diseño de mezcla con emulsión.

Ilustración 15

Vista de preparación de muestras para diseño.



Nota. Ejecución del procedimiento de Illinois para diseño de mezcla con emulsión.

Ilustración 16

Vista de preparación del pedestal Marshall.



Nota. Equipo empleado en la elaboración de mezclas asfálticas para pavimentos, particularmente en pruebas de estabilidad y deformación de mezclas bituminosas.

Ilustración 17

Vista de muestras en pedestal Marshall.



Nota. Procedimiento utilizado en la preparación de muestras para ensayos de estabilidad y flujo en mezclas asfálticas.

Ilustración 18

Vista de soluciones de pérdidas en sulfato.



Nota. Insumo del ensayo de pérdidas en sulfato de sodio según la Norma MTC E

Ilustración 19

Vista de muestras para ensayo Marshall.



Nota. Vertido de la mezcla de suelo y emulsión en moldes cilíndricos con dimensiones determinadas.

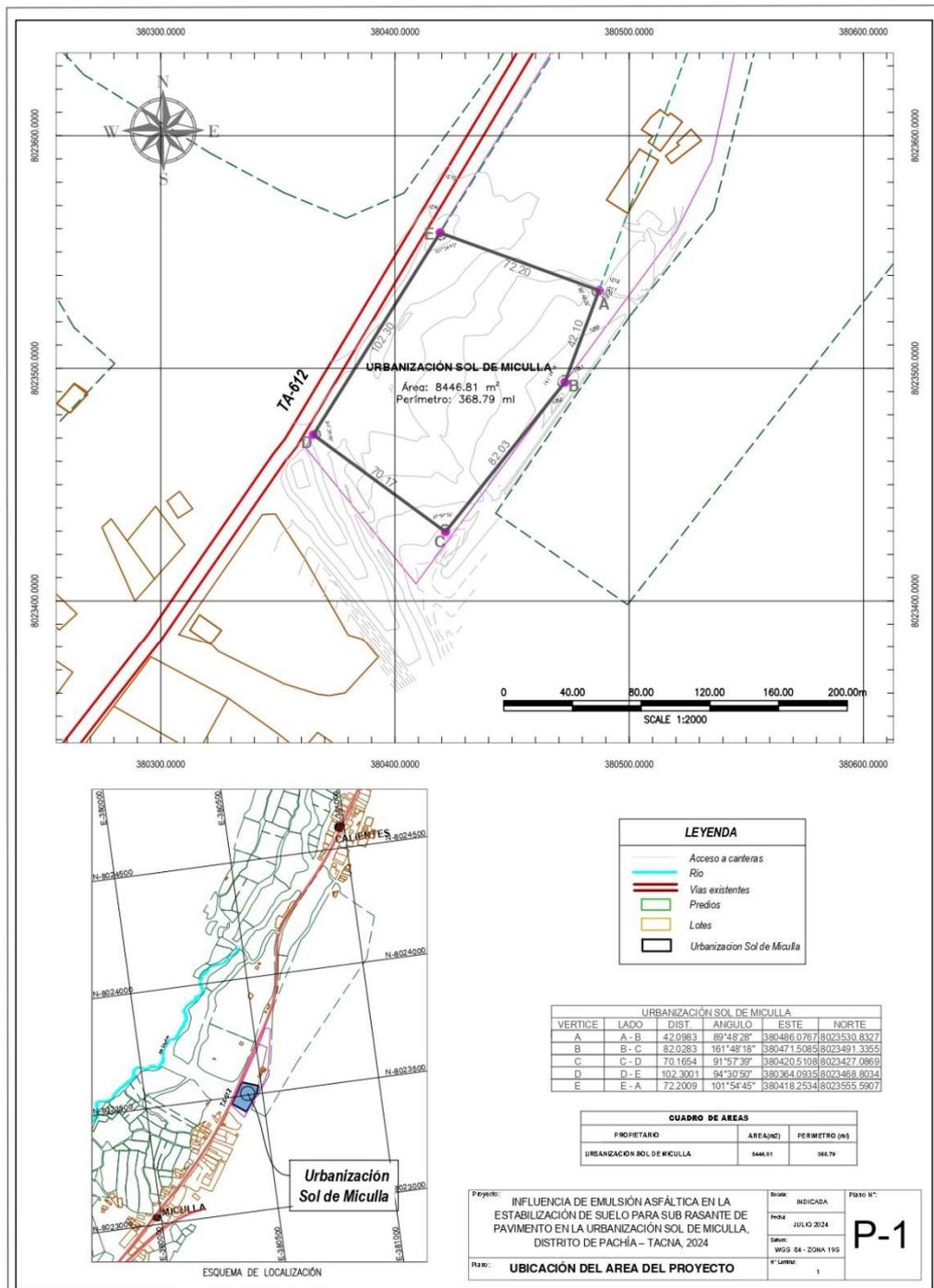
Ilustración 20

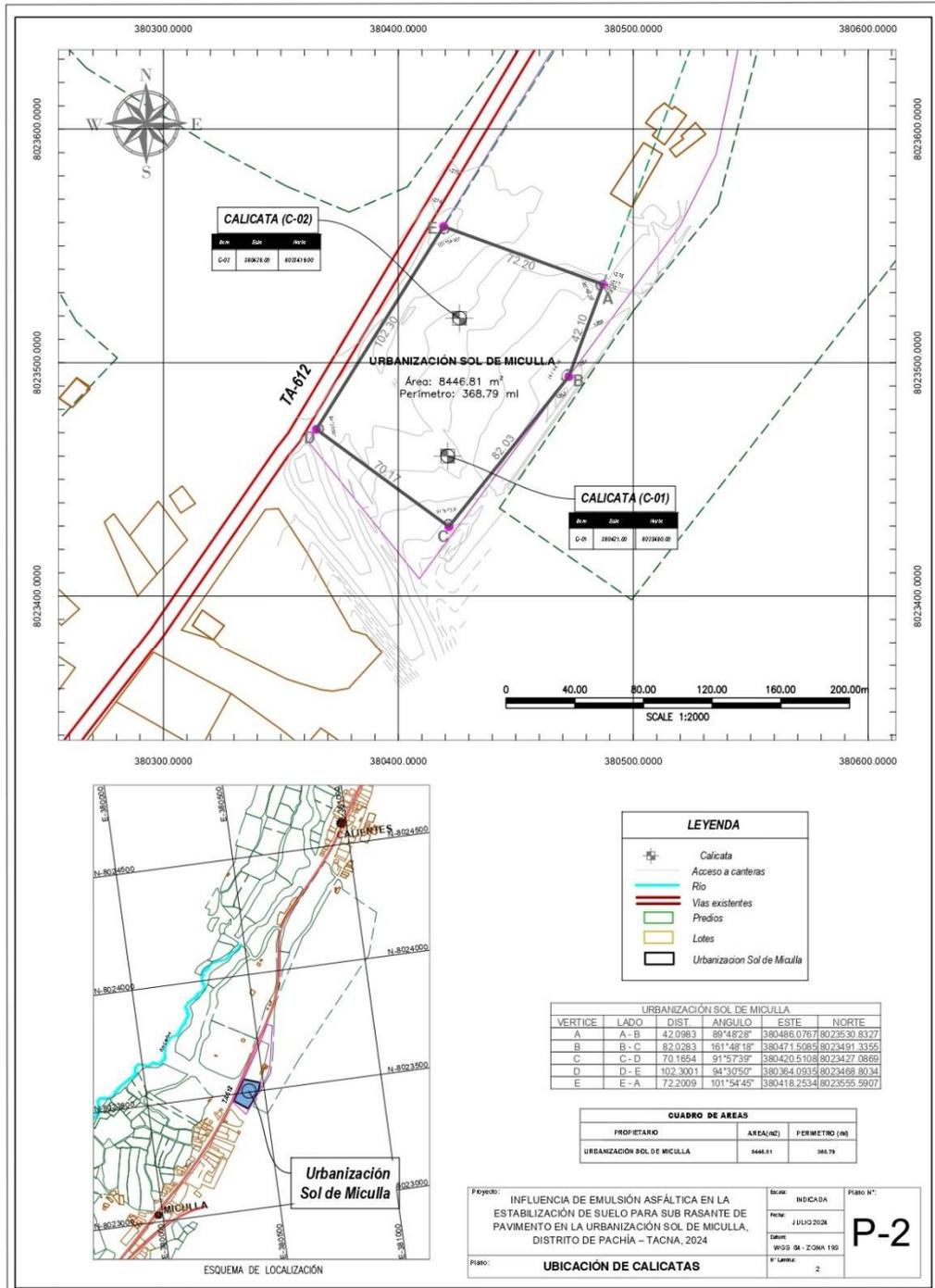
Vista de preparación para ensayo Marshall.

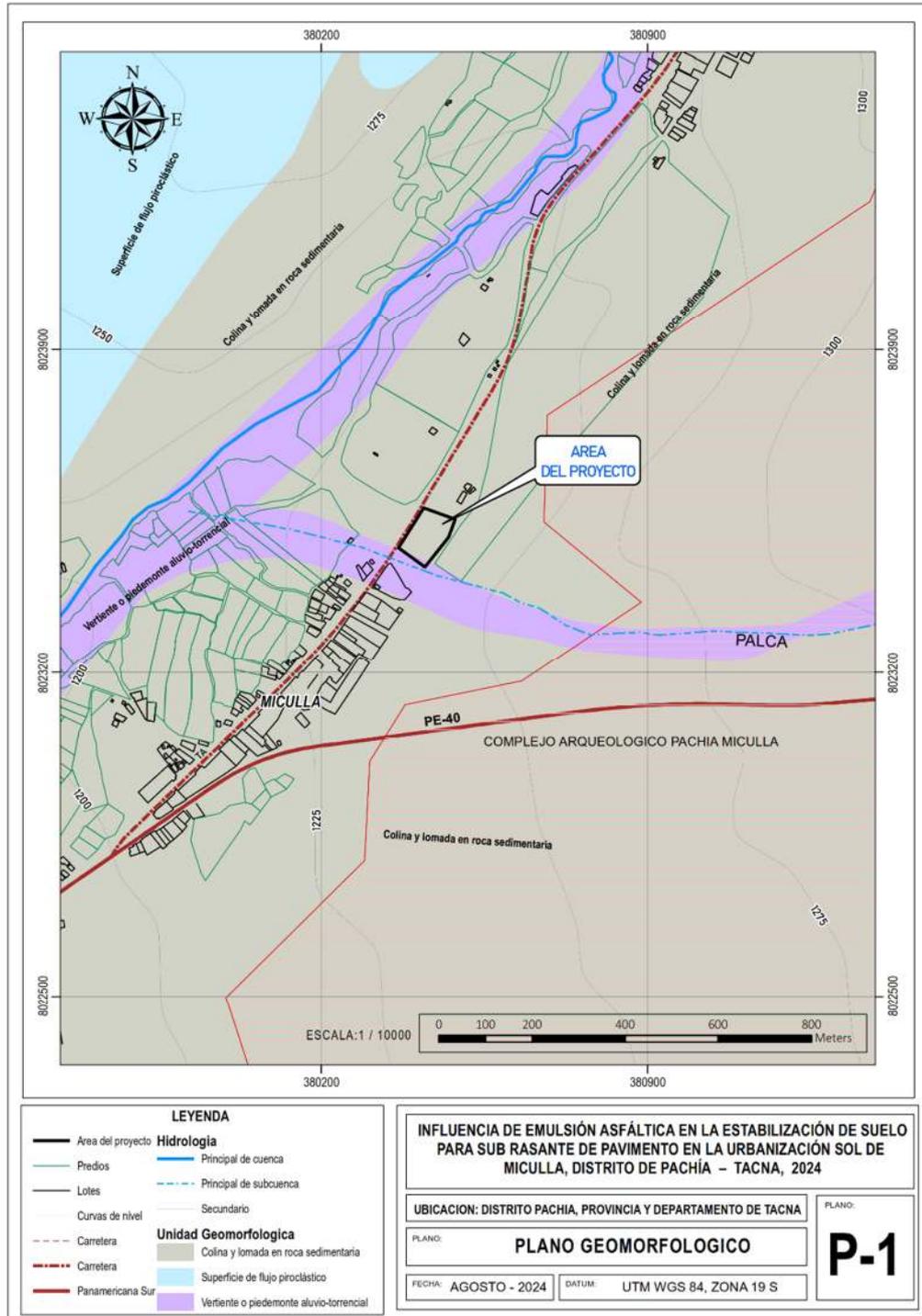


Nota. Equipo empleado en ensayos de estabilidad y flujo en mezclas asfálticas utilizando el método Marshall.

