

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

AUTOR

Carlos Wilder Muñoz Abad

ASESOR

Lucas Ludeña Gutierrez

<https://orcid.org/0000-0001-7903-3646>

Chiclayo, 2025

**Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite
sulfonado**

PRESENTADA POR

Carlos Wilder Muñoz Abad

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Manuel Alejandro Borja Suárez

PRESIDENTE

Joaquín Hernán Rojas Oblitas

SECRETARIO

Lucas Ludeña Gutierrez

VOCAL

Dedicatoria

A DIOS:

Al verme brindado paciencia como perseverancia tras poder culminar una etapa muy importante de mi vida en el ámbito académico y profesional.

A mi madre Esmilda Abad:

Dedico este proyecto para ti madre por siempre estar presente en toda mi vida y en especial en mi formación académica, guiándome y motivándome que, a pesar de los obstáculos y adversidades, puedo lograr todo lo que me proponga con sacrificio y perseverancia; gracias por tu apoyo, esfuerzo, amor y cariño.

A mi padre Carlos Muñoz:

Dedico este proyecto a mi padre por ser un pilar importante en mi vida el cual con su ejemplo me sigue inspirando a seguir superándome. Quien me inculco buenos valores que formo mi carácter para lograr lo que me proponga y aspire; gracias por tu apoyo, esfuerzo, amor y cariño.

A mis hermanos Jhon & Yelsin:

Por estar presentes en cada etapa de mi vida y ser un ejemplo a seguir superándome y guiándome con su experiencia y su presencia en las diferentes etapas de mi vida, gracias por su apoyo incondicional.

Agradecimientos

Ante todo, al PADRE NUESTRO que está conmigo siempre, por guiar mi camino y darme fuerzas a lo largo de mi formación profesional, para poder superar todas las pruebas y adversidades. Darles gracias de manera infinita a mis padres Carlos y Esmilda por su dedicación, consejos y enseñanzas, por no dejarme vencer y seguir siempre adelante. A mis hermanos Jhon y Yelsin, a mis tíos por el gran apoyo incondicional que siempre me brindan.

Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado

INFORME DE ORIGINALIDAD

| | | | |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| 3 % | 2 % | 0 % | 1 % |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----------|--|----------------|
| 1 | tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet | 1 % |
| 2 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 1 % |
| 3 | renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 4 | www.ovsa.njit.edu Fuente de Internet | <1 % |
| 5 | Submitted to Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo Trabajo del estudiante | <1 % |
| 6 | Haci Ilhan. "Performance analysis of relay systems under cascaded Nakagami channels", 2009 IEEE 17th Signal Processing and Communications Applications Conference, 04/2009 Publicación | <1 % |
| 7 | www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet | <1 % |

Índice

| | |
|---|----|
| Resumen | 12 |
| Abstract | 13 |
| Introducción | 14 |
| Revisión de literatura | 20 |
| Antecedentes del problema | 20 |
| Bases teóricas científicas | 23 |
| Materiales y métodos | 28 |
| Tipo y nivel de investigación | 28 |
| Diseño de investigación | 29 |
| Población, muestra, muestreo | 29 |
| Población | 29 |
| Muestra | 31 |
| Criterios de selección | 33 |
| Operacionalización de variables | 33 |
| Variable independiente | 33 |
| Variable dependiente | 33 |
| Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 34 |
| Técnicas | 34 |
| Instrumentos | 35 |
| Procedimientos | 36 |
| Matriz de consistencia | 38 |
| Consideraciones éticas | 39 |
| Resultados | 40 |
| Ensayos químicos de aceite sulfonado IONICSOIL | 40 |
| Estudio de mecánica de suelos | 41 |
| Particularidades | 41 |
| Estudios preliminares | 41 |
| Ubicación de calicatas | 44 |
| Resultados convencionales de suelos | 46 |
| Resultados convencionales del afirmado | 48 |
| Estabilización de suelos convencional | 48 |
| Densidad máxima - humedad óptima | 48 |
| Compacidad (capacidad soportante) | 49 |

| | |
|--|----|
| Estabilización de suelos experimental | 51 |
| Densidad máxima - humedad óptima experimental - BG | 51 |
| Compactado experimental (capacidad soporte - BG) | 54 |
| Influencia del aceite sulfonado IONICSOIL en subrasante..... | 55 |
| Tendencia probabilística del aceite sulfonado IONICSOIL en base granular | 58 |
| Evaluación económica | 62 |
| Respuesta experimental | 72 |
| Evaluación del tramo de prueba..... | 73 |
| Discusión | 76 |
| Conclusiones | 81 |
| Recomendaciones | 83 |
| Referencias | 84 |
| Anexos | 86 |

Lista de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Adiciones de aceite sulfonado para muestras estabilizadas experimentales | 29 |
| Tabla 2: Población para ensayos de estabilización del suelo convencional y experimental | 30 |
| Tabla 3: Población para ensayos químicos de aceite sulfonado..... | 30 |
| Tabla 4: Muestra para ensayo de proctor modificado convencional y modificado..... | 31 |
| Tabla 5: Muestra para ensayo de CBR convencional y experimental..... | 31 |
| Tabla 6: Muestra para potencial de hidrógeno del aceite sulfonado | 32 |
| Tabla 7: Muestra para viscosidad del aceite sulfonado | 32 |
| Tabla 8: Muestra para densidad del aceite sulfonado..... | 32 |
| Tabla 9: Operación de factores..... | 34 |
| Tabla 10: Matriz de consistencia | 38 |
| Tabla 11: Resultados químicos de aceite sulfonado IONICSOIL..... | 40 |
| Tabla 12: EMS preliminar 1 | 41 |
| Tabla 13: EMS preliminar 2..... | 43 |
| Tabla 14: EMS preliminar 3..... | 43 |
| Tabla 15: Coordenadas de calicatas | 44 |
| Tabla 16: Humedad en muestras | 46 |
| Tabla 17: Sales de muestras | 46 |
| Tabla 18: Límites Atterberg en muestras | 47 |
| Tabla 19: Clasificación SUCS del suelo | 47 |
| Tabla 20: Propiedades físicas del afirmado..... | 48 |
| Tabla 21: Proctor modificado de suelo convencional | 48 |
| Tabla 22: CBR convencional..... | 50 |
| Tabla 23: Proctor modificado de suelo experimental..... | 51 |
| Tabla 24: CBR experimental..... | 54 |
| Tabla 25: Influencia del aceite sulfonado sobre subrasante – Proctor modificado experimental | 55 |
| Tabla 26: Influencia del aceite sulfonado sobre subrasante – CBR experimental | 57 |
| Tabla 27: Tendencia probabilística de densidades máximas secas experimentales | 58 |
| Tabla 28: Tendencia probabilística de óptimos contenidos de humedad experimentales..... | 60 |
| Tabla 29: Tendencia probabilística de CBR experimentales | 61 |

| | |
|---|----|
| Tabla 30: ACU de estabilización de base granular por m ³ con y sin estímulo | 72 |
| Tabla 31: Resultados de densidad de campo inicial..... | 75 |
| Tabla 32: Resultados de densidad de campo de durabilidad..... | 75 |

Lista de gráficos

| | |
|---|----|
| Gráfico 1: Densidades máximas secas convencionales..... | 49 |
| Gráfico 2: Óptimos contenidos de humedad convencionales | 49 |
| Gráfico 3: CBR convencionales | 50 |
| Gráfico 4: Densidades máximas secas experimentales - BG | 52 |
| Gráfico 5: Óptimos contenidos de humedad experimentales - BG | 53 |
| Gráfico 6: CBR experimentales - BG..... | 54 |
| Gráfico 7: Densidades máximas secas convencionales y experimentales en subrasante | 56 |
| Gráfico 8: Óptimos contenidos de humedad convencionales y experimentales en subrasante | 56 |
| Gráfico 9: CBR convencionales y experimentales en subrasante | 57 |
| Gráfico 10: Tendencia probabilística - Densidad máxima seca experimental | 59 |
| Gráfico 11: Tendencia probabilística - Óptimo contenido de humedad experimental..... | 61 |
| Gráfico 12: Tendencia probabilística - CBR experimental | 62 |

Lista de figuras

| | |
|---|-----|
| Figura 1: Ubicación de calicata 1 – Calle Henry Francois cuadra N° 1, Urb. Santa María | 45 |
| Figura 2: Ubicación de calicata 2 – Pasaje Venus cuadra N° 1, Urb. Santa María | 45 |
| Figura 3: Ubicación de calicata 3 – Jr. Juan Thomis cuadra N° 5, Urb. Santa María | 45 |
| Figura 4: Densímetro nuclear | 74 |
| Figura 5: Visita a cantera de afirmado “La Victoria” de Pátapo..... | 213 |
| Figura 6: Extracción de afirmado de cantera “La Victoria” de Pátapo | 213 |
| Figura 7: Calicata 1 – Calle Henry Francois cuadra N° 1, Urb. Santa María..... | 214 |
| Figura 8: Calicata 2 – Pasaje Venus cuadra N° 1, Urb. Santa María | 214 |
| Figura 9: Calicata 3 – Jr. Juan Thomis cuadra N° 5, Urb. Santa María | 215 |
| Figura 10: Secado de muestras extraídas | 215 |
| Figura 11: Granulometría de muestras | 216 |
| Figura 12: Contenido de humedad de muestras | 216 |
| Figura 13: Compactación por capas de muestras estabilizadas..... | 217 |
| Figura 14: Enrasado de muestras estabilizadas | 217 |
| Figura 15: Registro de pesos de muestras estabilizadas..... | 218 |
| Figura 16: Muestras estabilizadas sumergidas en agua..... | 218 |
| Figura 17: Excavación para tramo de prueba experimental | 219 |
| Figura 18: Perfilado en tramo experimental..... | 219 |
| Figura 19: Nivelación en tramo experimental..... | 220 |
| Figura 20: Aplanamiento en tramo experimental..... | 220 |
| Figura 21: Incorporación de aceite sulfonado en tramo experimental | 221 |
| Figura 22: Compactación con afirmado en tramo experimental | 221 |
| Figura 23: Compactación en tramo experimental | 222 |
| Figura 24: Compactación por capas en tramo experimental | 222 |
| Figura 25: Punto de fijación para lectura de densidad de campo..... | 223 |
| Figura 26: Lectura con densímetro nuclear..... | 223 |
| Figura 27: Evaluación de tramo experimental | 224 |
| Figura 28: Medición de la durabilidad del tramo experimental | 224 |

Resumen

La investigación fue experimental, cuantitativa y aplicada. La finalidad fue evaluar la base granular cuya mejor respuesta estructural refleje la mayor capacidad de soporte de tres tipos de suelos: arcilla de baja plasticidad (CL), arcilla de alta plasticidad (CH) y arena arcillosa (SC) bajo 4 adiciones experimentales de 0.15, 0.25, 0.35 y 0.45 L/m³. Se determinó que la 4^{ta} adición es la que ofrece mayor CBR, siendo la arena arcillosa (SC) la que desarrolla mejores características físicas y mecánicas, cuyo valor de DMS fue de 2.06 g/cm³, 6.60% de OCH y 9.19% de CBR a nivel de subrasante. Mientras que para la base granular, la DMS fue de 2.179 g/cm³, 5.68% de OCH y 57.70% de CBR. La influencia del aceite sulfonado sobre las subrasantes y bases granulares son positivos, cuya tendencia probabilística calculada es de 33.33%, la cual es beneficiosa ya que aumenta considerablemente el CBR. El costo económico por m³ determinado para la 4^{ta} adición fue de S/.88.43 sin estímulo y de S/. 84.35 con estímulo. De acuerdo a la evaluación del tramo de prueba de la base granular del Jr. Juan Tomis cuadra N° 5 para 4 m², con 0.20 m de espesor de afirmado, el valor de la densidad de campo fue de 2.059 g/cm³ y 4.70%, cuyo grado de compactación fue de 95.40%, el cual fue sometida al período de 2 meses, cuyo grado de compactación disminuyó ligeramente en 1.70%, concluyéndose que la estabilización experimental es duradera e idónea para la construcción.

Palabras clave: Base granular, capacidad de soporte, aceite sulfonado, afirmado, subrasante.

Abstract

The research was experimental, quantitative and applied. The purpose was to evaluate the granular base whose best structural response reflects the highest bearing capacity of three types of soils: low plasticity clay (CL), high plasticity clay (CH) and clayey sand (SC) under 4 experimental additions of 0.15, 0.25, 0.35 and 0.45 L/m³. It was determined that the 4th addition is the one that offers the highest CBR, being the clayey sand (SC) the one that develops better physical and mechanical characteristics, whose DMS value was 2.06 g/cm³, 6.60% of OCH and 9.19% of CBR at subgrade level. While for the granular base, the MSD was 2.179 g/cm³, 5.68% of OCH and 57.70% of CBR. The influence of sulfonated oil on the subgrades and granular bases are positive, whose calculated probabilistic trend is 33.33%, which is beneficial since it considerably increases the CBR. The economic cost per m³ determined for the 4th addition was S/.88.43 without stimulation and S/. 84.35 with stimulation. According to the evaluation of the test section of the granular base of the Juan Tomis Jr. block N°. 5 for 4 m², with 0.20 m of pavement thickness, the value of the field density was 2.059 g/cm³ and 4.70%, whose degree of compaction was 95.40%, which was subjected to the period of 2 months, whose degree of compaction decreased slightly by 1.70%, concluding that the experimental stabilization is durable and suitable for construction.

Keywords: Granular base, bearing capacity, sulphonated oil, consolidation, subgrade.

Introducción

En la actualidad, las vías de comunicación cumplen un rol muy importante para el desarrollo social y económico de nuestro país, porque nos permite unir diferentes pueblos, ciudades, regiones. Por este motivo debe disponer de buen estado para conservación de nuestras redes viales.

Para esto, en el mundo de la ingeniería civil, siempre se ha buscado desarrollar y aplicar tecnologías como aditivos químicos para lograr el mejoramiento de los suelos y los materiales de la superficie de rodadura, ya sea en trochas, carreteras o pistas, mediante el uso de aditivos para aumentar los requerimientos en servicio, para un uso determinado.

En Perú, en 1995, se inició el uso de estabilizadores químicos, ante la necesidad de mejora de vías. Inicialmente, los tramos de prueba se evaluaron en el laboratorio, actualmente existen empresas que proveen estabilizadores químicos que presentan sus productos como una opción indispensable, demostrando la optimización que ofrecen dichos productos, los cuales tienen un mejor comportamiento de servicio; además, se ha utilizado en la industria petrolera en Canadá y Sudáfrica. [1]

Algunos estabilizadores no tradicionales, no muestran cuáles son las propiedades mecánicas que benefician al suelo, por lo cual, no se puede dar garantía para el proyecto de diseños estructurales, de igual manera, tampoco se tiene especificado cual es la durabilidad que dependen mucho de los factores de tránsito, así mismo, se tiene desconocimiento sobre cuál es el impacto ambiental que estos generan. Aunque a diferencia de los tradicionales, muchos provienen de fuentes aprovechables de los residuos industriales, que demuestran su efectividad para mejorar el desempeño del suelo, siendo así beneficioso en términos de costo – beneficio [2].

El suelo juega un papel determinante en la base de cualquier estructura, en este caso, para obras viales, las propiedades del suelo dependen en gran medida de su capacidad de soporte y de las cargas vehiculares que transitan sobre su subrasante, las cuales repercuten en su estabilidad y durabilidad, generando deformaciones por efectos de fatiga. Bajo estas condiciones, la capacidad de soporte del suelo también es perjudicada por la napa freática y asentamientos excesivos no previstos, entre otros. La pérdida de la capacidad de soporte del suelo conlleva daños severos sobre las estructuras viales, las cuales representan costos de reposición de materiales elevados, encareciendo la ejecución de cualquier vía en condiciones pésimas de transitabilidad y de servicio. Mayoritariamente, un suelo de un determinado proyecto vial no cumplen con los requisitos de diseño, y por lo tanto, es necesario realizar procesos de modificación, estabilización o sustitución, para proporcionar a la obra un material de construcción mejorado.

Los tratamientos aumentan la calidad del suelo, el cual mejora su resistencia al corte, que como se sabe muy bien, por acción de desplazamiento de los ejes vehiculares se producen efectos de rozamiento, los cuales, ante un aumento considerable, las partículas de los materiales sufren un corte interno producto de la acción mecánica vehicular. A su vez, permite mejorar su desempeño ante efectos de ablandamiento, la cual genera inestabilidad volumétrica, disminuyendo la permeabilización y plasticidad, como también, aumentan la densidad del suelo. Los procesos estabilizantes sencillos que vienen efectuándose, se dan por compactación y drenando; pero pese a ello, resultan ser insuficientes en la obtención de adecuadas estabilizaciones del suelo, recurriéndose a gradar las partículas finas, el cual se puede lograr agregando líquidos aglutinantes, como el aceite sulfonado.

Un suelo se considera estable, cuando poseen altas características anti deformativas, el cual debe evitar los excesivos deterioros en servicio, por las condiciones climáticas variables que se puedan presentar, además, debe de conservar estas propiedades a través del tiempo.

Un suelo natural puede tener a veces la composición granulométrica, la plasticidad y el grado de humedad adecuada, para que, siendo únicamente compactadas, presenten las características mecánicas que lo hacen utilizable para la ejecución de una obra vial en específico. No obstante, si no se logra un adecuado equilibrio entre el rozamiento de partículas y su adhesión, no se tendrá la estabilidad esperada. Por tanto, la estabilización es un tratamiento que mejora el suelo, el cual permite tener características adecuadas frente a los efectos externo del ambiente y de servicio. Dicho proceso causa la alteración de sus propiedades iniciales: generando un mejor control de expansión, aumentando su capacidad, reduciendo la plasticidad y permeabilidad, que, a su vez, previenen la erosión. La posibilidad de incrementar su resistencia para ser convertido en material apropiado, capaz de soportar las cargas vehiculares y efectos ligados al ambiente, despierta interés de lograr mayores durabilidades para su ejecución. Metodológicamente, los tratamientos pueden ser de carácter mecánico, físico, químico y biológico.

Estabilizar químicamente requiere añadir otros materiales modificantes mediante adiciones aglomerantes que reaccionen entre sí. Algunos autores como Bahar et al., (2004) y Billong et al., (2009), sugieren combinar de materiales mediante la aplicación mecánica compacta vibratoria y química, como en el caso nuestro, que se incorpora afirmado con aceite sulfonado para la mejora de la base granular de suelos.

La estabilización química se puede utilizar en todos los tipos de suelos para el mejoramiento de sus propiedades geotécnicas, cambiando su caracterización inicial natural, para mitigar obstáculos inestables. Adicionalmente, la combinación con varias materias primas adecuadamente seleccionadas puede permitir la sinergia de sus propiedades brindando un mejor comportamiento frente a la estabilización de un suelo.

Cabe mencionar, que la selección del tipo y porcentaje de estabilizante es función primordial del tipo de suelo, y por supuesto, de la expectativa de mejoramiento requerida para el caso particular. Otros factores importantes son el costo y las condiciones medioambientales. Así, cuando solamente se pretende modificar algunas de sus propiedades, tales como la trabajabilidad, plasticidad o distribución de partículas, es posible que se requieran proporciones bajas de adición. Sin embargo, cuando se desea incrementar las propiedades de resistencia y durabilidad, para prolongar su período en una determinada vía, dichas cantidades en adición pueden ser superiores, basándose siempre en la granulometría, plasticidad y textura del suelo.

En general, los criterios para decidir sobre un tipo o no de estabilización química se basan generalmente en las consistencias. El suelo presenta 4 estados que dependen de su humedad. El límite plástico (LP) corresponde al paso semisólido a plástico; y el límite líquido (LL) corresponde al paso de estado plástico a estado líquido. El índice plástico (IP) se calcula restando la humedad de los LL y LP. Para materiales de subbase y base granular, algunas normas consideran que el LL no puede superar valores entre 30% a 40 % y el IP entre el 10% a 12 % respectivamente, mientras que, para materiales de subrasantes, alrededor de 20% a 40 %.

Otras características que determinan el tipo de estabilización están relacionadas con el CBR del suelo. Estas características, en general, definen la calidad del suelo y su conocimiento es tan importante como escoger bien los materiales para realizar la estabilización. Según norma ASTM D4609, la estabilización se aplica cuando el CBR (95%) del suelo es inferior al 6%, por lo que se debe evaluar el potencial de los productos utilizados para mejorar sus capacidades. En tanto, es común que, una vez realizada la estabilización química, se apliquen métodos mecánicos para compactar el suelo.

Como ventajas técnicas, se indican la ganancia de resistencia a edades tempranas y el incremento de la durabilidad de los suelos tratados. En aplicaciones viales, se pueden reducir los espesores de las capas de las estructuras de los pavimentos, disminuyendo los costos de obra. En general, el uso del aceite sulfonado con afirmado son productos disponibles comercialmente, y su composición química, tiene una variabilidad relativamente aceptable, ya que sus procesos de producción están ampliamente desarrollados y controlados. Como desventaja, se señala su impacto ambiental negativo, ya que aún se sigue degradando y contaminando el suelo por la obtención y mala disposición de las mismas.

Razón por la cual, fue indispensable evaluar la incorporación de afirmado con aceite sulfonado para base granular, mediante adiciones combinadas de los insumos descritos que permitirán conocer el comportamiento mecánico de la capacidad de soporte respecto a una estabilización convencional. Es por ello que se estableció la cuestión siguiente: ¿Cuál es el efecto de CBR al adicionar aceite sulfonado con afirmado para estabilización de bases granulares en tres tipos de suelo de subrasante? Igualmente, se planteó la hipótesis: el aceite sulfonado con afirmado aumentará la capacidad de soporte de la base granular logrando mejores capacidades estabilizantes.

El presente estudio se justificó mediante la contribución al progreso de la investigación del campo de la ingeniería geotécnica, brindando datos sobre la efectividad del aceite sulfonado con afirmado en base granular de un suelo de subrasante, para que, de esta manera, se demuestre la influencia, mediante manual ASTM y la norma SUCS. A su vez, profundiza el conocimiento de suelos tratados, evaluando el comportamiento del suelo en función de los resultados del estudio, los cuales pueden brindar una propuesta para su inclusión como una solución a los problemas de construcción de vías, al incorporar aceite sulfonado al suelo, facilitando su aplicación con la dosificación correcta o más óptima.

Teniendo en cuenta la situación problemática, se consideró como objetivo general: evaluar la influencia de la adición de aceite sulfonado en las propiedades físicas y mecánicas del afirmado para base granular. Como objetivos específicos: a) caracterizar y evaluar sus propiedades como el pH, viscosidad, densidad del aceite sulfonado utilizado en la investigación, b) determinar las propiedades físico – mecánicas de los materiales en estudio, c) realizar una evaluación económica del aditivo aceite sulfonado de costo por m³ con el fin de evaluar la calidad de la base granular, d) elaborar un tramo experimental para medir la durabilidad de la base granular para 4 m² y e) analizar la incorporación del aditivo para la subrasante en tres tipos de suelos.

Revisión de literatura

Antecedentes del problema

Gamarra y León [3] tuvieron como objetivo determinar la influencia del aceite sulfonado y el cemento en suelos de afirmado para analizar la capacidad de soporte Socchabamba. Se ha considerado como población las localidades de Socchabamba, Joras, Mostazas y Giclas y como muestra al afirmado extraído. En los resultados se ha obtenido que según SUCS es un suelo GC (grava arcillosa con arena) y según AASHTO, suelo A-2-4, con un índice de plasticidad de 8%, contenido de humedad de 9.3%. Con la aplicación de aceite sulfonado y cemento se incrementó la máxima densidad seca (MDS), se disminuyó el contenido de humedad óptima (HO). Se logró elevar el índice CBR desde 47.3% hasta 91.2%, 121.0% y 136.3% respectivamente, es decir se incrementó en un 192.8%, 255.8% y 288.1% sobre el valor original. En conclusión, podemos asegurar que la aplicación de aceite sulfonado y cemento mejora eficientemente la capacidad de soporte, ya que se logran incrementar los indicadores de la máxima densidad seca, humedad óptima e índice CBR.

Barraza [4] tuvo como objetivo la determinación del porcentaje de cal y aceite sulfonado para modificar la plasticidad del material granular mejorado del CP Guayaquil, Sivia- Ayacucho, aportando información teórica y experimental sobre el porcentaje de cal y aceite sulfonado que influye en las propiedades físico – mecánicas de los suelos de clasificación SUCS CL, GM, ML. La investigación es Experimental-descriptiva, porque los ensayos se desarrollarán en un laboratorio, donde se manipularán las variables, desde ese punto el trabajo tomo un enfoque tipo cuantitativo, prolectivo. El diseño es experimental, longitudinal y prospectivo. Los resultados mostraron mejoras en las propiedades físico-mecánicas de los suelos al estabilizarla con Cal (2.25%), así mismo los resultados indican que suelo natural más el aceite sulfonado Ionicsoil (0.25 L/m³) mejora las propiedades mecánicas del suelo, haciendo que se incremente su CBR de 193.33% hasta 222.22% más respecto al CBR del suelo natural. Así mismo al combinar suelo + cal (2.25%) + aceite sulfonado (2.25%) también se incrementa el índice de CBR en más del 320%, respecto al 95% M.D.S a 0.1” (2.54mm).

Barreto y Taco [5], tuvo como objetivo determinar la eficiencia del aceite sulfonado más cemento en base granular para aumentar la capacidad portante, a su vez, conocer el costo de aplicación con respecto a un proceso constructivo tradicional. Para dicho objetivo se realizó ensayos de laboratorio mediante hojas de cálculos en Excel, haciendo mejoras con la dosificación correspondiente y ser aplicada en el camino vecinal “Huasahuasi – Hacienda Calla”, Tarma – Junín en el tramo ubicado entre el km 3+000 y km 4+000. Teniendo en cuenta lo antecedido en esta investigación se aplicó dosificaciones de agentes estabilizantes, con 0.3 L aceite sulfonado y 0.73 bls de cemento por m³, con el cual se mejoró el CBR de un 95% del MDS de una carretera afirmada a un considerable 103%, bajo estos materiales, y también se optimizó los precios respecto a un proceso constructivo tradicional de carretera afirmada con S/. 125.24 por m³ el costo de aplicación a S/.87.51 por m³ costo de aplicación a una carretera estabilizada.

Rivera [6] tuvo como objetivo general, la de establecer cómo influye la adición del aceite sulfonado Perma - Road iónico en las propiedades físico mecánicas del material para base granular en la ciudad de Huancayo. El tipo de investigación fue Aplicado, con un nivel descriptivo – explicativo y se aplicó un diseño cuasi experimental. La población se definió como el material para bases granulares extraídos de canteras con CBR por encima del 50% en la provincia de Huancayo, el cual se eligió una muestra no probabilística en la cantera de la Comunidad Campesina de Pilcomayo. Finalmente se llegó a la conclusión que la adición del aceite sulfonado Perma-Road iónico influye positivamente en las propiedades físico mecánicas del material para base granular en la ciudad de Huancayo, incrementando principalmente la resistencia del material granular, lo cual se llegó a demostrar mediante el ensayo de CBR obteniendo un incremento de 49%; en el material para base granular + 1.1% del aceite sulfonado Perma - Road; en comparación a la muestra sin el estabilizante.

Ayquipa y Guillén [7] tuvieron como objetivo principal determinar el diseño de pavimento adecuado considerando el aceite sulfonado y cemento como aditivo para la base de la ruta LI-116. La metodología es del tipo aplicada, empleando un diseño cuasi experimental; la población está ubicada en la ruta LI-116, Yamobamba – La Libertad; donde se analizó los datos obtenidos empleando los Manuales del MTC y la guía AASHTO. Se analizaron los datos con ensayos de laboratorio (CBR) en las 06 calicatas según vía y 03 calicatas de cantera, obteniendo un CBR promedio de vía de 18%; lo siguiente fue estabilizar las muestras de la cantera con aditivo PROES 100 (0.26, 0.28 y 0.30 L/m³) + 45 kg/m³ de Cemento Portland I obteniendo que el CBR al 100% mejoró en 101.3%, 106.0% y 117.1% y con resistencias a la compresión de 32, 37 y 39 kg/cm², dando como resultado el objetivo planteado. Finalmente, se concluye los estabilizadores mencionados mejoran las propiedades ingenieriles de los suelos de acuerdo a las dosificaciones planteadas.

Mamani y Callata [8] analizaron la influencia de las propiedades del agregado y resistencia al congelamiento demostrado por el ensayo de compresión simple de muestras tratadas y congeladas respecto a una base tradicional. Los resultados con respecto a muestra no tratada, del aceite sulfonado al 0.15%: reducción del índice de plasticidad en un 3.60%, incremento en la densidad seca máxima en 0.04 g/cm³, disminución en el contenido de humedad en un 0.44%, incremento en el CBR en un 28.73%, disminución en la cohesión en 0.32 kg/cm², aumento en el ángulo de fricción en 11.57°, y disminución de resistencia a congelamiento evaluado por compresión simple en 2.92 kg/cm². De la muestra tratada con cloruro de calcio al 0.50%: reducción del índice de plasticidad en un 2.20 %, incremento en la densidad seca máxima en 0.03 g/cm³, disminución en el contenido de humedad en un 0.29%, incremento en el CBR en un 28.20%, disminución en la cohesión en 0.22 kg/cm², aumento en el ángulo de fricción en 7.93°, disminución de resistencia a congelamiento evaluado por compresión simple en 2.21 kg/cm². El costo de aplicación del aditivo aceite sulfonado es de s/. 773.92 con respecto a una base tradicional.

Bases teóricas científicas

Bases teóricas

Entre las definiciones principales tenemos las siguientes:

Caracterización del suelo: Los suelos, como cualquier otro material, presentan características tanto físicas, químicas y mineralógicas. Saber de todas ellas, permite determinar mejor los parámetros de construcción para las superestructuras que se apoyarán en su superficie. En este caso, el suelo aplicado al estudio es una arcilla las cuales pueden ser dependientes desde distintos puntos de vista: en sentido petrográfico (como un tipo de roca en sí misma), en un sentido mineralógico (aquel conjunto de minerales que comparten características químico estructurales) y en un sentido granulométrico (referido a la fracción de una roca en la que el tamaño de sus granos constituyentes satisface un determinado rango de medida). En general, el término arcilla se aplican a un material natural, terroso, de tamaño de grano fino y que muestra plasticidad. Por ello, el tamaño y textura de las partículas del suelo dará el criterio para su clasificación, pudiendo categorizarse como arenoso, limoso o arcilloso. [9]

Granulometría del suelo: La granulometría, como se puede deducir de su nombre, nos ayuda a identificar el tamaño de los granos que existen los suelos. El resultado nos brinda el tamaño máximo de las partículas del suelo analizado, los porcentajes retenidos y que pasan cada uno de los tamices empleados. Conocer la granulometría de nuestro suelo nos permite deducir su comportamiento bajo distintas situaciones de una manera general, y que da cabida a distintos ensayos como la identificación de los límites de Atterberg y consecuente la clasificación del suelo. Para obtener la granulometría existen distintos métodos, por ejemplo, el análisis granulométrico empleando los tamices desde la malla 3” hasta la malla N° 200 de 74 mm de apertura, resulta de un análisis basado en la norma ASTM D 422 de alcance internacional. Por otro lado, tenemos la granulometría por hidrómetro, basado en la ley de Stokes, conocido también como granulometría por sedimentación permite completar la curva granulométrica al evaluar las partículas que pasan la malla N° 200. [10]

Límites de Atterberg: Útiles para analizar al suelo y poder determinar distintas cualidades como, por ejemplo, los cambios de un suelo de estado natural a un estado plástico y seguidamente a un estado semilíquido todo cuando se le incrementa el porcentaje de agua en su composición. Iniciando por el límite de retracción, nos enfrentamos a un estado casi natural de la muestra casi sin agua, y con su contenido de agua normalizado se encontraría el límite de retracción al pasar de estado sólido a semisólido. Como este límite no es de mucha utilidad para el análisis del comportamiento en un suelo, muchos autores no lo consideran siquiera relevante para mencionar. Sin embargo, el límite plástico trata del primer cambio significativo del estado del suelo de semisólido a plástico. El incremento de la humedad genera este cambio del estado del suelo, y para poder determinarlo es necesario muestras que pasen el tamiz N°40 según la ASTM, ya que granos más finos son los más susceptibles a cambiar su comportamiento con el incremento de la humedad (limos y arcillas). Finalmente tenemos el límite líquido en el cual se determina el límite máximo de humedad que puede “soportar” el suelo antes de entrar en un estado líquido. Cabe resaltar que también se requieren de muestras de grano inferior a los 0.43 mm de diámetro y emplear la copa de Casagrande [9]

Clasificación SUCS: Con la obtención de los límites de Atterberg tendremos las características principales para poder clasificar un suelo, según el tamaño de sus partículas y el comportamiento ante distintos porcentajes de humedad. A su vez, el LL y LP permiten obtener el IP, resultando de la sustracción $LL - LP$ (NTP 339.129: SUELOS). El índice, permite clasificar al suelo y asignarle un nombre propio según la caracterización, mediante tabla empleada por dicho sistema [11]

Proctor modificado: El suelo en estado natural no se encuentra en las óptimas condiciones para poder construir directamente sobre él. Los parámetros principales para determinar las condiciones idóneas del suelo son el OCH y la MDS, los cuales se determinan por medio de la prueba del mismo nombre, el cual resulta de la variación de la versión estándar (MTC E116, ASTM D-698). [12]

California Bearing Ratio (CBR): Es uno de los ensayos que somete al suelo a diferentes fuerzas verticales, las cuales permite identificar la resistencia del suelo frente a estos esfuerzos. El CBR es de los más recurrentes cuando se realizan diseños de pavimentos, especialmente para determinar la capacidad de la subbase y base sobre las cuales se apoyará la superficie de rodadura. Los ensayos mencionados tienen cuenta con base en la ASTM, sin embargo, podemos encontrarlo en la norma peruana. De los mencionados, el más económico y factible para la investigación es el CBR, el cual se detalla en la norma MTC E 132. [12]

Características químicas de materiales: Los distintos materiales que se puedan emplear en trabajos de ingeniería e investigaciones, permite adelantarnos al comportamiento que puedan tener 2 o más componentes al combinarse. Con ello, podemos deducir los causantes por los cuales una combinación haya sido exitosa o deficiente según nuestros objetivos. Para la obtención de estas características tenemos el ensayo de fluorescencia o FRX, basándose en emitir rayos X a la muestra, la cual expulsa electrones de las capas más internas del átomo, dejando espacios los cuales son ocupados por los átomos más externos. Los resultados de esta migración de fotones resultan en la disipación de fotones o radiación fluorescente con una longitud de onda intensa relacionada a la concentración del elemento en la muestra. Los resultados arrojan un conjunto de compuestos químicos en diversos porcentajes. Por ello, esta técnica permite determinar la composición química de una amplia variedad de tipos de muestras. [13]

Caminos en afirmados con superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales: Afirmados con grava tratada con materiales como asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros. Suelos naturales estabilizados con material granular y finos, asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros. [14]

Carreteras en afirmado: Como se muestra en la tabla 1, este sistema de clasificación divide en tres tipos de suelos: suelos de grano grueso, fino y altamente orgánicos, del cual, solo haremos mención a los dos primeros. Luego subdivididas en un total de 15 grupos de suelo. [14].