Anexo 4: Planos y mapas







LEYENDA

Area del proyecto	Hidrología
Predios	Principal de cuenca
Lotes	Principal de subcuenca
Curvas de nivel	Secundario
Carretera	Unidad Geomorfológica
Carretera	Colina y lomada en roca sedimentaria
Panamericana Sur	Superficie de flujo piroclástico
	Veriente o piedemonte aluvio-torrencial

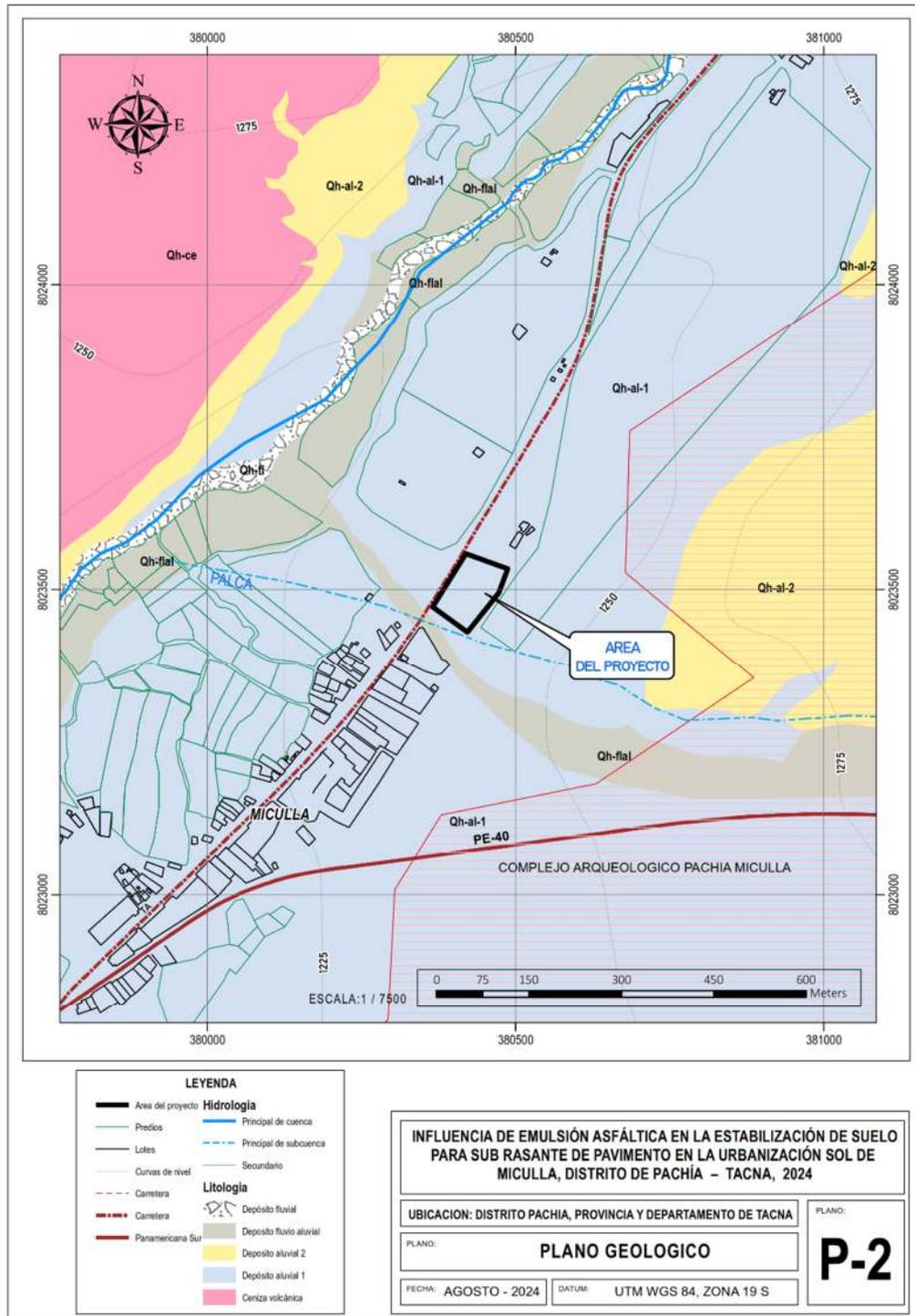
INFLUENCIA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO PARA SUB RASANTE DE PAVIMENTO EN LA URBANIZACIÓN SOL DE MICULLA, DISTRITO DE PACHÍA - TACNA, 2024

UBICACION: DISTRITO PACHIA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

PLANO: **PLANO GEOMORFOLOGICO**

FECHA: AGOSTO - 2024 DATUM: UTM WGS 84, ZONA 19 S

PLANO: **P-1**



Anexo 5: Ficha técnica de emulsión



EMULTEC CSS-1HP

EMULSIÓN CATIONICA DE ROTURA LENTA MODIFICADA CON POLIMERO

GUIA TDM ASFALTOS : _____
 CLIENTE: SERVITRAN
 TANQUE: D.CIL CINTILLO DE SEGURIDAD Nº: _____
 LOTE DE PRODUCCIÓN: CSS2311037
 CANTIDAD: 20 CILINDROS
 FECHA DE PRODUCCIÓN: 17/11/2023

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MÍNIMO	MÁXIMO	
VISCOSIDAD SAYBOLT FULOL, 25 °C	D 7496	ssf	20	100	24
RESIDUO POR EVAPORACION	D 6934	%	60	--	62.5
ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO, 24 horas	D 6930	%	--	1	0.3
SEDIMENTACION A LOS 7 DIAS	D 6930	%	--	5	0.9
PRUEBA DEL TAMIZ Nº 20	D 6933	%	--	0.1	0.01
MEZCLA CON CEMENTO	D 6935	%	--	2	0.2
CARGA DE PARTÍCULA	D 7402		POSITIVA		POSITIVA

ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE EMULSIÓN					
PENETRACIÓN, 25°C, 100 g, 5 s	D 5	dmm	50	90	53
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	D 36	°C	45	--	54
DUCTILIDAD, 25°C, 5 cm/min	D 113	cm	10	--	100.0
RECUPERACION ELASTICA LINEAL, 25°C, 20 cm	D 6084	%	30	--	34.0
RECUPERACION ELASTICA TORSIONAL, 25°C	NLT 329*	%	20	--	28

- OBSERVACIONES:
1. El producto cumple especificaciones de calidad, en concordancia con MTC - EG 2013
 2. Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada
 3. PE:1.00
 4. (*) Corresponde a otro método de ensayo, Norma española

Original: Cliente
Cargo: Laboratorio

Marino H. Llanque Práquina
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 91840

TDM ASFALTOS SAC
 ROBERTO DAVILA
 ASISTENTE LABORATORIO

Fecha de Emisión : Lima, 23 de enero del 2024

CARLOS RONALD MORILLO PEZO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 58031

SERVITRAN E.I.R.L.

 ADRIANA V. BENQUE TIZNADO
 GERENTE

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones, rendimientos y sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.

TDM ASFALTOS se reserva el derecho de efectuar cambios con el objeto de adaptar este producto a las más modernas tecnologías.

Mz. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurin - Lurin. Teléfono (511) 6169311

Anexo 6: Certificado de calibración



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L. METAUT CERTIFICADO DE CALIBRACION LM-BAL-131-23

Pág. 1 de 3

CLIENTE : GEOTEC SUR E.I.R.L.

INFORMACION DEL INSTRUMENTO:

EQUIPO BALANZA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO. Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el sistema internacional de unidades (SI)...

METODO DE CALIBRACION:

La calibración se realizó por comparación directa según PC-011 procedimiento para la Calibración de balanzas de funcionamiento automático Clase I y II SNM-INDECOPI - 4Ta Edición 2010.

TRAZABILIDAD:

03 Pesa de 10 kg, 01 Pesa de 2 kg, 01 Pesa de 1 kg, a 1 kg. Clase F; certificados LM-C-101-2023, LM-C-102-2023, LM-C-103-2023, PE22-C-0847. Certificados brasileños con INMETRO-DMA.

CONDICION AMBIENTAL DE CALIBRACION:

47 LOCAL: (18.4 °C hasta 16.8 °C) COEF. DERIVA TEMP: 1x20^-6/°C



STALIN OLAZABAL TREJO JEFE LABORATORIO MASA IE DP N°182685

JR. ANDRES RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com WWW.METAUT.COM



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L. METAUT CERTIFICADO DE CALIBRACION LM-BAL-130-23

Pág. 3 de 3

RESULTADOS DE LA CALIBRACION LM-BAL-130-23

ENSAYO DE PESAJE

Table with columns: OPERARIO, PESA, TARA, RESULTADO (%), ESCALA, UNID.

UNIDADES DE PESAJE

Table with columns: Carga, CORRECCIONES, RESULTADOS, and sub-tables for 'Carga' and 'Resultados'.

Letras: Corregido del resultado de una escala. Resultado = 0.122518 kg. Incertidumbre de una Medida: u = 1.47E-05 kg = 0.0147 g

- Calibrado en el Laboratorio de Metrología de la Fuerza Armada Peruana. Elaborado por el Laboratorio de Metrología de la Fuerza Armada Peruana. Certificado por el Laboratorio de Metrología de la Fuerza Armada Peruana.

La certificación responde a la trazabilidad existente que resulta de la calibración de la balanza por el Laboratorio de Metrología de la Fuerza Armada Peruana.

Nota y advertencias: Este certificado de calibración es válido para la calibración de la balanza por el Laboratorio de Metrología de la Fuerza Armada Peruana.



JR. ANDRES RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com WWW.METAUT.COM



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L. METAUT CERTIFICADO DE CALIBRACION LM-BAL-130-23

Pág. 2 de 3

RESULTADOS DE LA CALIBRACION LM-BAL-130-23

INSPECCION VISUAL

Table with columns: Ajuste de cero, Escala, Funcionamiento, etc.

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Table with columns: Temperatura, Pesa, Escala, Resultado (%), Escala, UNID.

ENSAYO DE ESCENTRIBILIDAD

Table with columns: Temperatura, Pesa, Escala, Resultado (%), Escala, UNID.

Table with columns: Pesa, Carga, Resultado (%), Escala, UNID.



JR. ANDRES RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com WWW.METAUT.COM



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L. METAUT CERTIFICADO DE CALIBRACION LM-BAL-130-23

Pág. 1 de 3

CLIENTE : GEOTEC SUR E.I.R.L.

INFORMACION DEL INSTRUMENTO:

EQUIPO BALANZA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO. Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el sistema internacional de unidades (SI)...

FABRICANTE GEOTEST. MODELO W7000CF. SEIRE 22107002. TIPO ELECTRONICA. CAPACIDAD MAXIMA 200 g. DIVISION DE ESCALA (e) 0.01 g. DIVISION DE VERIF. (n) 0.31 g. CLASE II. F. CALIBRACION 307/2023. F. PROX. CALIBRACION 307/2024.

METODO DE CALIBRACION:

La calibración se realizó por comparación directa según PC-011 procedimiento para la Calibración de balanzas de funcionamiento automático Clase I y II SNM-INDECOPI - 4Ta Edición 2010.

TRAZABILIDAD:

03 Pesa de 10 kg, 01 Pesa de 2 kg, 01 Pesa de 1 kg, a 1 kg. Clase F; certificados LM-C-101-2023, LM-C-102-2023, LM-C-103-2023, PE22-C-0847. Certificados brasileños con INMETRO-DMA.

LUGAR DE LA CALIBRACION:

El servicio de calibración se realizó en las instalaciones del cliente ubicado en Tacna.

CONDICION AMBIENTAL DE CALIBRACION:

47 LOCAL: (18.4 °C hasta 16.8 °C) COEF. DERIVA TEMP: 1x10^-6/°C



JR. ANDRES RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com WWW.METAUT.COM



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L. METAUT

Pág. 1 de 1

CERTIFICADO DE CALIBRACION LM-BAL-131-23

RESULTADOS DE LA CALIBRACION

INSPECCION VISUAL

Table with 4 columns: Fuente de Carga, Marca, Modelo, No. serie, and other details.