Capa subbase: En menciona que esta capa es de material especificado y su espesor es diseñado para soportar la capa base y de rodadura. Se utiliza como capa de drenaje y también como controlador de la capilaridad del agua. De acuerdo con las características del diseño, tipo y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede ser descartada. Para está capa el material puede ser granular con un CBR $\geq 40\%$ o tratada con asfalto, cemento o cal o un aditivo alternativo [14].

Capa de rodadura: Es la parte superior del pavimento que debe tener la característica de ser flexible para el caso de ser bituminoso o rígido en el caso de ser un cemento portland, de adoquines; que cumplen la función de sostener inmediatamente las cargas del tránsito. [14].

Pavimento: Es el conjunto de capas superpuestas de diversos materiales para soportar el tránsito vehicular [14].

Calzada: Es la porción de pavimento destinado a servir como superficie de rodadura vehicular [14].

Bases científicas

E.050. Suelos y Cimentaciones. 2018. Perú: RNE.

Estipula procedimientos técnicos para el muestreo y realización de la mecánica de suelos. A su vez, establece los lineamientos necesarios para la determinación del número de calicatas de acuerdo al tipo de obra a realizar. [15]

NTP CE.020. Estabilización de suelos y taludes. 2018. Perú: RNE.

Este acápite regula el procedimiento de toma de muestras y especificaciones técnicas para la estabilización de suelos a nivel de subrasante y taludes tanto inferiores como superiores, los cuales estipulan las herramientas para la estabilización de suelos y taludes. [16]

CE.010. Pavimentos Urbanos. 2018. Perú: RNE.

Se establecen las reglas mínimas y criterios de diseño para la pavimentación urbana, sea esta rígida o flexible. Como también, fija los parámetros técnicos para la conservación de las vías urbanas. [14]

Norma Británica. Ensayos físicos – químicos. 1988. Reino Unido. Parte 812.

Se normalizan los procedimientos de estudios físicos – químicos de materiales orgánicos, inorgánicos y modificados para cualquier campo de la ingeniería, los cuales fijan los materiales, equipos, rangos permisibles de validación experimental en cuanto a la toma de datos cuantitativos que determinaran la estructura o composición química de cualquier material en estudio, entre otros parámetros. [13]

Materiales y métodos

Tipo y nivel de investigación

El suelo depende de muchas condiciones, sean climáticas o de servicio, por lo que la metodología de la presente investigación fue experimental, llevándose a cabo el análisis de las muestras extraídas en el laboratorio EICA - USAT de manera experimental. Para lo cual se evaluó la caracterización de los 3 tipos de suelos de la Calle Henry Francois cuadra N° 1, Pasaje Venus cuadra N° 1 y Jr. Juan Thomis cuadra N° 5 de la Urb. Santa María del DJLO. Posteriormente, dichos resultados de cada ensayo ejecutado sirvieron para la discusión correspondiente entre las muestras convencionales y experimentales bajo dosificaciones de aceite sulfonado.

Los ensayos corresponden a la determinación de las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo y aceite sulfonado, las cuales, en base al tipo de suelo según clasificación para las 3 vías anteriormente mencionadas, se logró conocer el comportamiento del suelo ante efectos de resistencia y compactación.

Los ensayos químicos fueron tercerizados de manera externa cuya realización fue en la FIQIA de la UNPRG, en la cual se determinaron los valores correspondientes al potencial de hidrógeno, viscosidad y densidad del aceite sulfonado.

La evaluación de la durabilidad se dio de manera indirecta en base a un tramo de prueba experimental para la vía con mejor respuesta mecánica, en la cual se tuvo un área total de 4 m² a nivel de subrasante para un período de 2 meses.

La investigación fue aplicada, demostrándose la utilidad del aceite sulfonado con afirmado en la estabilización de bases granulares, conformándose 5 grupos para el estudio de la estabilización del suelo, tanto convencional como experimental.

Diseño de investigación

La investigación fue cuantitativa, dado que los valores obtenidos corresponden a los niveles de respuesta de los materiales adicionados respecto a cada ensayo realizado en el laboratorio.

Población y muestra

Población

Se aplicó una población probabilística por muestreo aleatorio simple para la selección del aceite sulfonado, del mismo modo, para el afirmado, cuyo propósito fue la de obtener la dosificación más óptima que brinde mejores resultados en cuanto al aumento de la capacidad de soporte del suelo. Según ficha técnica del aceite sulfonado IONICSOIL otorgada por la empresa SOLVIAL SOLUCIONES VIALES AC SAC, indican las adiciones de aceite sulfonado que han sido empleadas para las estabilizaciones de suelo experimental correspondiente, para lo cual, se evaluó la eficiencia de dicho producto en base a la comparativa de los resultados experimentales de los tres tipos de suelo.

Tabla 1. Adiciones de aceite sulfonado para muestras estabilizadas experimentales.

| Adición | Aceite sulfonado + afirmado |
|------------------|-----------------------------|
| 1 ^{era} | 0.15 L/ m ³ |
| 2 ^{da} | 0.25 L/ m ³ |
| 3 ^{era} | 0.35 L/ m ³ |
| 4 ^{ta} | 0.45 L/ m ³ |

Fuente: Elaboración propia.

La finalidad fue comparar los resultados convencionales con los experimentales, para ello, se utilizó aceite sulfonado con afirmado para la realización de las probetas de suelos estabilizados, cuyo enfoque técnico estuvo dirigida al estudio y análisis de su comportamiento. La población para los ensayos de estabilización del suelo fue de 30 muestras en total, independientemente, 15 muestras para el ensayo de proctor modificado y CBR.

Tabla 2. Población para ensayos de estabilización del suelo convencional y experimental.

| Tipo | Aceite sulfonado + afirmado | Proctor modificado | CBR | Población |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------|-----|-----------|
| Convencional | - | 3 | 3 | 6 |
| 1 ^{era} adición | 0.15 L/ m ³ | 3 | 3 | 6 |
| 2 ^{da} adición | 0.25 L/ m ³ | 3 | 3 | 6 |
| 3 ^{era} adición | 0.35 L/ m ³ | 3 | 3 | 6 |
| 4 ^{ta} adición | 0.45 L/ m ³ | 3 | 3 | 6 |

Fuente: Elaboración propia.

La población para los ensayos químicos del aceite sulfonado fueron de 3 muestras en total.

Tabla 3. Población para ensayos químicos de aceite sulfonado.

| Tipo | Aceite sulfonado | Potencial de hidrógeno | Viscosidad | Densidad | Población |
|--------------------------|------------------------|------------------------|------------|----------|-----------|
| Convencional | - | | | | |
| 1 ^{era} adición | 0.15 L/ m ³ | | | | |
| 2 ^{da} adición | 0.25 L/ m ³ | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 3 ^{era} adición | 0.35 L/ m ³ | | | | |
| 4 ^{ta} adición | 0.45 L/ m ³ | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Muestra

Se efectuó 1 calicata en 3 vías distintas, las cuales están ubicadas en la Calle Henry Francois cuadra N° 1, Pasaje Venus cuadra N° 1 y en el Jr. Juan Thomis cuadra N° 5 de la Urb. Santa María del DJLO, considerándose 1 espécimen para determinar el proctor modificado y CBR convencional de la subrasante. De la misma manera, tanto para el proctor modificado y CBR, se planteó 1 espécimen con aceite sulfonado y afirmado por calicata para las 4 adiciones, obteniéndose 3 especímenes convencionales y 12 experimentales para la estabilización del suelo.

Tabla 4. Muestra para ensayo de proctor modificado convencional y modificado.

| Proctor modificado | | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|------------|------------|------------|-------|
| Tipo | Aceite sulfonado + afirmado | Calicata 1 | Calicata 2 | Calicata 3 | Total |
| Convencional | - | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 1 ^{era} adición | 0.15 L/ m ³ | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 2 ^{da} adición | 0.25 L/ m ³ | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 3 ^{era} adición | 0.35 L/ m ³ | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 4 ^{ta} adición | 0.45 L/ m ³ | 1 | 1 | 1 | 3 |

Fuente: Propia.

Tabla 5. Muestra para ensayo de CBR convencional y experimental.

| CBR | | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|------------|------------|------------|-------|
| Tipo | Aceite sulfonado + afirmado | Calicata 1 | Calicata 2 | Calicata 3 | Total |
| Convencional | - | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 1 ^{era} adición | 0.15 L/ m ³ | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 2 ^{da} adición | 0.25 L/ m ³ | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 3 ^{era} adición | 0.35 L/ m ³ | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 4 ^{ta} adición | 0.45 L/ m ³ | 1 | 1 | 1 | 3 |

Fuente: Elaboración propia.

Para la determinación del potencial de hidrógeno, viscosidad y densidad del aceite sulfonado, se consideró 1 espécimen por cada ensayo químico.

Tabla 6. Muestra para potencial de hidrógeno del aceite sulfonado.

| Potencial de hidrógeno | | |
|-------------------------------|-------------------------|--------------|
| Tipo | Aceite sulfonado | Total |
| 1 ^{era} adición | 0.15 L/ m ³ | 1 |
| 2 ^{da} adición | 0.25 L/ m ³ | |
| 3 ^{era} adición | 0.35 L/ m ³ | |
| 4 ^{ta} adición | 0.45 L/ m ³ | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Muestra para viscosidad del aceite sulfonado.

| Viscosidad | | |
|--------------------------|-------------------------|--------------|
| Tipo | Aceite sulfonado | Total |
| 1 ^{era} adición | 0.15 L/ m ³ | 1 |
| 2 ^{da} adición | 0.25 L/ m ³ | |
| 3 ^{era} adición | 0.35 L/ m ³ | |
| 4 ^{ta} adición | 0.45 L/ m ³ | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Muestra para densidad del aceite sulfonado.

| Densidad | | |
|--------------------------|-------------------------|--------------|
| Tipo | Aceite sulfonado | Total |
| 1 ^{era} adición | 0.15 L/ m ³ | 1 |
| 2 ^{da} adición | 0.25 L/ m ³ | |
| 3 ^{era} adición | 0.35 L/ m ³ | |
| 4 ^{ta} adición | 0.45 L/ m ³ | |

Fuente: Elaboración propia.

Criterios de selección

El aceite sulfonado fue adquirido por intermedio del proveedor SOLVIAL SOLUCIONES VIALES AC SAC con dirección en la Calle Los Eucaliptos N° 383, Urb. Santa Rosa, Distrito de San Isidro - Lima.

El afirmado proviene del yacimiento “La Victoria” de Pátapo, Provincia de Chiclayo.

Las muestras de suelo corresponden a las calicatas realizadas en la Calle Henry Francois cuadra N° 1, Pasaje Venus cuadra N° 1 y Jr. Juan Thomis cuadra N° 5 de la Urb. Santa María del DJLO.

A. Ensayos mecánica de suelos

Según NTP E.050 establece un área de 1.00 m x 1.00 m para una profundidad mínima de muestreo de 1.50 m.

B. Estabilización del suelo

Según NTP CE.020 establece todos los lineamientos y requisitos a cumplir.

Operacionalización de variables

Variable independiente: Adición de aceite sulfonado IONICSOIL.

Variable dependiente: Estabilización de base granular con afirmado.

Variable interviniente: Índice de plasticidad.

Tabla 9. Operacionalización de variables.

| Variable independiente | Indicador | Unidad de medida | Rango de aplicación | Método de medición (Instrumento) |
|---------------------------------------|--|------------------|--|-----------------------------------|
| Adición de aceite sulfonado IONICSOIL | Cantidad de aceite sulfonado IONICSOIL | % en volumen | 0.15 L/m ³ 0.25 L/m ³ 0.35 L/m ³ 0.45 L/m ³ | Probeta con correcta sensibilidad |

| Variable dependiente | Dimensión | Indicador | Unidad de medida | Método de medición (Instrumento) |
|--|-----------------------|-----------------------------|-------------------|---|
| Estabilización de base granular con afirmado | Propiedades mecánicas | Máxima densidad seca | g/cm ³ | Proctor modificado (NTP 339.141-ASTM D1557) CBR (NTP 339.145-ASTM D1883) |
| | | Óptimo contenido de humedad | % | |
| | | Grado de compactación | % | |

| Variable interviniente | Unidad de medida | Valor |
|------------------------|------------------|---|
| Índice de plasticidad | % | Límites de Atterberg (NTP 339.129 - ASTM D4318) |

Fuente: Propia.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Para efectos del desarrollo de la presente investigación, los métodos empleados para cada ensayo, otorgaron resultados que obedecen a lineamientos técnicos dados por norma, los cuales fueron interpretados y anotados para la posterior discusión correspondiente.

Los datos técnicos obtenidos fueron cuantitativos, en tal sentido para cada ensayo se armaron hojas de cálculo en excel que permitieron procesar y analizar los valores ordenadamente de las muestras estabilizadas convencionales como experimentales. Las hojas de cálculo elaboradas fueron para la granulometría, humedad, consistencia, peso unitario, proctor modificado, CBR y ensayo por fluorescencia de rayos X dispersiva en energía (FRXDE).

Instrumentos

Se emplearon los siguientes:

- **Programas de cómputo**

Word, excel, power point.

- **Laboratorio EMS**

Granulometría: ASTM D422

Equipos: Balanza, cucharas, horno, tamices, pala.

Und: %

Contenido de humedad: ASTM D2216

Equipos: Taras, balanza, espátulas, horno de secado, cucharas.

Und: %.

Sales: ASTM D2216

Equipos: Badilejo, tamices, balanza, vaso precipitador, horno de secado, cucharas.

Und: %.

Límites de Atterberg: ASTM D4318

Equipos: Cucharas, taras, copa casagrande, horno de secado, ranurador, balanza, espátulas, superficie de rodadura, calibrador.

Und: %.

Proctor modificado: ASTM D1557

Equipos: Horno, balanza, espátulas, molde cilíndrico, cucharas, martillo metálico, tamises.

Und: gr/cm^3 , %.

Ensayo de CBR: NTP 339.145.

Equipos: Pisón, trípode y extensómetro, molde cilíndrico, disco espaciador de acero, pesas de plomo anular, pistón circular, prensa hidráulica, balanza, horno, tamises, papel filtro, tanques, cronómetro.

Und: %.

Procedimientos

Las vías planteadas para el desarrollo de la presente investigación, se realizaron en la Calle Henry Francois cuadra N° 1, Pasaje Venus cuadra N° 1 y Jr. Juan Thomis cuadra N° 5 de la Urb. Santa María del DJLO, cuyas vías se encuentra en pésimo estado de transitabilidad y sin pavimentar. De acuerdo al fin de la investigación mediante uso del aceite sulfonado con afirmado, se establecieron los siguientes procedimientos:

- a) **Realización de calicatas:** De acuerdo a la E.0.50 se realizó 1 calicata en 3 puntos diferentes, las cuales tuvieron las dimensiones de 1.00 m x 1.00 m x 1.50 m.
- b) **Clasificación de muestras de suelos:** Se procedió a extraer muestras de suelos en condiciones naturales teniendo en cuenta la textura y color de las mismas.
- c) **Ensayos químicos del aceite sulfonado:** Se seleccionó de manera aleatoria este insumo y se realizaron los ensayos correspondientes de potencial de hidrógeno, viscosidad y densidad.
- d) **Estabilización del suelo convencional:** Se procedió a realizar los ensayos de proctor modificado y CBR para las muestras de suelos convencionales teniendo en cuenta su clasificación (SUCS).

- e) **Estabilización del suelo experimental:** Se realizaron los ensayos de proctor modificado y CBR para las muestras de suelo experimental con aceite sulfonado y afirmado mediante adiciones de 0.15, 0.25, 0.35 y 0.45 L/m³.
- f) **Evaluación económica:** Se efectuaron análisis de costos unitarios para la estabilización experimentales de las 4 adiciones contempladas en este estudio, y a su vez, fueron comparadas respecto al costo de estabilización convencional.
- g) **Tramo de prueba:** Se sometió un tramo de prueba experimental para la vía con mejor respuesta óptima de densidad, según grado de compactación, en un área de 4 m² para base granular a nivel de subrasante.
- h) **Discusión:** Se comparó los resultados obtenidos respecto a los resultados de otras investigaciones.
- i) **Conclusiones y recomendaciones.**

Matriz de consistencia

Tabla 10. Matriz de consistencia.

| Problema | Objetivos | Hipótesis | Variables e indicadores |
|--|---|--|--|
| ¿Cuál es el efecto de CBR al adicionar aceite sulfonado con afirmado para estabilización de bases granulares en tres tipos de suelo de subrasante? | <p>Objetivo general:</p> <p>Evaluar la influencia de la adición de aceite sulfonado en las propiedades físicas y mecánicas del afirmado para base granular</p> | El aceite sulfonado con afirmado aumentará la capacidad de soporte de la base granular logrando mejores capacidades estabilizantes | <p>Variable independiente:</p> <p>Adición de aceite sulfonado IONICSOIL</p> |
| | <p>Objetivos específicos:</p> <p>a) caracterizar y evaluar sus propiedades como el pH, viscosidad, densidad del aceite sulfonado utilizado en la investigación.</p> <p>b) determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales en estudio.</p> <p>c) realizar una evaluación económica del aditivo aceite sulfonado de costo por m³ con el fin de evaluar la calidad de la base.</p> <p>d) elaborar un tramo experimental para medir la durabilidad de la base granular para 4 m².</p> <p>e) analizar la incorporación del aditivo para la subrasante en tres tipos de suelos.</p> | | <p>Variable dependiente:</p> <p>Estabilización de base granular con afirmado</p> <p>Variable interviniente:</p> <p>Índice de plasticidad</p> |

Fuente: Elaboración propia.

Consideraciones éticas

La información es verás y sirve como referencia, teniendo en cuenta el uso del aceite sulfonado con afirmado para la estabilización de bases granulares, las cuales permitieron mejorar las propiedades físicas – mecánicas de tres tipos de suelos.

En cuanto a los resultados de proctor modificado y CBR de los especímenes de suelos estabilizados, fueron obtenidos mediante fórmulas matemáticas y fueron realizados en el laboratorio de suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Ambiental de la USAT, las cuales son legítimas y confiables. En cuanto a los resultados de los ensayos químicos del aceite sulfonado fueron obtenidos en el laboratorio de la FIQIA de la UNPRG.

El proyecto del uso de aceite sulfonado con afirmado para estabilización de bases granulares, tuvo la aprobación de la EICA – USAT. Este estudio contribuyó al desarrollo sostenible y aportó nuevos conocimientos en cuanto a nuevas estabilizaciones de suelos.

Resultados

Ensayos químicos de aceite sulfonado IONICSOIL

Los ensayos físicos – químicos del aceite sulfonado IONICSOIL fueron realizados en el laboratorio de la FIQIA – UNPRG, ensayándose 500 mL para 3 muestras del producto mencionado en cuanto a la determinación del potencial de hidrógeno, viscosidad y densidad.

En la tabla 11 se describen los resultados de los ensayos realizados en dicha casa de estudios.

Tabla 11. Resultados químicos de aceite sulfonado IONICSOIL.

| Parámetro | Resultado | Und |
|------------------------|-----------|-------------------|
| Potencial de hidrógeno | 6.19 | - |
| Viscosidad | 630 | cp |
| Densidad | 1.05 | g/cm ³ |

Fuente: Laboratorio FIQIA - UNPRG.

La densidad, viscosidad y potencial de hidrógeno son variables que permiten medir la calidad del aceite sulfonado IONICSOIL las cuales influyen directamente sobre su eficiencia, masa, volumen y la interfaz de desarrollo mecánico como aditivo mejorador de la capacidad de soporte de un determinado suelo.

Estas mediciones son necesarias porque permiten cuantificar la consistencia del producto sobre el suelo, la cual puede reducir la capacidad de respuesta si es que no se llega a tomar el valor adecuado de la disolución del aceite sulfonado IONICSOIL con el agua.

En pocas palabras, estos ensayos ayudan a identificar un líquido, determinar cuánta cantidad usaremos y si su composición y medición son correctas. Por lo que deducimos que los valores determinados influirán de manera positiva sobre la capacidad de soporte de los suelos evaluados, ya que la solución de la mezcla en agua no cambia su volumen ni masa.

Estudio de mecánica de suelos

Generalidades

De acuerdo a los fines que persiguió la investigación, el EMS estuvo direccionado a la evaluación de tres tipos de suelos, para los cuales se determinaron sus características físicas y mecánicas en estado natural, y a su vez, los resultados experimentales para la sustitución del suelo por afirmado y aceite sulfonado para base granular. Los puntos de investigación fueron tomados teniendo en cuenta los lineamientos de las normas E.050, CE.010 y CE.020.

Las calicatas fueron ejecutadas con dimensiones mínimas de 1.00 m x 1.00 m x 1.50 m y se han tenido presente todas las condiciones técnicas para la extracción de las muestras de suelos en función de su textura, color y espesor.

Antecedentes de estudios preliminares

En el año 2019, Gastelo realizó su tesis para fines de pavimentación en el 1^{er} sector de la Urb. Urrunaga del DJLO, realizando el correspondiente EMS para la zona mencionada, en la cual, se describen los siguientes resultados de las 21 calicatas que realizó.

Tabla 12. EMS preliminar 1.

| Calicata | Estrato | Clasificación SUCS |
|----------|---------|--------------------|
| C-1 | E-1 | CH |
| | E-2 | CH |
| | E-3 | CH |
| C-2 | E-1 | CL |
| | E-2 | CH |
| C-3 | E-1 | CH |
| | E-2 | CH |
| C-4 | E-1 | CL |
| | E-2 | CH |
| C-5 | E-1 | CH |
| | E-2 | CH |
| C-6 | E-1 | CL |

| | | |
|------|-----|----|
| | E-2 | CH |
| | E-1 | CL |
| C-7 | E-2 | CL |
| | E-1 | CH |
| C-8 | E-2 | CH |
| | E-1 | CH |
| C-9 | E-2 | CH |
| | E-1 | CL |
| C-10 | E-2 | CL |
| | E-1 | CL |
| C-11 | E-2 | CL |
| | E-1 | CH |
| C-12 | E-2 | CH |
| | E-1 | CL |
| C-13 | E-2 | CH |
| | E-1 | CH |
| C-14 | E-2 | CH |
| | E-1 | CL |
| C-15 | E-2 | CH |
| | E-1 | CL |
| C-16 | E-2 | CL |
| | E-1 | CH |
| C-17 | E-2 | CH |
| | E-1 | CH |
| C-18 | E-2 | CL |
| | E-1 | CH |
| C-19 | E-2 | CH |
| | E-1 | CL |
| C-20 | E-2 | CL |
| | E-1 | CL |
| C-21 | E-2 | CH |

Fuente: Gastelo Livaque, Miguel, J. (Tesis UNPRG - 2019) - EMS (Urb. Urrunaga Etapa I - JLO)

Del mismo modo, Díaz en el año 2023, realizó su tesis con fines de pavimentación y drenaje pluvial para la 2^{da} etapa de la Urb. Urrunaga del DJLO, en la cual ejecutó 20 calicatas, determinando los siguientes resultados según clasificación SUCS.

Tabla 13. EMS preliminar 2.

| Calicata | Estrato | Clasificación SUCS |
|----------|---------|--------------------|
| C-1 | M-1 | CL |
| C-2 | M-1 | |
| C-3 | M-1 | |
| C-4 | M-1 | |
| C-5 | M-1 | |
| C-6 | M-1 | |
| C-7 | M-1 | |
| C-8 | M-1 | |
| C-9 | M-1 | |
| C-10 | M-1 | |
| C-11 | M-1 | |
| C-12 | M-1 | |
| C-13 | M-1 | |
| C-14 | M-2 | |
| C-15 | M-1 | |
| C-16 | M-1 | |
| C-17 | M-1 | |
| C-18 | M-1 | |
| C-19 | M-1 | |
| C-20 | M-1 | |

Fuente: Díaz Vera, Diana, J. (Tesis USAT - 2023) - EMS (Urb. Urrunaga Etapa II - JLO)

Arévalo en el año 2015, realizó su tesis para fines de pavimentación en la Urbanización Santa María del Distrito de José Leonardo Ortiz, realizando 10 calicatas en diferentes puntos de la zona mencionada, determinando 3 tipos de suelos.

Tabla 14. EMS preliminar 3.

| Clasificación SUCS | Profundidad 0.00 m - 2.20 m | |
|--------------------|-----------------------------|----------------|
| | Nº muestras | Porcentaje (%) |
| CL | 7 | 70 |
| SC | 1 | 10 |
| SM/SC | 2 | 20 |
| Total | 10 | 100 |

Fuente: Burga Marrufo, Arévalo & Chávez Villalobos, Óscar V. J. (Tesis UNPRG - 2015) - EMS (Urb. Santa María - JLO)

En base a los antecedentes anteriormente descritos, se consideró ejecutar 1 calicata en 3 vías de la Urbanización Santa María, con la finalidad de determinar tres tipos de suelo que sigan la línea de evaluación del presente estudio, ya que como se puede ver en la tabla 14, los estratos que Arévalo determinó corresponden a suelos arcillosos de baja plasticidad, arena arcillosa y arena limosa.

Por lo cual, se prescindió emplear dichos antecedentes para la toma segura de la extracción de las muestras de suelo, las cuales fueron verificadas previamente en campo.

Ubicación de calicatas

Las calicatas fueron realizadas en la Urb. Santa María del DJLO, siendo debidamente ubicadas en zonas seguras en donde se tuvo mucho cuidado con no averiar ninguna red existente del subsuelo.

A continuación, se describen las coordenadas relativas de las 3 calicatas ejecutadas, como también, se adjunta la ubicación satelital de cada una de ellas.

Tabla 15. Coordenadas de calicatas.

| Calicata | Ubicación | Estado de vía | Coordenadas | |
|-----------------|----------------------------------|----------------------|--------------------|---------------|
| 1 | Calle Henry Francois cuadra N° 1 | Sin pavimentar | 6°45'28.63"S | 79°51'24.86"O |
| 2 | Pasaje Venus cuadra N° 1 | Sin pavimentar | 6°45'30.80"S | 79°51'16.26"O |
| 3 | Jr. Juan Thomis cuadra N° 5 | Sin pavimentar | 6°45'22.31"S | 79°51'20.54"O |

Fuente: Propia.



Figura 1. Ubicación de calicata 1 – Calle Henry Francois cuadra N° 1, Urb. Santa María.



Figura 2. Ubicación de calicata 2 – Pasaje Venus cuadra N° 1, Urb. Santa María.



Figura 3. Ubicación de calicata 3 – Jr. Juan Tomis cuadra N° 5, Urb. Santa María.

Resultados convencionales de suelos

Se detallan los resultados de los especímenes convencionales.

Tabla 16. Contenido de humedad de muestras de suelo.

| Calicata | Muestra | Humedad (%) |
|----------|---------|-------------|
| 1 | 1 | 16.72 |
| 2 | 1 | 22.48 |
| 3 | 1 | 11.72 |
| | 2 | 15.24 |

Fuente: Elaboración propia.

La humedad de la muestra 1 de la calicata 1 es de 16.72%, el estrato 1 de la calicata 2 es de 22.48%, mientras que la muestra 1 de la calicata 3 es de 11.72% y 15.24% para el estrato 2.

Tabla 17. Contenido de sales de muestras de suelo.

| Calicata | Muestra | Sales (%) |
|----------|---------|-----------|
| 1 | 1 | 0.12 |
| 2 | 1 | 0.18 |
| 3 | 1 | 0.20 |
| | 2 | 0.17 |

Fuente: Propia.

Las sales del espécimen 1 de la calicata 1 es de 0.12%, el estrato 1 de la calicata 2 es de 0.18%, mientras que la muestra 1 de la calicata 3 es de 0.20% y 0.17% para el estrato 2.

Tabla 18. Límites de Atterberg de muestras de suelo.

| Calicata | Muestra | LP | LL | IP |
|----------|---------|-------|-------|-------|
| 1 | 1 | 47.07 | 26.60 | 20.47 |
| 2 | 1 | 51.13 | 26.32 | 24.81 |
| 3 | 1 | 29.38 | 13.64 | 15.74 |
| | 2 | 32.88 | 19.50 | 13.38 |

Fuente: Elaboración propia.

El estrato 1 de la calicata 1 tiene un límite plástico de 47.07%, 26.60% de límite líquido y un IP de 20.47%. La muestra 1 de la calicata 1 tiene un límite plástico de 51.13%, 26.32% de LL y un IP de 24.81%, mientras que el estrato 1 de la calicata 3 tiene un límite plástico de 29.38%, 13.64% de LL y un IP de 15.74%, y la muestra 2 tiene un límite plástico de 32.88%, 19.50% de LL y un IP de 13.38%.

Tabla 19. Clasificación SUCS del suelo.

| Calicata | Muestra | SUCS |
|----------|---------|------|
| 1 | 1 | CL |
| 2 | 1 | CH |
| 3 | 1 | SC |
| | 2 | CL |

Leyenda: CL = Arcilla de baja plasticidad.

CH = Arcilla de alta plasticidad.

SC = Arena arcillosa

Fuente: Propia.

De acuerdo a los resultados preliminares de los ensayos de Límites de Atterberg, la muestra 1 de la calicata 1 se clasifica como CL. El estrato 1 de la calicata 2 como CH. Mientras que para la muestra 1 de la calicata 3, como arena arcillosa (SC) y CL para el estrato 2 respectivamente.

Resultados convencionales del afirmado

Se realizaron los ensayos físicos del afirmado extraída de la cantera La Victoria de Pátapo, los cuales fueron realizados en el laboratorio de la EICA – USAT. Se describen los resultados de las propiedades físicas del afirmado.

Tabla 20. Propiedades físicas del afirmado.

| Característica | Afirmado |
|--------------------|----------|
| Clasificación SUCS | GM |
| LL (%) | 24.85 |
| LP (%) | 21.13 |
| IP | 3.72 |
| Humedad (%) | 13.64 |
| Sales (%) | 0.07 |

Fuente: Elaboración propia.

Leyenda: GM = Grava limosa.

Estabilización de suelos convencional

Se realizó el estudio de la estabilización del suelo para la determinación de las propiedades mecánicas de las mismas, mediante ensayos repetitivos de proctor modificado y CBR.

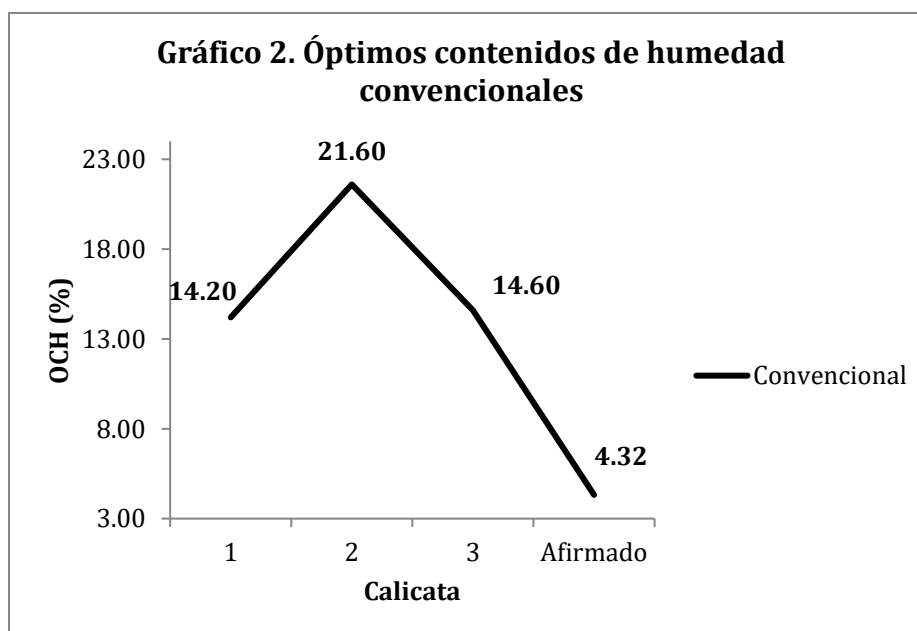
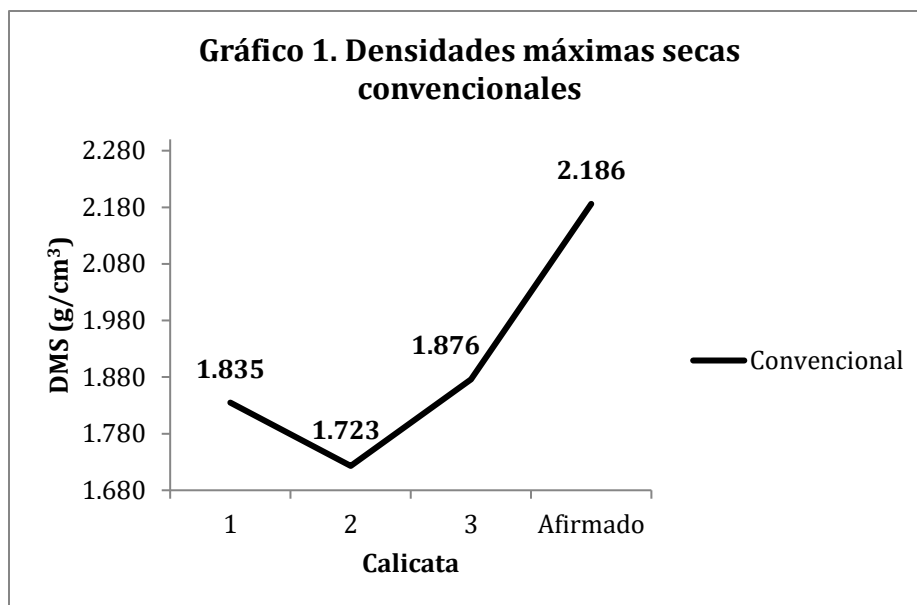
Densidad máxima seca y óptimo contenido de humedad

Se muestran los resultados consignados del proctor modificado convencional.