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Table with columns: Temperatura, Carga, and other calibration data.

Table with 2 columns: Carga (kg) and Diferencia Medida (g).

Table with 2 columns: Marca and Modelo.

Table with 4 columns: No. de Carga, Carga (kg), Diferencia de Medida (g), and other data.



JR. ANDRES RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L. METAUT

Pág. 2 de 1

CERTIFICADO DE CALIBRACION LM-BAL-131-23

RESULTADOS DE LA CALIBRACION

ENSAYO DE PESAJE

Table with 4 columns: Marca, Modelo, No. serie, and other details.

ENSAYO DE PESAJE

Table with columns: Carga, Marca, Modelo, No. serie, and other calibration data.

Linea de Correccion del Resultado de una pesada

- List of items: Carga, Marca, Modelo, No. serie, etc.

La información respaldada en la inspección visual que resulta de la calibración de la línea de Carga Certificada...



JR. ANDRES RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L. METAUT

Pág. 1 de 2

CERTIFICADO DE CALIBRACION LLA-CCG-022-23

CLIENTE : GEOTEC SUR E.I.R.L.

INFORMACION DEL INSTRUMENTO:

EQUIPO: COPACASAGRANDE
FABRICANTE: FORNEY
MODELO: LA-3715
TIPO: ANALOGICO
N° SERIE:
F. CALIBRACION: 3/07/2023
F. PROX. CALIBRACION: 3/07/2024

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales...

METODO DE CALIBRACION:

La calibración se realizó por comparación directa según los procedimientos de la norma ASTM D4318-17...

INSTRUMENTO PATRON:

Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mitutoyo - Japones
Mod. CON-P127 PMX Serie 0003131 Calderado FA-0351-2023 INACAL.

CONDICION AMBIENTAL DE CALIBRACION:

Temperatura de Ambiente (16.4 +/- 1) °C
Humedad Relativa (65 +/- 5) %RH



STALIN OLAZABAL TREJO
IE DP N°182685

JR. ANDRES RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L. METAUT

Pág. 2 de 2

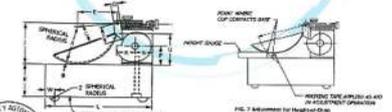
CERTIFICADO DE CALIBRACION LLA-CCG-022-23

APARATO LIMITE LIQUIDO Conjunto de la Cazuela

Table with 4 columns: Dimensiones, Descripción, Radio de Copa, Espesor de Copa, Profundidad de Copa.

Table with 4 columns: Dimensiones, Descripción, Ancho, Espesor, Largo.

Table with 4 columns: Dimensiones, Descripción, Espesor, Borde Cortante, Ancho.



JR. ANDRES RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L. METAUT CERTIFICADO DE CALIBRACION LT-HL-023-23

CLIENTE : GEOTEC SUR E.I.R.L.

Pag. 1 de 3

INFORMACION DEL INSTRUMENTO:

EQUIPO HORNO LABORATORIO
FABRICANTE A&A INSTRUMENTS
MODELO STHX-1A
N° SERIE 16641
CAPACIDAD --- Lts
INDICADOR ---
Precisión 1°C
Sensor Tipo J
RANGO 0 - 300 °C
Procedencia CHINA
Tipo de Ventilación No Forzada
Punto de Operación 110 +/- 5°C
UBICACIÓN Laboratorio In Situ - Tacna.
DIA DE LA MEDICION 3/07/2023

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el sistema internacional de unidades (SI)
La dirección de Metrología controla, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados.
Para la realización del Proceso de calibración del equipo Metaut sigue el procedimiento INECCOPI-SMM PC-018. Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recibir sus instrumentos a intervalos apropiados.



Efraim Espinoza Posadas JEFE LAB. TEMPERATURA E DP N° 125481

JR. ANDRES RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD
CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com
WWW.METAUT.COM



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L. METAUT CERTIFICADO DE CALIBRACION LT-HL-023-23

Pag. 2 de 3

Validado por el certificado de calibración N° 1AT-1542-2023

CONDICION AMBIENTAL DE CALIBRACION:

Temperatura de Ambiente (15,4 +/- 1) °C
Humedad Relativa (65 +/- 5) % Hr

INFORMACION DEL INSTRUMENTO:

EQUIPO HORNO LABORATORIO
FABRICANTE A&A INSTRUMENTS
MODELO STHX-1A
N° SERIE 16641
CAPACIDAD --- Lts
INDICADOR ---
RANGO 0 - 300 °C

INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:

EQUIPO TERMOMETRO CON INDICACION DIGITAL
FABRICANTE FLUKE
MODELO 54 B
N° SERIE 46730652WS
RANGO -200°C-1372°C
PRECISION 0.1°C
PROC. CAL. Calibración por Comparación siguiendo el procedimiento INECCOPI - SMM-PC-018 "Procedimiento para la calibración o termostático"



JR. ANDRES RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD
CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com
WWW.METAUT.COM



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L. METAUT

Pag. 3 de 0

RESUMEN
Distribución de la temperatura
Valor de ensayo a 110°C

Table with columns: Termal, Intervalo, INAGACIONES CORRIENTES DE CALIBRACION, and other technical data points.

Identificación de Terminología
T (HORN) Temperatura dentro el horno durante la toma de datos
T (MEX) Temperatura Máxima durante el ciclo total de toma de datos
T (MIN) Temperatura Mínima durante el ciclo total de toma de datos
T (PROM) Temperatura Promedio total de del Termómetro durante la toma de datos
Tras-T (H) Diferencia entre la Temperatura Máxima y Mínima durante la toma de datos.