Tabla 21. Proctor modificado de suelo convencional.

| Calicata | Muestra | Proctor modificado | |
|----------|---------|--------------------------|---------|
| | | MDS (g/cm ³) | OCH (%) |
| 1 | 1 | 1.835 | 14.20 |
| 2 | 1 | 1.723 | 21.60 |
| 3 | 1 | 1.876 | 14.60 |
| Afirmado | 1 | 2.186 | 4.32 |

Fuente: Elaboración propia.



La muestra 1 de la calicata 1 tiene una DMS de 1.835 g/cm^3 y un OCH de 14.20%. El estrato 1 de la calicata 2 tiene una DMS de 1.723 g/cm^3 y un OCH de 21.60%, mientras que la muestra 1 de la calicata 3 tiene una DMS de 1.876 g/cm^3 y un OCH de 14.60%.

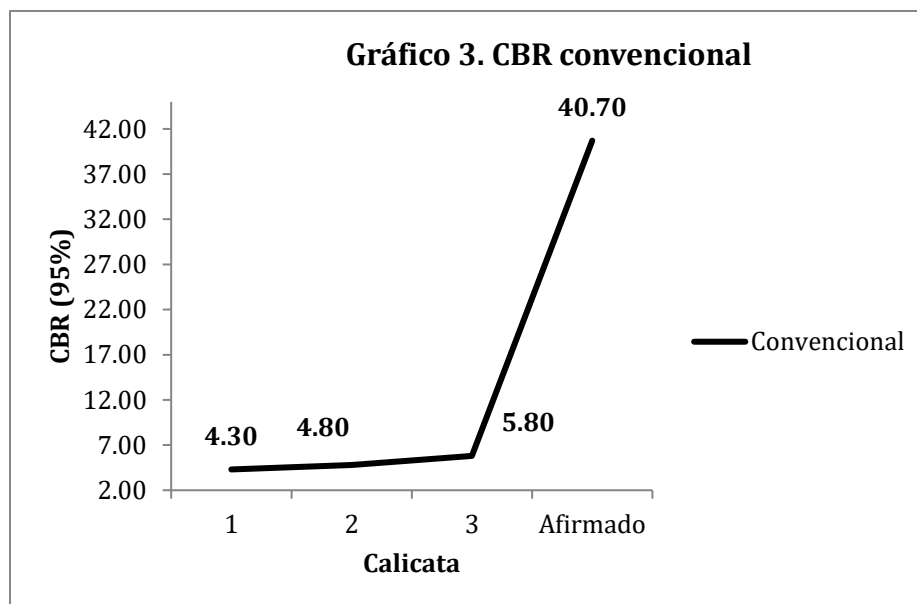
Grado de compactación (capacidad de soporte)

Se describen los resultados consignados del CBR convencional.

Tabla 22. CBR convencional.

| Calicata | Muestra | CBR (95%) |
|----------|---------|-----------|
| 1 | 1 | 4.30 |
| 2 | 1 | 4.80 |
| 3 | 1 | 5.80 |
| Afirmado | 1 | 40.70 |

Fuente: Elaboración propia.



La muestra 1 de la calicata 1 tiene un CBR de 4.30%. El estrato 1 de la calicata 2 tiene un CBR de 4.80%, mientras que la muestra 1 de la calicata 3 tiene un CBR de 5.80%. De acuerdo a lo CE020 y según resultados obtenidos, las vías necesitan estabilización, ya que el valor promedio de su capacidad de soporte (4.97%), es inferior al 6%.

Estabilización de suelos experimental

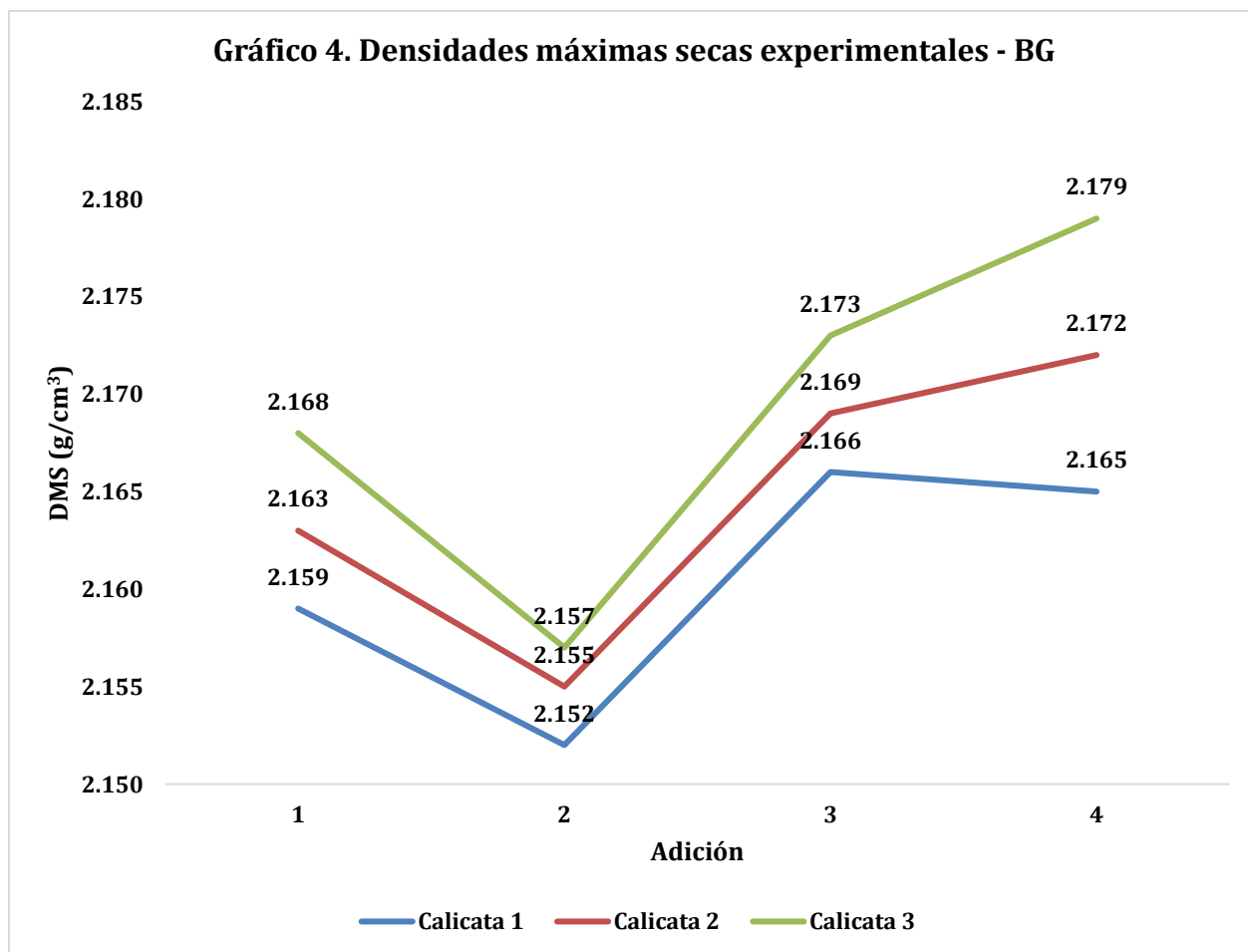
El afirmado sin aceite sulfonado tuvo una MDS de 2.186 g/cm³, un OCH de 4.32% y un CBR al 95% de 40.70%. Se realizó el estudio de estabilización experimental para la base granular con afirmado y aceite sulfonado IONICSOIL en 0.15 L/m³ (0.004 L), 0.25 L/m³ (0.008 L), 0.35 L/m³ (0.012 L) y 0.45 L/m³ (0.016 L), determinándose los siguientes resultados mediante los ensayos de proctor modificado y CBR.

Densidad máxima seca y óptimo contenido de humedad experimental – BG

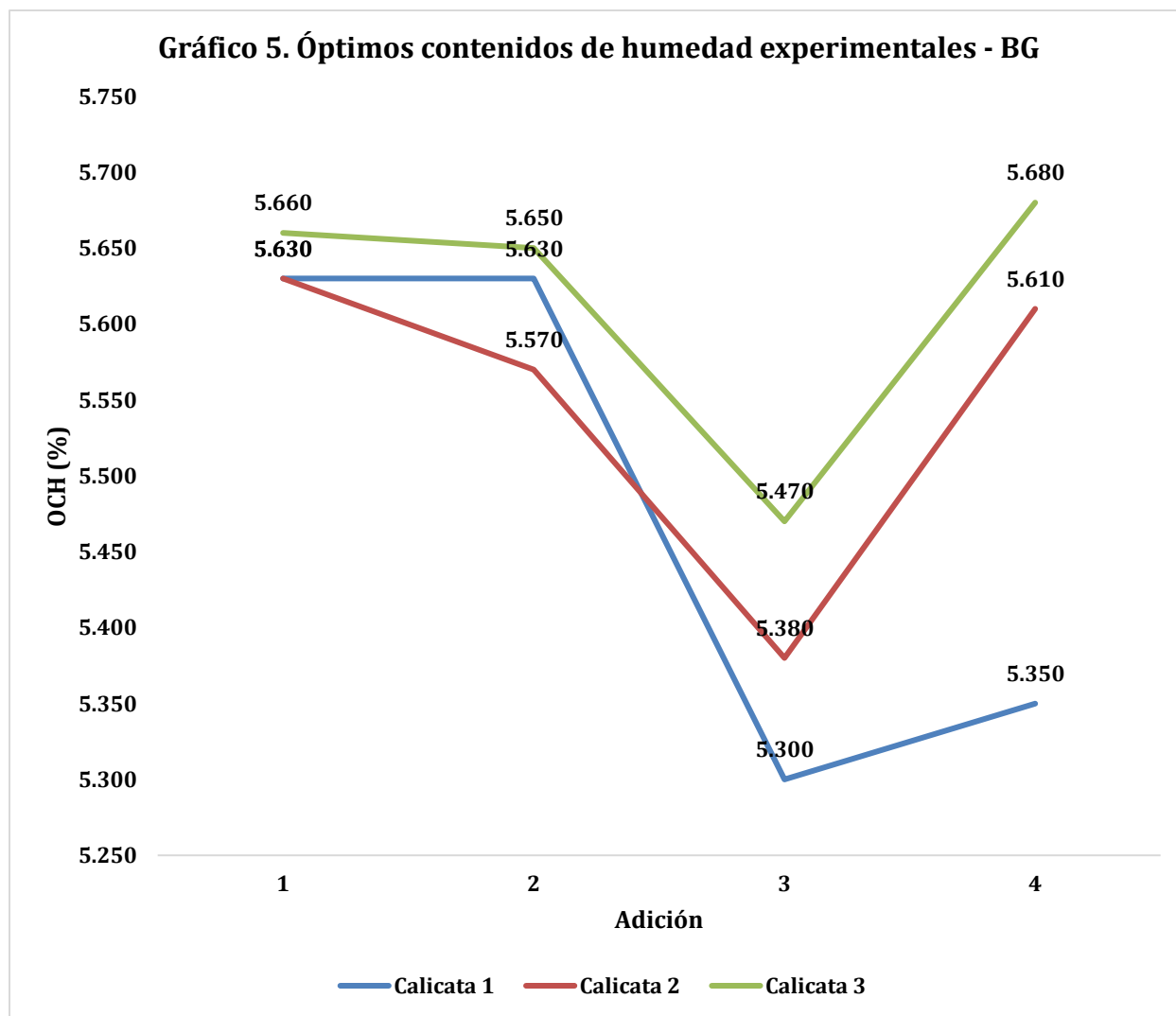
Tabla 23. Proctor modificado de suelo experimental.

| Calicata | Muestra | Aceite sulfonado IONICSOIL adición (L/m ³) + afirmado | Proctor modificado | |
|----------|---------|---|--------------------------|---------|
| | | | MDS (g/cm ³) | OCH (%) |
| 1 | 1 | 0.15 | 2.159 | 5.630 |
| | | 0.25 | 2.152 | 5.630 |
| | | 0.35 | 2.166 | 5.300 |
| | | 0.45 | 2.165 | 5.350 |
| 2 | 1 | 0.15 | 2.163 | 5.630 |
| | | 0.25 | 2.155 | 5.570 |
| | | 0.35 | 2.169 | 5.380 |
| | | 0.45 | 2.172 | 5.610 |
| 3 | 1 | 0.15 | 2.168 | 5.660 |
| | | 0.25 | 2.157 | 5.650 |
| | | 0.35 | 2.173 | 5.470 |
| | | 0.45 | 2.179 | 5.680 |

Fuente: Elaboración propia.



La muestra 1 de la calicata 1, experimentalmente alcanzó una DMS de 2.159 g/cm^3 y un OCH de 5.63% para la 1^{era} adición. En la 2^{da} adición, una DMS de 2.152 g/cm^3 y un OCH de 5.63%. Para la 3^{era} adición, una DMS de 2.166 g/cm^3 y un OCH de 5.30%, mientras que, para la 4^{ta} adición, una DMS de 2.165 g/cm^3 y un OCH de 5.35%. El estrato 1 de la calicata 2, experimentalmente alcanzó una DMS de 2.163 g/cm^3 y un OCH de 5.63% para la 1^{era} adición. En la 2^{da} adición, una DMS de 2.155 g/cm^3 y un OCH de 5.57%. Para la 3^{era} adición, una DMS de 2.169 g/cm^3 y un OCH de 5.38%, mientras que, para la 4^{ta} adición, una DMS de 2.172 g/cm^3 y un OCH de 5.61%.



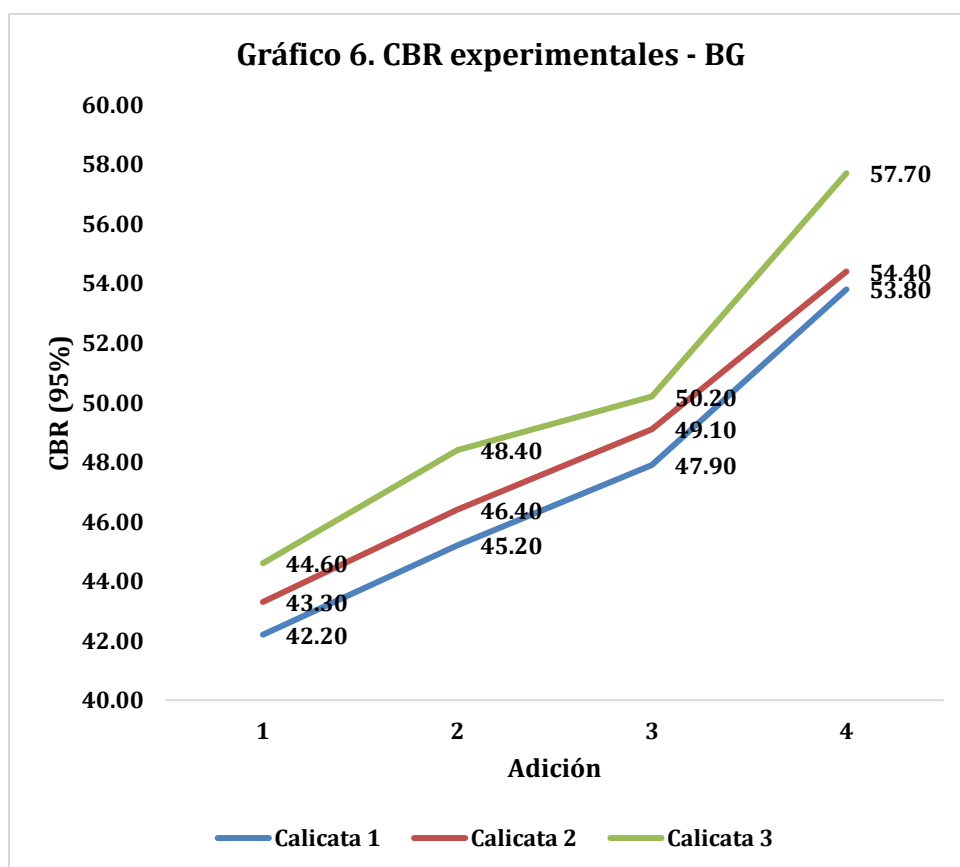
La muestra 1 de la calicata 3, experimentalmente alcanzó una DMS de 2.168 g/cm^3 y un OCH de 5.66% para la 1^{era} adición. En la 2^{da} adición, una DMS de 2.157 g/cm^3 y un OCH de 5.65%. Para la 3^{era} adición, una DMS de 2.173 g/cm^3 y un OCH de 5.47%, mientras que, para la 4^{ta} adición, una DMS de 2.179 g/cm^3 y un OCH de 5.68%.

Grado de compactación experimental (capacidad de soporte – BG)

Tabla 24. CBR experimental.

| Calicata | Muestra | Aceite sulfonado IONICSOIL adición (L/m ³) + afirmado | CBR (95%) |
|----------|---------|---|-----------|
| 1 | 1 | 0.15 | 42.20 |
| | | 0.25 | 45.20 |
| | | 0.35 | 47.90 |
| | | 0.45 | 53.80 |
| 2 | 1 | 0.15 | 43.30 |
| | | 0.25 | 46.40 |
| | | 0.35 | 49.10 |
| | | 0.45 | 54.40 |
| 3 | 1 | 0.15 | 44.60 |
| | | 0.25 | 48.40 |
| | | 0.35 | 50.20 |
| | | 0.45 | 57.70 |

Fuente: Elaboración propia.



La muestra 1 de la calicata 1, experimentalmente alcanzó un CBR de 42.20% para la 1^{era} adición. En la 2^{da} adición, un CBR de 45.20%. Para la 3^{era} adición, un CBR de 47.90%, mientras que, para la 4^{ta} adición, un CBR de 53.80%. El estrato 1 de la calicata 2, experimentalmente alcanzó un CBR de 43.30% para la 1^{era} adición. En la 2^{da} adición, un CBR de 46.40%. Para la 3^{era} adición, un CBR de 49.10%, mientras que, para la 4^{ta} adición, un CBR de 54.40%. La muestra 1 de la calicata 3, experimentalmente alcanzó un CBR de 44.60% para la 1^{era} adición. En la 2^{da} adición, un CBR de 48.40%. Para la 3^{era} adición, un CBR de 50.20%, mientras que, para la 4^{ta} adición, un CBR de 57.70%.

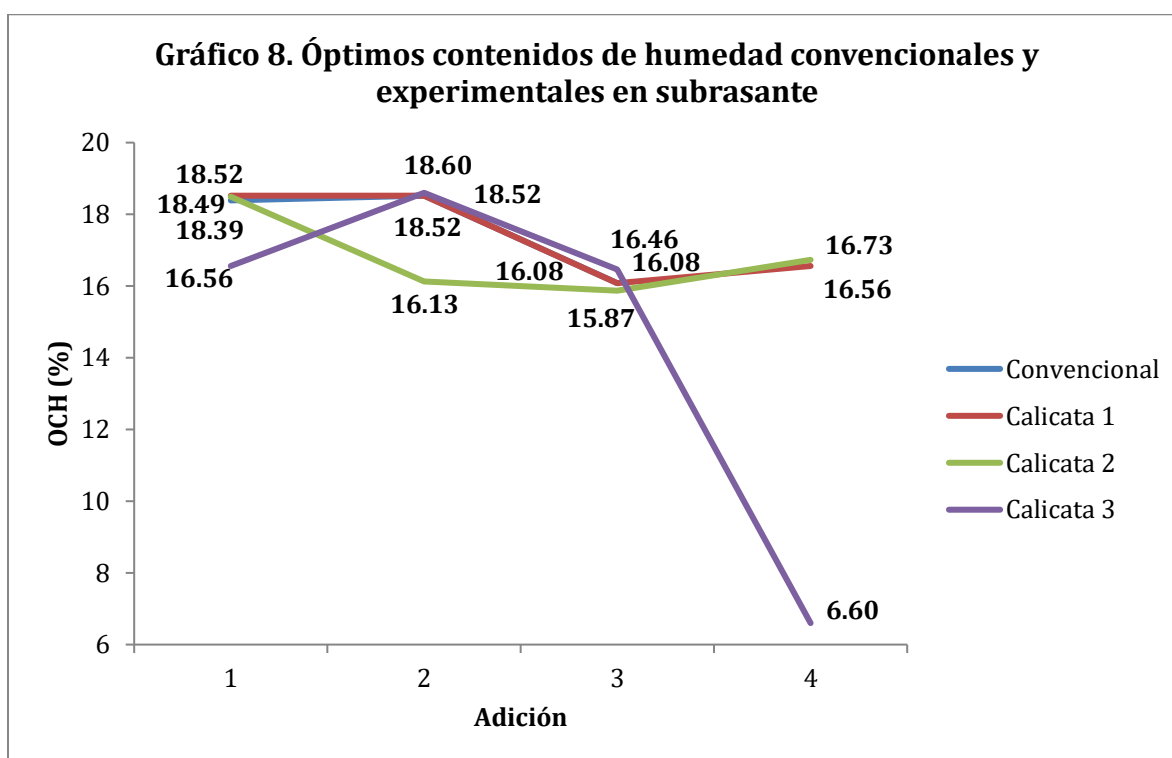
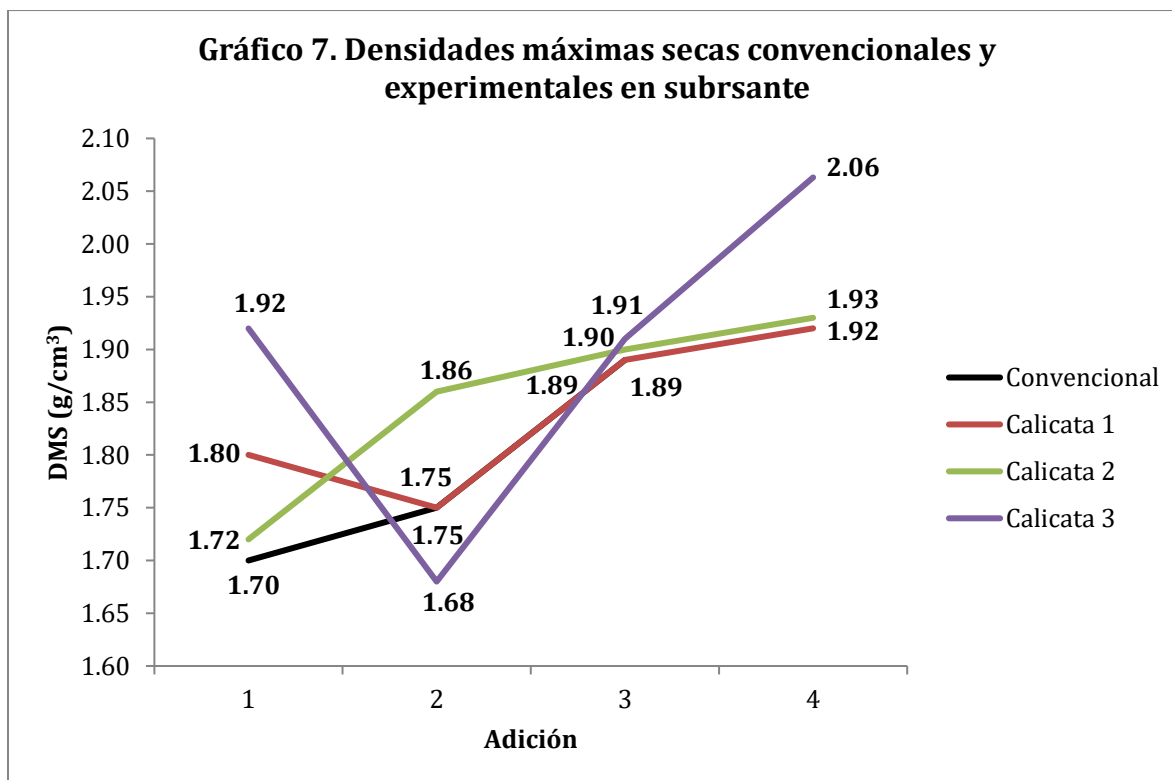
Influencia del aceite sulfonado IONICSOIL en subrasante

De acuerdo a los resultados obtenidos de la estabilización del suelo convencional, se determinaron los siguientes resultados en cuanto a proctor modificado y CBR experimental sobre la subrasante.

Tabla 25. Influencia del aceite sulfonado sobre subrasante – Proctor modificado experimental.

| Calicata | Muestra | Aceite sulfonado IONICSOIL adición (L/m ³) | Proctor modificado | |
|----------|---------|--|--------------------------|---------|
| | | | MDS (g/cm ³) | OCH (%) |
| 1 | 1 | 0.15 | 1.80 | 18.52 |
| | | 0.25 | 1.75 | 18.52 |
| | | 0.35 | 1.89 | 16.08 |
| | | 0.45 | 1.92 | 16.56 |
| 2 | 1 | 0.15 | 1.72 | 18.49 |
| | | 0.25 | 1.86 | 16.13 |
| | | 0.35 | 1.90 | 15.87 |
| | | 0.45 | 1.93 | 16.73 |
| 3 | 1 | 0.15 | 1.92 | 16.56 |
| | | 0.25 | 1.68 | 18.60 |
| | | 0.35 | 1.91 | 16.46 |
| | | 0.45 | 2.06 | 6.60 |

Fuente: Elaboración propia.

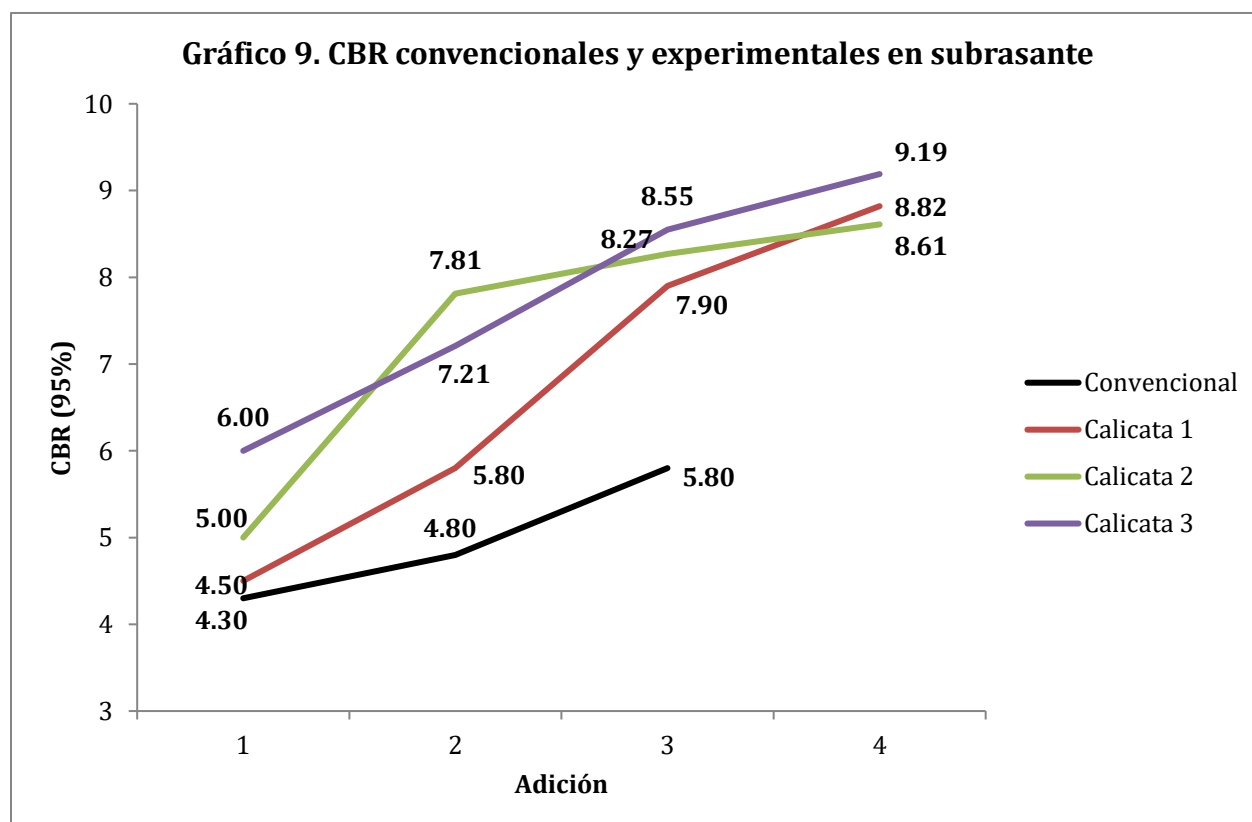


De acuerdo a lo descrito en la tabla 25, se alcanzó una relación indirectamente proporcional en cuanto al aumento y disminución gradual de la DMS, donde podemos enfatizar, que, a mayor MDS, menor OCH y viceversa.

Tabla 26. Influencia del aceite sulfonado sobre subrasante – CBR experimental.

| Calicata | Muestra | Aceite sulfonado IONICSOIL adición (L/m ³) | CBR (95%) |
|----------|---------|--|-----------|
| 1 | 1 | 0.15 | 4.50 |
| | | 0.25 | 5.80 |
| | | 0.35 | 7.90 |
| | | 0.45 | 8.82 |
| 2 | 1 | 0.15 | 5.00 |
| | | 0.25 | 7.81 |
| | | 0.35 | 8.27 |
| | | 0.45 | 8.61 |
| 3 | 1 | 0.15 | 6.00 |
| | | 0.25 | 7.21 |
| | | 0.35 | 8.55 |
| | | 0.45 | 9.19 |

Fuente: Elaboración propia.



Las adiciones experimentales con aceite sulfonado sobre la subrasante, mejoran gradualmente la capacidad de soporte de los suelos en estudio, a excepción de la 1^{era} adición para la 1^{era} calicata, cuyo valor disminuye a 4.50%, alcanzando un valor máximo de 9.19% para la 4^{ta} adición de la 3^{era} calicata respectivamente.

Cabe precisar, que las vías en estudio son de baja transitabilidad, por lo que el flujo de máxima demanda vehicular no supera los 25000 EE, y de acuerdo al cuadro 11.1 del Manual de Carreteras, corresponde un espesor de afirmado de 0.20 m para un CBR experimental de 9.00% en el Jr. Juan Thomis cuadra N° 5.

Tendencia probabilística de aceite sulfonado IONICSOIL en base granular

Se describe el cálculo de la tendencia probabilística del aceite sulfonado IONICSOIL con afirmado, para lo cual, se calculó la desviación estándar por muestra tanto para la influencia sobre la subrasante como para la base granular, y de acuerdo a ello, se calculó la sumatoria global de la desviación estándar por tipo de muestra, dónde se determinó el valor promedio de dicha sumatoria, con la finalidad de hallar la relación de desarrollo. El aceite sulfonado IONICSOIL puede lograr un aumento de la capacidad de soporte hasta un 33.33%. A continuación, se describe el cálculo respectivo.