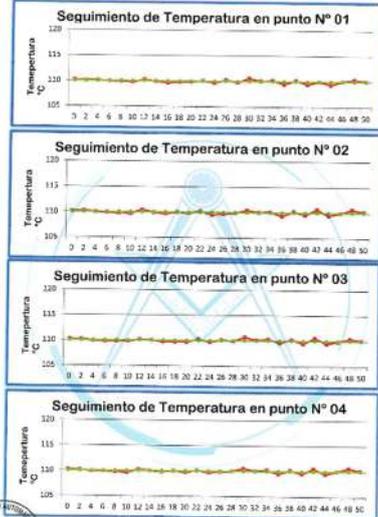
JR. ANDRES RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD
CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com
WWW.METAUT.COM



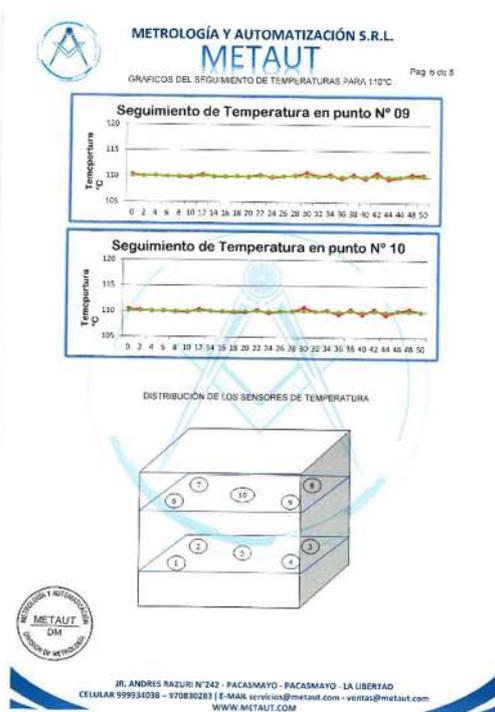
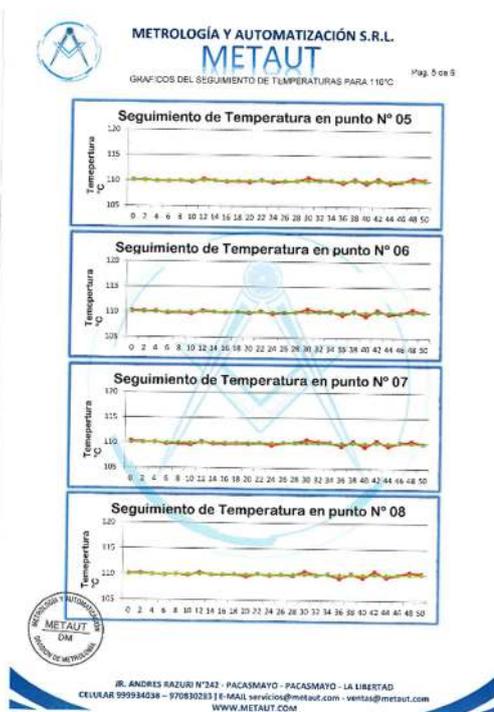
METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L. METAUT

Pag. 4 de 3

GRAFICOS DEL SEGUIMIENTO DE TEMPERATURAS PARA 110°C



JR. ANDRES RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD
CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com
WWW.METAUT.COM



CLIENTE : GEOTEC SUR E.I.R.L.

INFORMACION DEL INSTRUMENTO:

EQUIPO: BALANZA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMATICO. Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que utilizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

FABRICANTE: ELECTRONIC BALANCE. La Dirección de Metrología científica, consumo y atención a los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrologías a solicitud de los interesados.

MODELO: W1000019FJ.

SERIE: 190902201.

TIPO: ELECTRONICA.

CAPACIDAD MÁXIMA: 10000 g.

DIVISION DE ESCALA (g): 0.1 g.

DIVISION DE VERIF. (g): 0.1 g.

CLASE: II.

F. CALIBRACION: 3/07/2023.

F. PROX. CALIBRACION: 3/07/2024.

METODO DE CALIBRACION: La calibración se realizó por comparación directa según PC-011 procedimiento para la Calibración de balanzas de funcionamiento automático Clase y II según INACAL-DM.

TRAZABILIDAD: 03 Pesa de 10 kg, 01 Pesa de 5 kg, 01 Pesa de 2 kg, 01 Jgo. de Pesa de 1 mg, a 1 kg, Clase F, certificados LM-C-101-2023, LM-C-102-2023, LM-C-103-2023, PE22-C-0247. Certificados trazables con INACAL-DM.

LUGAR DE LA CALIBRACION: El servicio de calibración se realizó en las instalaciones del cliente localizada en Tarma.

CONDICION AMBIENTAL DE CALIBRACION: 07 LOCAL (18.4 °C Humid. 65.8 %C)

COEF. DERIVA TEMP: 1x20ppm/C

JR. ANDRÉS RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD
CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com
WWW.METAUT.COM

RESULTADOS DE LA CALIBRACION

ENSAYO DE PESAJE

temperatura	valor	valor nominal	valor	valor
°C	g	g	g	g
20.8	100	100	100	100
20.8	5000	5000	5000	5000
20.8	10000	10000	10000	10000
20.8	10000	10000	10000	10000
20.8	10000	10000	10000	10000
20.8	10000	10000	10000	10000
20.8	10000	10000	10000	10000
20.8	10000	10000	10000	10000
20.8	10000	10000	10000	10000
20.8	10000	10000	10000	10000

Lectura corregida de los resultados de una lectura: $M_{correctada} = M \cdot (1 - \Delta T \cdot \alpha)$

Factor de corrección de la lectura: $\alpha = 1.2 \times 10^{-5} / ^\circ C$

1. Cliente Aplicado a J. RAZURI S.R.L. 2. Valor de la Carga Nominal 3. Lugar en Casa 4. Lugar en Casa 5. Tipo de Instrumento 6. Tipo de Carga Nominal 7. Tipo de Carga 8. Tipo de Carga 9. Tipo de Carga 10. Tipo de Carga

1.1. El resultado reportado es el resultado corregido que resulta de la combinación de los factores de corrección. Considere que el factor de corrección es 0.00000000, para una precisión de cinco lugares decimales a su nivel de confianza del 95%.

Nota y aclaraciones: Se ha efectuado un ensayo de estabilidad de 1 hora a 20.8 °C ± 0.2 °C verificando que el valor de la lectura por un año de periodo de observación es constante. Se ha efectuado un ensayo de deriva de 1 hora, verificando que el valor de la lectura es constante en todo el tiempo de observación. Se ha efectuado un ensayo de deriva de 1 hora, verificando que el valor de la lectura es constante en todo el tiempo de observación. Se ha efectuado un ensayo de deriva de 1 hora, verificando que el valor de la lectura es constante en todo el tiempo de observación. Se ha efectuado un ensayo de deriva de 1 hora, verificando que el valor de la lectura es constante en todo el tiempo de observación.

JR. ANDRÉS RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD
CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com
WWW.METAUT.COM



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L. METAUT

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LM-BAL-130-23

Pág. 2 de 3

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Table with 5 columns: Atributo de Verificación, Valor, Escala, No. de Calibración, y Fecha. Includes fields for 'Inspección Visual'.

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Table with 4 columns: Medición, Carga (g), Escala, and Error (g). Shows two sets of data for repeatability tests.

Table with 3 columns: Carga (g), Escala, and Error (g). Summary of repeatability results.

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Table with 4 columns: Posición, Carga, Escala, and Error (g). Shows eccentricity test results.

Table with 6 columns: Posición, Carga, Tipo, Abalaje, Precisión, and Error (g). Summary of eccentricity test results.



DR. ANDRÉS RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD. CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com WWW.METAUT.COM



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L. METAUT

CERTIFICADO DE CALIBRACION LM-BAL-130-23

Pág. 1 de 3

CLIENTE : GEOTEC SUR E.I.R.L.

INFORMACION DEL INSTRUMENTO:

EQUIPO BALANZA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO

FABRICANTE GEOTEST

MODELO W2002(CF)

SERIE 22109702

TIPO ELECTRÓNICA

CAPACIDAD MÁXIMA 200 g

DIVISION DE ESCALA (e) 0.01 g

DIVISION DE VERIF. (m) 0.01 g

CLASE II

F. CALIBRACIÓN 30/7/2023

F. PROX. CALIBRACIÓN* 30/7/2024

METODO DE CALIBRACION:

La calibración se realizó por comparación directa según PC-011 proporcionado para la Calibración de Balanzas de funcionamiento automático Clase I y II SIN INDECOIN - en la Escala 200g.

TRAZABILIDAD:

02 Pesa de 10 kg, 01 Pesa de 5 kg, 01 Pesa de 2 kg, 01 Jiga de Pesos de 1 mg a 1 kg, Clase F1; Certificados LM-C-107-2023, LM-C-108-2023, LM-C-103-2023, PE22-C-0847. Certificado Inicial con INACAL-DM.

LUGAR DE LA CALIBRACION:

El servicio de calibración se realizó en las instalaciones del cliente localizado en Tarma.

CONDICION AMBIENTAL DE CALIBRACION:

AT LOCAL (18,4 °C Hasta 18,8 °C)

COEF. DERIVA TEMP: +/-0,1 °C

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, con trazabilidad en unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrologías a solicitud de los interesados. Para la calificación del Personal de calificación del equipo METAUT, sigue el procedimiento PC-011 Procedimiento para la calificación de habilitados. Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario esca obligado a mantener sus instrumentos a las condiciones apropiadas.



DR. ANDRÉS RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD. CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com WWW.METAUT.COM

STALIN OLAZABAL TREJO JEFE LABORATORIO MASA E QP N°182685



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L. METAUT

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LM-BAL-131-23

Pág. 1 de 3

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Table with 5 columns: Atributo de Verificación, Valor, Escala, No. de Calibración, y Fecha. Includes fields for 'Inspección Visual'.

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Table with 4 columns: Medición, Carga (g), Escala, and Error (g). Shows two sets of data for repeatability tests.

Table with 3 columns: Carga (g), Escala, and Error (g). Summary of repeatability results.

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Table with 4 columns: Posición, Carga, Escala, and Error (g). Shows eccentricity test results.

Table with 6 columns: Posición, Carga, Tipo, Abalaje, Precisión, and Error (g). Summary of eccentricity test results.



DR. ANDRÉS RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD. CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com WWW.METAUT.COM



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L. METAUT

CERTIFICADO DE CALIBRACION LM-BAL-131-23

Pág. 2 de 3

RESULTADOS DE LA CALIBRACION

Table with 4 columns: Medición, Carga (g), Escala, and Error (g). Shows two sets of data for repeatability tests.

ENSAYO DE PESAJE

Table with 6 columns: Carga, Tipo, Abalaje, Precisión, Error (g), and Error (%). Shows weighing test results.

Local de Calibración en Tarma, Perú. Temperatura ambiente: 18,4 °C. Humedad relativa: 55%. Incertidumbre de una Medición: U = 0,0015 g. Incertidumbre de una Medición: U = 0,0015 g.

- Legend for symbols: 1. Carga (Carga), 2. Tipo (Tipo), 3. Abalaje (Abalaje), 4. Precisión (Precisión), 5. Error (Error), 6. Error (%).

La incertidumbre se refiere a la incertidumbre expandida en el resultado de la medición de la masa de la muestra. La cobertura es un factor de cobertura (k) para una probabilidad de cobertura superior a un nivel de confianza del 95%.

Nota a los interesados: Este certificado de calibración se realizó en las instalaciones del cliente. El usuario es responsable de mantener sus instrumentos a las condiciones apropiadas.



DR. ANDRÉS RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD. CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com WWW.METAUT.COM

METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.
METAUT
CERTIFICADO DE CALIBRACION
LLA-CCG-022-23

Pag 1 de 2

CLIENTE : GEOTEC SUR E.I.R.L.