Tabla 27. Tendencia probabilística de densidades máximas secas experimentales.

| CALICATA | DMS 1 | DMS 2 | DMS 3 | DMS 4 |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Calicata 1 SR | 1.80 | 1.75 | 1.89 | 1.92 |
| Calicata 2 SR | 1.72 | 1.86 | 1.90 | 1.93 |
| Calicata 3 SR | 1.92 | 1.68 | 1.91 | 2.06 |
| Calicata 1 BG | 2.159 | 2.152 | 2.166 | 2.165 |
| Calicata 2 BG | 2.163 | 2.155 | 2.169 | 2.172 |
| Calicata 3 BG | 2.168 | 2.157 | 2.173 | 2.179 |

Fuente: Elaboración propia.

| | | |
|----------------------------|---------------|--------|
| Desv. Est. M SR 1 | 0.0787 | 0.0852 |
| Desv. Est. M SR 2 | 0.0929 | |
| Desv. Est. M SR 3 | 0.1584 | 0.1004 |
| Desv. Est. M BG 1 | 0.0065 | |
| Desv. Est. M BG 2 | 0.0075 | 0.1677 |
| Desv. Est. M BG 3 | 0.0093 | |
| Total Desv.Est.M | 0.3533 | |
| Promedio | 0.1178 | |
| R Prom./Total Est.M | 0.3333 | |
| Tendencia (+) (%) | 33.33 | |

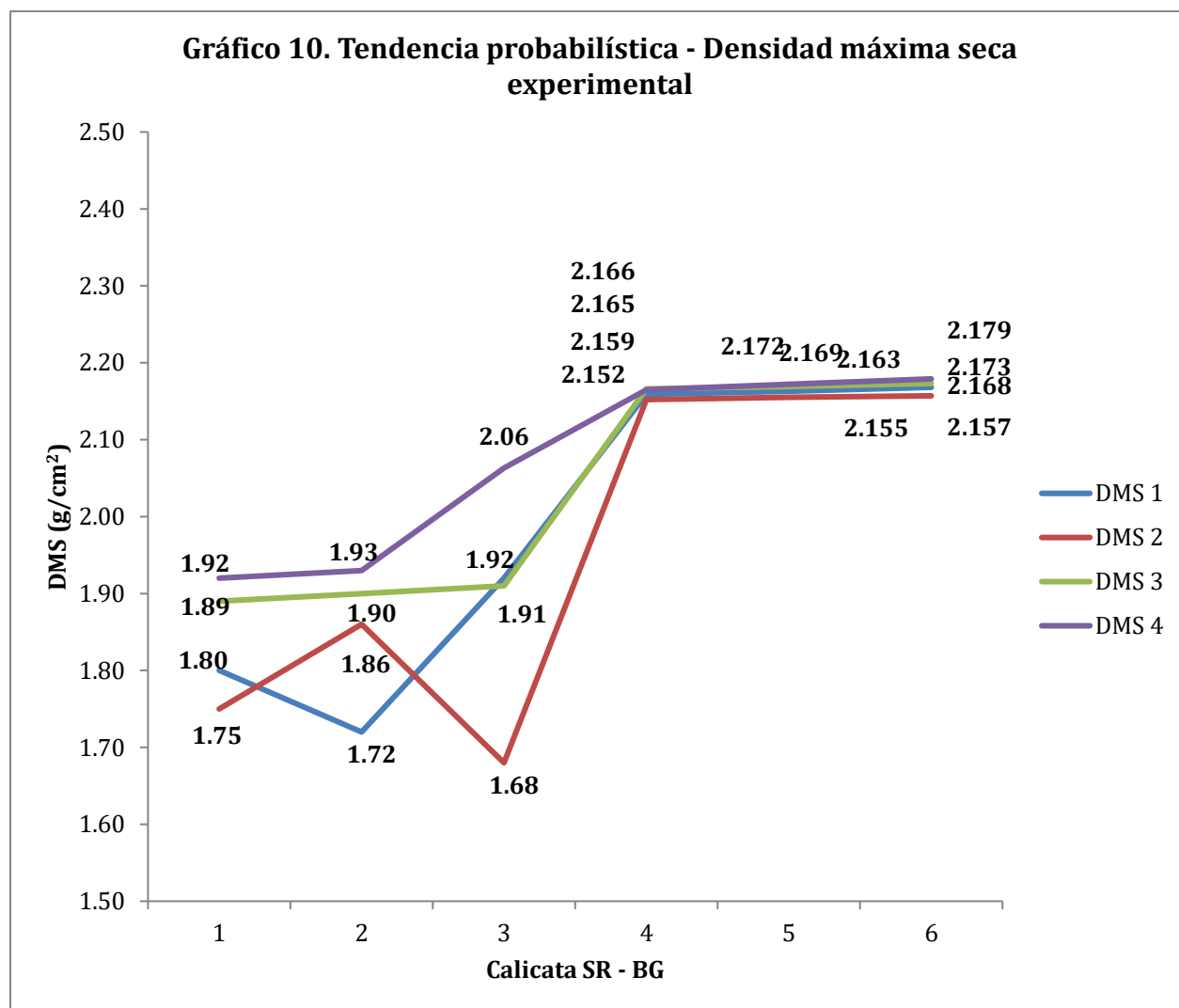


Tabla 28. Tendencia probabilística de óptimos contenidos de humedad experimentales.

| CALICATA | OCH 1 | OCH 2 | OCH 3 | OCH 4 |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Calicata 1 SR | 18.52 | 18.52 | 16.08 | 16.56 |
| Calicata 2 SR | 18.49 | 16.13 | 15.87 | 16.73 |
| Calicata 3 SR | 16.56 | 18.60 | 16.46 | 6.60 |
| Calicata 1 BG | 5.630 | 5.630 | 5.300 | 5.350 |
| Calicata 2 BG | 5.630 | 5.570 | 5.380 | 5.610 |
| Calicata 3 BG | 5.660 | 5.650 | 5.470 | 5.680 |

Fuente: Elaboración propia.

| | | |
|--------------------------|---------------|--------|
| Desv. Est. M SR 1 | 1.2852 | 1.4625 |
| Desv. Est. M SR 2 | 1.1796 | |
| Desv. Est. M SR 3 | 5.3942 | 1.2941 |
| Desv. Est. M BG 1 | 0.1773 | |
| Desv. Est. M BG 2 | 0.1144 | 5.4917 |
| Desv. Est. M BG 3 | 0.0975 | |
| Total Desv.Est.M | 8.2482 | |
| Promedio | 2.7494 | |
| R Prom./Total | | |
| Est.M | 0.3333 | |
| Tendencia (+) (%) | 33.33 | |

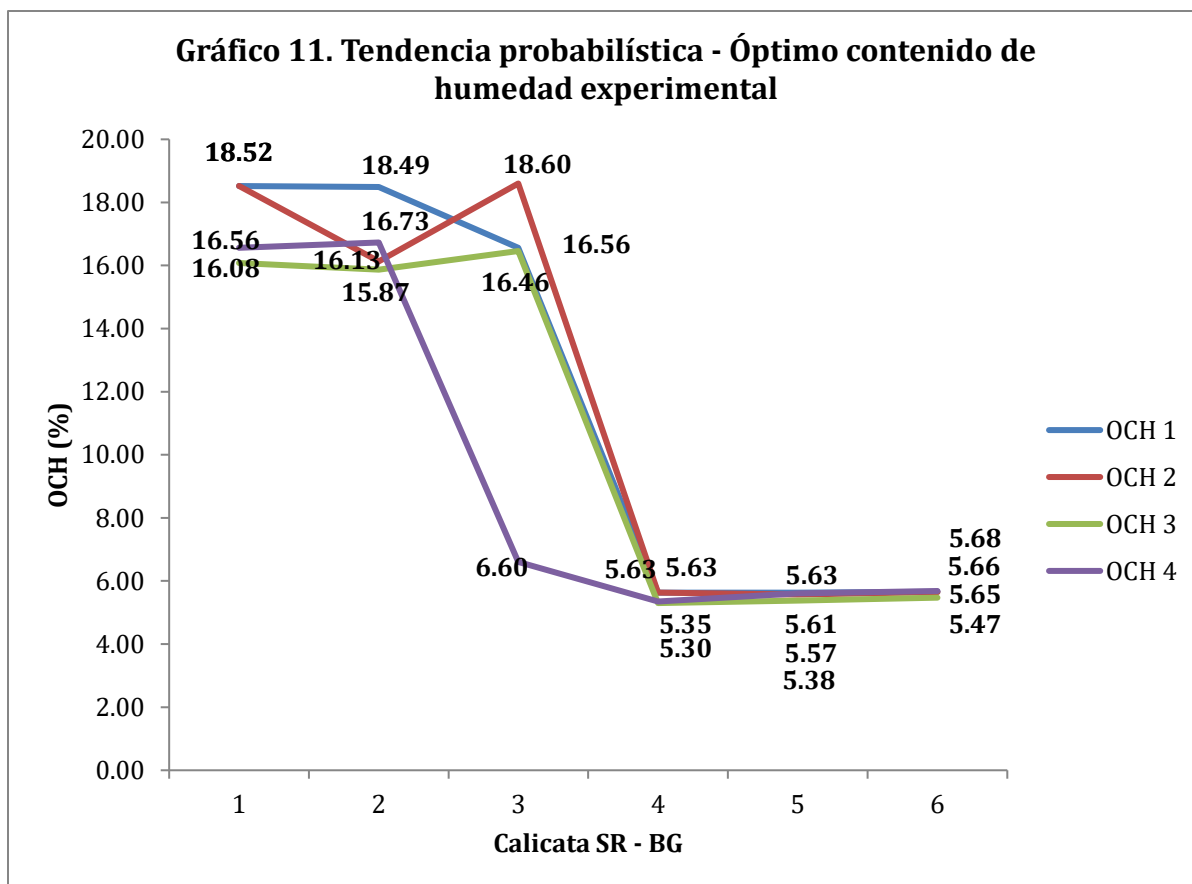


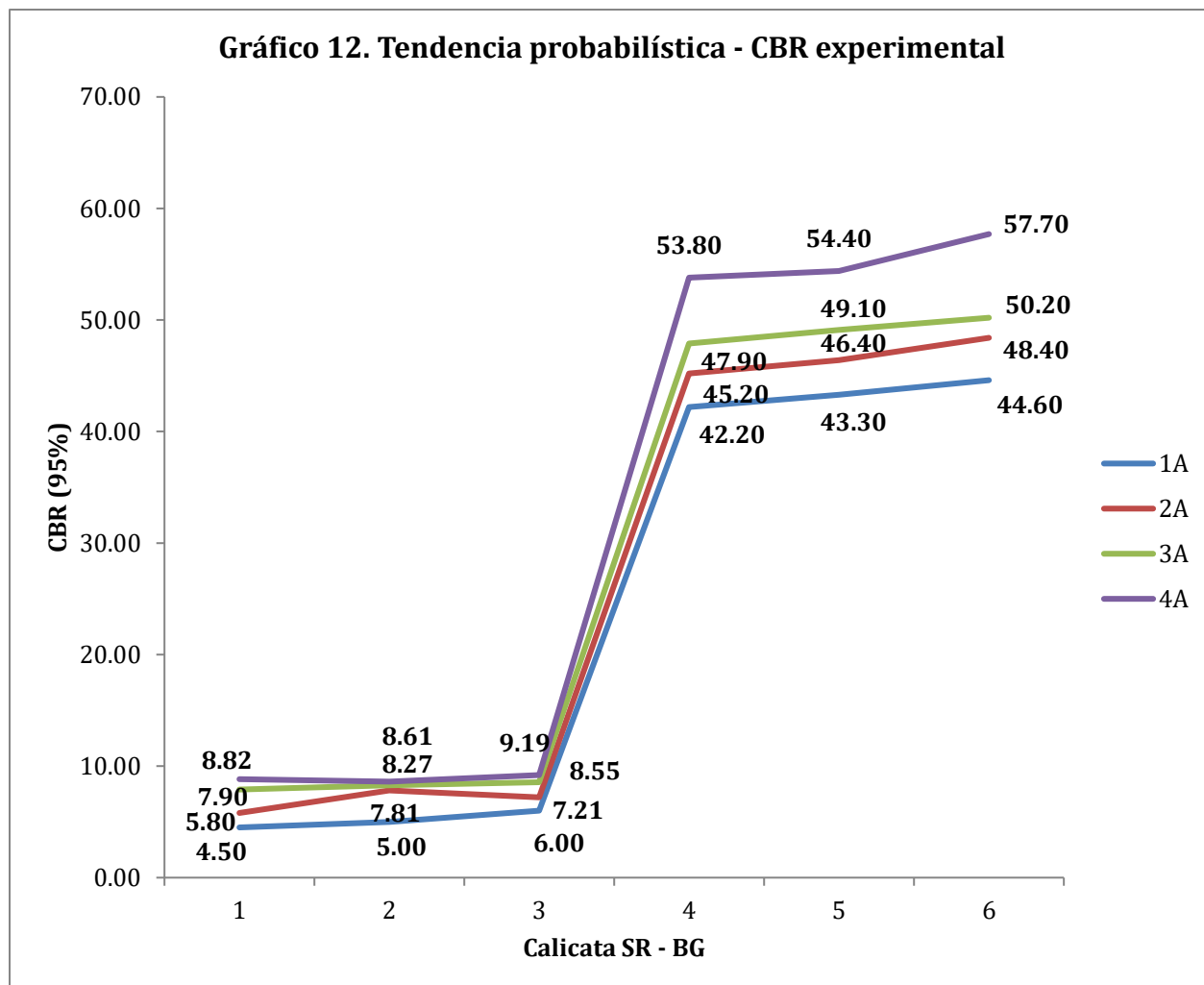
Tabla 29. Tendencia probabilística de CBR experimentales.

| CALICATA | CBR 1 | CBR 2 | CBR 3 | CBR 4 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|
| Calicata 1 SR | 4.50 | 5.80 | 7.90 | 8.82 |
| Calicata 2 SR | 5.00 | 7.81 | 8.27 | 8.61 |
| Calicata 3 SR | 6.00 | 7.21 | 8.55 | 9.19 |
| Calicata 1 BG | 42.20 | 45.20 | 47.90 | 53.80 |
| Calicata 2 BG | 43.30 | 46.40 | 49.10 | 54.40 |
| Calicata 3 BG | 44.60 | 48.40 | 50.20 | 57.70 |

Fuente: Elaboración propia.

| | | |
|-------------------------|----------------|--------|
| Desv. Est. M SR 1 | 1.9640 | 6.8978 |
| Desv. Est. M SR 2 | 1.6479 | |
| Desv. Est. M SR 3 | 1.4221 | 6.3547 |
| Desv. Est. M BG 1 | 4.9338 | |
| Desv. Est. M BG 2 | 4.7067 | 6.9251 |
| Desv. Est. M BG 3 | 5.5030 | |
| Total Desv.Est.M | 20.1776 | |
| Promedio | 6.7259 | |

R Prom./Total
 Est.M 0.3333
 Tendencia (+) (%) 33.33



Evaluación económica

Para el análisis de los costos unitarios por m³ con estímulo, correspondiente a la estabilización convencional de la base granular y bajo la dosis óptima experimental, se consideró un incremento en los rendimientos de 1.2 a 1.5, reflejando la mayor productividad derivada de la optimización del proceso constructivo. Además, se aplicó un incentivo del 10% en la mano de obra, reconociendo la necesidad de estimular el desempeño del personal, ante las exigencias adicionales de la aplicación del aditivo.

De igual modo, se incrementaron en 10 % los precios unitarios de maquinaria y equipos, considerando el mayor desgaste, consumo de combustible y tiempos de operación requeridos para la correcta mezcla y compactación del material tratado. Los costos indirectos se mantuvieron con un 5 % de gastos generales y un 5 % de utilidad, en concordancia con la práctica habitual en proyectos viales. Bajo estos criterios, el costo unitario por m³ de la estabilización experimental resulta inferior al de la convencional; sin embargo, este menor costo inicial se justifica plenamente, ya que la mejora en la capacidad de soporte y la durabilidad del suelo tratado, permite reducir espesores estructurales y disminuir costos de mantenimiento a largo plazo, constituyendo así una alternativa técnica y económicamente más eficiente. A continuación, se describe el detalle de la evaluación económica correspondiente.