INFORMACION DEL INSTRUMENTO:

EQUIPO	COPACASAGRANDE	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el sistema internacional de unidades (SI). La dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrologías a solicitud de los interesados. Para la realización del Proceso de calibración del equipo Metaut sigue el procedimiento ASTM D4318-17 "Plasticar test methods for liquid limit, plastic limit, Plasticity index of soils". Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
FABRICANTE	FORNEY	
MODELO	LA-3715	
TIPO	ANALÓGICO	
N° SERIE	---	
F. CALIBRACION	3/07/2023	
F. PROX. CALIBRACION	3/07/2024	

METODO DE CALIBRACION:
La calibración se realizó por comparación directa según los procedimientos de la norma ASTM D4318-17 "Standard Test methods for liquid limit, Plastic limit, Plasticity index of soils"

INSTRUMENTO PATRON:
Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mitutoyo - Japonés
Mód. CON-P12° PMX Serie 0003131 Calibrado FA-0301-2023 INACAL

CONDICION AMBIENTAL DE CALIBRACION:
Temperatura de Ambiente (15.4 +/- 1) °C
Humedad Relativa (65 +/- 5) %RH

ESTALIN OLAZABAL TREJO
JEFE LAB. LONGITUD Y ANGULO
IE DP N°182885

J.R. ANDRES RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD
CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com
WWW.METAUT.COM

METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.
METAUT
CERTIFICADO DE CALIBRACION
LLA-CCG-022-23

Pag 2 de 2

APARATO LIMITE LIQUIDO
Conjunto de la Cazaña

Dimensiones	A	B	C
Descripción	Radio de Copa	Espeor de Copa	Profundidad de Copa
Metrico, mm	54.0	2	27.0
Tolerancia, mm	1	0.1	1
Inglés, pulg	2.12	0.078	1.062
Tolerancia, pulg	0.08	0.004	0.04
Medidas del equipo	54.0	54.0	2

Dimensiones	A	K	L
Descripción	Ancho	Espeor	Largo
Metrico, mm	125	50	150
Tolerancia, mm	2	2	2
Inglés, pulg	4.82	1.97	5.9
Tolerancia, pulg	0.2	0.2	0.2
Medidas del equipo	125.20	50.10	149.62

Dimensiones	K	A	B
Descripción	Espeor	Borde Cortante	Ancho
Metrico, mm	10	2	11
Tolerancia, mm	0.05	0.1	0.1
Inglés, pulg	0.394	0.078	0.531
Tolerancia, pulg	0.004	0.004	0.004
Medidas del equipo	10.00	10.00	2

J.R. ANDRES RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD
CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com
WWW.METAUT.COM

METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.
METAUT
CERTIFICADO DE CALIBRACION
LT-HL-023-23

Pag 1 de 5

CLIENTE : GEOTEC SUR E.I.R.L.

INFORMACION DEL INSTRUMENTO:

EQUIPO	HORNO LABORATORIO	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el sistema internacional de unidades (SI). La dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrologías a solicitud de los interesados. Para la realización del Proceso de calibración del equipo Metaut sigue el procedimiento INDECCOPI-SNM PC-018. Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
FABRICANTE	A&A INSTRUMENTS	
MODELO	STHX-1A	
N° SERIE	16641	
CAPACIDAD	--- Lts	
INDICADOR	---	
Precisión	1°C	
Sensor	Tipo J	
RANGO	0 - 300 °C	
Procedencia	CHINA	
Tipo de Ventilación	No Forzada	
Punto de Operación	110 +/- 5°C	
UBICACIÓN	Laboratorio In Situ - Tacna.	
DIA DE LA MEDICION	3/07/2023	

EFRAIN ESPINOZA ROSADAS
JEFE LAB. TEMPERATURA
IE DP N°125481

J.R. ANDRES RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD
CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com
WWW.METAUT.COM

METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.
METAUT
CERTIFICADO DE CALIBRACION
LT-HL-023-23

Pag 2 de 5

Validado por el certificado de calibración N° 1AT-1542-2023

CONDICION AMBIENTAL DE CALIBRACION:
Temperatura de Ambiente (15.4 +/- 1) °C
Humedad Relativa (65 +/- 5) %RH

INFORMACION DEL INSTRUMENTO:

EQUIPO	HORNO LABORATORIO
FABRICANTE	A&A INSTRUMENTS
MODELO	STHX-1A
N° SERIE	16641
CAPACIDAD	--- Lts
INDICADOR	---
RANGO	0 - 300 °C

INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:

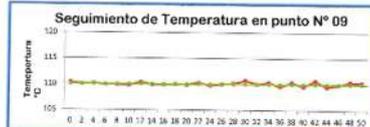
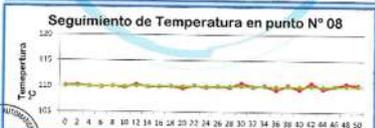
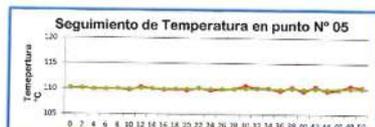
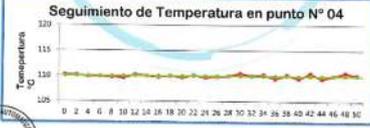
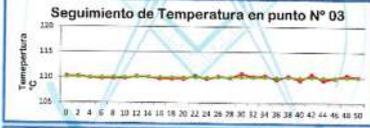
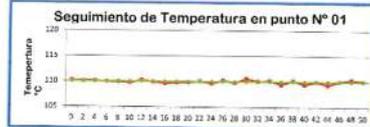
EQUIPO	TERMOMETRO CON INDICACION DIGITAL
FABRICANTE	FLUKE
MODELO	54 II B
N° SERIE	48730652WS
RANGO	-200°C-1372°C
PRECISION	0.1°C
PROC. CAL.	Calibración por Comparación siguiendo el procedimiento INDECCOPI - SNM-PC-018 "Procedimiento para la calibración o termostático"

J.R. ANDRES RAZURI N°242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD
CELULAR 999934038 - 970830283 | E-MAIL: servicios@metaut.com - ventas@metaut.com
WWW.METAUT.COM

ENSAYOS
Distribución de la temperatura
Valor de ensayo a 110°C

Templ. Presión	INDICACIONES CORRIENTES DE CADA TERMOPISTICA °C										Tem. - 1mm	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
2	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
4	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
6	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
8	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
10	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
12	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
14	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
16	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
18	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
20	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
22	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
24	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
26	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
28	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
30	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
32	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
34	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
36	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
38	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
40	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
42	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
44	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
46	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
48	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
50	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
52	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
54	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
56	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
58	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
60	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
62	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
64	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
66	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
68	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
70	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
72	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
74	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
76	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
78	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
80	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
82	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
84	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
86	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
88	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
90	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
92	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
94	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
96	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
98	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2
100	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	0.2

Abreviaciones de Termino:
 F: Faltas
 N: No
 T: Temperatura
 M: Muestra
 S: Sencilla
 D: Doble
 T: Temperatura
 M: Muestra
 S: Sencilla
 D: Doble



DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES DE TEMPERATURA