A) Estabilización convencional de base granular por m³ sin estímulo = S/. 90.35

| Partida | 1.1.1 | TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA | | | | | |
|-------------|---------------------------------|--|--------------|--|----------|------------|-------------|
| Rendimiento | m ³ /DÍA | 800.0000 | EO. 800.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | | 0.87 | |
| Código | Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 014700032 | TOPÓGRAFO | | Hh | 1.0000 | 0.0100 | 17.95 | 0.18 |
| 014701003 | OFICIAL | | Hh | 0.5000 | 0.0050 | 14.14 | 0.07 |
| 014701004 | PEÓN | | Hh | 2.0000 | 0.0200 | 12.70 | 0.25 |
| | | | | | | | 0.50 |
| | Materiales | | | | | | |
| 023020001 | YESO DE 28 Kg | | BOL | | 0.0100 | 10.00 | 0.10 |
| 023090080 | WINCHA | | und | | 0.0020 | 3.00 | 0.01 |
| 024401000 | ESTACA DE MADERA | | p2 | | 0.0100 | 2.00 | 0.02 |
| | | | | | | | 0.13 |
| | Equipos | | | | | | |
| 033701001 | HERRAMIENTAS MANUALES | | %MO | | 0.0300 | 0.50 | 0.02 |
| 0337540011 | TEODOLITO | | HE | 1.0000 | 0.0100 | 12.00 | 0.12 |
| 034819003 | NIVEL | | HE | 1.0000 | 0.0100 | 10.00 | 0.10 |
| | | | | | | | 0.24 |
| Partida | 1.1.2 | CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE CON MAQUINARIA | | | | | |
| Rendimiento | m ³ /DÍA | 350.0000 | EO. 350.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | | 6.85 | |
| Código | Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 014701001 | CAPATAZ | | Hh | 0.1000 | 0.0023 | 13.97 | 0.03 |
| 014701004 | PEÓN | | Hh | 1.0000 | 0.0229 | 12.70 | 0.29 |
| | | | | | | | 0.32 |
| | Equipos | | | | | | |
| 033701001 | HERRAMIENTAS MANUALES | | %MO | | 0.0300 | 0.32 | 0.01 |
| 0348040033 | TRACTOR DE ORUGAS DE 140-150 HP | | hm | 1.0000 | 0.0229 | 250.00 | 5.71 |
| | | | | | | | 5.72 |

| Partida | 1.1.3 | | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE | | | |
|---------------------|--|------------|--|--|-------------|--------------|
| Rendimieb | m ³ /DÍA | 1,200.0000 | EO. 1,200.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | 3.59 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0147010001 | CAPATAZ | Hh | 0.2000 | 0.0013 | 13.97 | 0.02 |
| 0147010004 | PEÓN | Hh | 2.0000 | 0.0133 | 12.70 | 0.17 |
| 0.19 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %/O | | 0.0030 | 0.19 | 0.001 |
| 0348120001 | CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL. | hm | 1.0000 | 0.0067 | 130.00 | 0.867 |
| 0348030013 | RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T. | hm | 1.0000 | 0.0067 | 160.00 | 1.067 |
| 0348090000 | MOTONIVELADORA DE 125HP | hm | 1.0000 | 0.0067 | 220.00 | 1.467 |
| 3.40 | | | | | | |
| | | | | | | |
| Partida | 1.1.4 | | ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | | | |
| Rendimieb | m ³ /DÍA | 335.0000 | EO. 335.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | 12.25 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0147010004 | PEÓN | Hh | 1.0000 | 0.0239 | 12.70 | 0.30 |
| 0.30 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %/O | | 0.0300 | 0.30 | 0.01 |
| 0348130084 | CAMION VOLQUETE 10 M3. | hm | 2.0000 | 0.0478 | 150.00 | 7.16 |
| 0348040010 | CARGADOR SILLANTAS 125-155HP 3YCB. | hm | 1.0000 | 0.0239 | 200.00 | 4.78 |
| 11.95 | | | | | | |
| | | | | | | |
| Partida | 1.1.5 | | PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE C/ EQUIPO | | | |
| Rendimieb | m ³ /DÍA | 3,500.0000 | EO. 3,500.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | 1.17 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0147010002 | OPERARIO | Hh | 1.0000 | 0.0023 | 17.95 | 0.04 |
| 0147010004 | PEÓN | Hh | 7.0000 | 0.0160 | 12.70 | 0.20 |
| 0.24 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %/O | | 0.0300 | 0.24 | 0.01 |
| 0348040007 | CAMIÓN CISTERNA (2,500 GLNS) | hm | 1.0000 | 0.0023 | 100.00 | 0.23 |
| 0348030007 | RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T | hm | 1.0000 | 0.0023 | 80.00 | 0.18 |
| 0348090003 | MOTONIVELADORA DE 130-135 HP | hm | 1.0000 | 0.0023 | 220.00 | 0.50 |
| 0.92 | | | | | | |

| Partida | 1.1.6 | PREPARACIÓN DE LA BASE GRANULAR C/EQUIPO | | | | |
|---------------------|--|--|----------------|--|------------|--------------|
| Rendimiento | m ³ /DÍA | 3,500.0000 | EO. 3,500.0000 | Costo unitario directo por: m ² | 1.17 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 014701002 | OPERARIO | Hh | 1.0000 | 0.0023 | 17.95 | 0.04 |
| 014701004 | PEON | Hh | 7.0000 | 0.0160 | 12.70 | 0.20 |
| | | | | | | 0.24 |
| Equipos | | | | | | |
| 033701001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %/O | | 0.0800 | 0.24 | 0.01 |
| 034804007 | CAMIÓN CISTERNA (2,500 GLNS) | hm | 1.0000 | 0.0023 | 100.00 | 0.23 |
| 034803007 | RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T | hm | 1.0000 | 0.0023 | 80.00 | 0.18 |
| 034809003 | MOTONIVELADORA DE 130-135 HP | hm | 1.0000 | 0.0023 | 220.00 | 0.50 |
| | | | | | | 0.92 |
| Partida | 1.1.7 | CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR e = 0.20 m | | | | |
| Rendimiento | m ³ /DÍA | 357.0000 | EO. 357.0000 | Costo unitario directo por: m ² | 65.26 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 014701001 | CAPATAZ | Hh | 0.6000 | 0.0134 | 13.97 | 0.19 |
| 014701004 | PEON | Hh | 6.0000 | 0.1345 | 12.70 | 1.71 |
| | | | | | | 1.90 |
| Materiales | | | | | | |
| 023850001 | AFIRMADO ZARANDEADO | m3 | | 1.48 | 35.00 | 51.82 |
| 023905000 | AGUA | m3 | | 0.0220 | 3.00 | 0.07 |
| | | | | | | 51.88 |
| Equipos | | | | | | |
| 033701001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %/O | | 0.0800 | 1.90 | 0.06 |
| 034812001 | CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL | hm | 1.0000 | 0.0224 | 130.00 | 2.91 |
| 034803013 | RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T. | hm | 1.0000 | 0.0224 | 160.00 | 3.59 |
| 034809000 | MOTONIVELADORA DE 125HP | hm | 1.0000 | 0.0224 | 220.00 | 4.93 |
| | | | | | | 11.49 |

B) Estabilización experimental de base granular por m³ sin estímulo = S/. 88.43

| Partida | 2.1.1 | TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA | | | | |
|---------------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------|--|------------|-------------|
| Rendimiento | m ³ /DÍA | 800.0000 | EO. 800.0000 | Costo unitario directo por: m ² | 0.87 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 014700032 | TOPÓGRAFO | Hh | 1.0000 | 0.0100 | 17.95 | 0.18 |
| 014701003 | OFICIAL | Hh | 0.5000 | 0.0050 | 14.14 | 0.07 |
| 014701004 | PEÓN | Hh | 2.0000 | 0.0200 | 12.70 | 0.25 |
| | | | | | | 0.50 |
| Materiales | | | | | | |
| 023002001 | YESO DE 28 Kg | BOL | | 0.0100 | 10.00 | 0.10 |
| 023099008 | WINCHA | und | | 0.0020 | 3.00 | 0.01 |
| 024401000 | ESTACA DE MADERA | p2 | | 0.0100 | 2.00 | 0.02 |
| | | | | | | 0.13 |
| Equipos | | | | | | |
| 033701001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %/O | | 0.0800 | 0.50 | 0.02 |
| 033754011 | TEODOLITO | HE | 1.0000 | 0.0100 | 12.00 | 0.12 |
| 034819003 | NVEL | HE | 1.0000 | 0.0100 | 10.00 | 0.10 |
| | | | | | | 0.24 |

| Partida | 2.1.2 | | CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE CON MAQUINARIA | | | | |
|--------------|--|------------|--|--|-------------|--------------|--|
| Rendimieb | m ² /DÍA | 350.0000 | EO. 350.0000 | Costo unitario directo por: m ² | | 6.05 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 014701001 | CAPATAZ | Hh | 0.1000 | 0.0023 | 13.97 | 0.03 | |
| 014701004 | PEÓN | Hh | 1.0000 | 0.0229 | 12.70 | 0.29 | |
| 0.32 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| 033701001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %/O | | 0.0300 | 0.32 | 0.01 | |
| 0348040033 | TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP | hm | 1.0000 | 0.0229 | 250.00 | 5.71 | |
| 5.72 | | | | | | | |
| Partida | 2.1.3 | | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE | | | | |
| Rendimieb | m ² /DÍA | 1,200.0000 | EO. 1,200.0000 | Costo unitario directo por: m ² | | 3.59 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 014701001 | CAPATAZ | Hh | 0.2000 | 0.0013 | 13.97 | 0.02 | |
| 014701004 | PEÓN | Hh | 2.0000 | 0.0133 | 12.70 | 0.17 | |
| 0.19 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| 033701001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %/O | | 0.0030 | 0.19 | 0.001 | |
| 0348120001 | CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL. | hm | 1.0000 | 0.0067 | 130.00 | 0.867 | |
| 0348030013 | RODILLO LISO VIBR. AUTOP. 70-100 HP 7-9 T. | hm | 1.0000 | 0.0067 | 160.00 | 1.067 | |
| 0348090000 | MOTONIVELADORA DE 125HP | hm | 1.0000 | 0.0067 | 220.00 | 1.467 | |
| 3.40 | | | | | | | |
| Partida | 2.1.5 | | PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE C/ EQUIPO | | | | |
| Rendimieb | m ² /DÍA | 3,500.0000 | EO. 3,500.0000 | Costo unitario directo por: m ² | | 1.17 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 014701002 | OPERARIO | Hh | 1.0000 | 0.0023 | 17.95 | 0.04 | |
| 014701004 | PEON | Hh | 7.0000 | 0.0160 | 12.70 | 0.20 | |
| 0.24 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| 033701001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %/O | | 0.0300 | 0.24 | 0.01 | |
| 0348040007 | CAMIÓN CISTERNA (2,500 GLNS) | hm | 1.0000 | 0.0023 | 100.00 | 0.23 | |
| 0348030007 | RODILLO LISO VIBR. AUTOP. 101-135HP 10-12T | hm | 1.0000 | 0.0023 | 80.00 | 0.18 | |
| 0348090003 | MOTONIVELADORA DE 130-135 HP | hm | 1.0000 | 0.0023 | 220.00 | 0.50 | |
| 0.92 | | | | | | | |

| Partida | 2.1.6 | PREPARACIÓN DE LA BASE GRANULAR C/EQUIPO | | | | | |
|---------------------|---|--|----------------|--|-------------|--------------|--|
| Rendimiento | m ³ /DÍA | 3,500.0000 | EQ. 3,500.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | | 1.17 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 014701002 | OPERARIO | Hh | 1.0000 | 0.0023 | 17.95 | 0.04 | |
| 014701004 | PEON | Hh | 7.0000 | 0.0160 | 12.70 | 0.20 | |
| 0.24 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| 033701001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %IO | | 0.0300 | 0.24 | 0.01 | |
| 034804007 | CAMIÓN CISTERNA (2,500 GLNS) | hm | 1.0000 | 0.0023 | 100.00 | 0.23 | |
| 034803007 | RODILLO LISO VBR AUTOP 101-135HP 10-12T | hm | 1.0000 | 0.0023 | 80.00 | 0.18 | |
| 034809003 | MOTONIVELADORA DE 130-135 HP | hm | 1.0000 | 0.0023 | 220.00 | 0.50 | |
| 0.92 | | | | | | | |
| Partida | 2.1.7 | CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR e = 0.20 m | | | | | |
| Rendimiento | m ³ /DÍA | 357.0000 | EQ. 357.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | | 63.34 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 014701001 | CAPATAZ | Hh | 0.6000 | 0.0134 | 13.97 | 0.19 | |
| 014701004 | PEÓN | Hh | 6.0000 | 0.1345 | 12.70 | 1.71 | |
| 1.90 | | | | | | | |
| Materiales | | | | | | | |
| 023850001 | AFIRMIADO ZARANDEADO | m3 | | 1.09 | 35.00 | 38.15 | |
| 020201000 | ACEITE SULFONADO IONICSOIL | L | | 0.45 | 26.19 | 11.79 | |
| 023905000 | AGUA | m3 | | 0.0080 | 3.00 | 0.02 | |
| 49.96 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| 033701001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %IO | | 0.0300 | 1.90 | 0.06 | |
| 034812001 | CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL | hm | 1.0000 | 0.0224 | 130.00 | 2.91 | |
| 034803013 | RODILLO LISO VBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T. | hm | 1.0000 | 0.0224 | 160.00 | 3.59 | |
| 034809000 | MOTONIVELADORA DE 125HP | hm | 1.0000 | 0.0224 | 220.00 | 4.93 | |
| 11.49 | | | | | | | |

C) Estabilización convencional de base granular por m³ con estímulo = \$/. 86.27

| Partida | 3.1.1 | TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA | | | | | |
|---------------------|-----------------------|-----------------------------------|----------------|--|-------------|--------------|--|
| Rendimiento | m ³ /DÍA | 1,200.0000 | EQ. 1,200.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | | 0.67 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 014700032 | TOPÓGRAFO | hh | 1.0000 | 0.0067 | 19.75 | 0.13 | |
| 014701003 | OFICIAL | hh | 0.5000 | 0.0033 | 15.55 | 0.05 | |
| 014701004 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.0133 | 13.97 | 0.19 | |
| 0.37 | | | | | | | |
| Materiales | | | | | | | |
| 023002001 | YESO DE 28 Kg | BOL | | 0.0100 | 10.00 | 0.10 | |
| 023099008 | WINCHA | und | | 0.0020 | 3.00 | 0.01 | |
| 024401000 | ESTACA DE MADERA | p2 | | 0.0100 | 2.00 | 0.02 | |
| 0.13 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| 033701001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %IO | | 0.0300 | 0.37 | 0.01 | |
| 0337540011 | TEODOLITO | HE | 1.0000 | 0.0067 | 13.20 | 0.09 | |
| 0349190003 | NIVEL | HE | 1.0000 | 0.0067 | 11.00 | 0.07 | |
| 0.17 | | | | | | | |

| Partida | 3.1.5 | PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE CIEQUIPO | | | | | |
|---------------------|--|--|----------------|--|-------------|--------------|--|
| Rendimiento | 1/DÍA | 3,700.0000 | EQ. 3,700.0000 | Costo unitario directo por: m ² | 1.21 | | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0147010002 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0022 | 19.75 | 0.04 | |
| 0147010004 | PEON | hh | 7.0000 | 0.0151 | 13.97 | 0.21 | |
| | | | | | | 0.25 | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 0.0300 | 0.25 | 0.01 | |
| 0348040007 | CAMIÓN CISTERNA (2,500 GLNS) | hm | 1.0000 | 0.0022 | 110.00 | 0.24 | |
| 0349030007 | RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T | hm | 1.0000 | 0.0022 | 88.00 | 0.19 | |
| 0349090003 | MOTONMELADORA DE 130-135 HP | hm | 1.0000 | 0.0022 | 342.00 | 0.52 | |
| | | | | | | 0.96 | |
| Partida | 3.1.6 | PREPARACIÓN DE LA BASE GRANULAR CIEQUIPO | | | | | |
| Rendimiento | 1/DÍA | 3,700.0000 | EQ. 3,700.0000 | Costo unitario directo por: m ² | 1.21 | | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0147010002 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0022 | 19.75 | 0.04 | |
| 0147010004 | PEON | hh | 7.0000 | 0.0151 | 13.97 | 0.21 | |
| | | | | | | 0.25 | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 0.0300 | 0.25 | 0.01 | |
| 0348040007 | CAMIÓN CISTERNA (2,500 GLNS) | hm | 1.0000 | 0.0022 | 110.00 | 0.24 | |
| 0349030007 | RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T | hm | 1.0000 | 0.0022 | 88.00 | 0.19 | |
| 0349090003 | MOTONMELADORA DE 130-135 HP | hm | 1.0000 | 0.0022 | 342.00 | 0.52 | |
| | | | | | | 0.96 | |
| Partida | 3.1.7 | CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR e = 0.20 m | | | | | |
| Rendimiento | 1/DÍA | 450.0000 | EQ. 450.0000 | Costo unitario directo por: m ² | 63.56 | | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0147010001 | CAPATAZ | hh | 0.6000 | 0.0107 | 15.37 | 0.16 | |
| 0147010004 | PEÓN | hh | 6.0000 | 0.1067 | 13.97 | 1.49 | |
| | | | | | | 1.65 | |
| Materiales | | | | | | | |
| 0238500001 | AFIRMADO ZARANDEADO | m3 | | 1.48 | 35.00 | 51.82 | |
| 0239050000 | AGUA | m3 | | 0.0220 | 3.00 | 0.07 | |
| | | | | | | 51.88 | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 0.0300 | 1.65 | 0.05 | |
| 0348120001 | CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL. | hm | 1.0000 | 0.0178 | 143.00 | 2.54 | |
| 0349030013 | RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T. | hm | 1.0000 | 0.0178 | 176.00 | 3.13 | |
| 0349090000 | MOTONMELADORA DE 125 HP | hm | 1.0000 | 0.0178 | 342.00 | 4.30 | |
| | | | | | | 10.02 | |

D) Estabilización experimental de base granular por m³ con estímulo = S/. 84.35

| Partida | 4.1.1 | TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA | | | | |
|---------------------|--|--|------------------|--|-------------------|--------------------|
| Rendimiento | 1/DÍA | 1,200.0000 | EQ. 1,200.0000 | Costo unitario directo por: m ² | 0.67 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0147000032 | TOPÓGRAFO | hh | 1.0000 | 0.0067 | 19.75 | 0.13 |
| 0147010003 | OFICIAL | hh | 0.5000 | 0.0033 | 15.55 | 0.05 |
| 0147010004 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.0133 | 13.97 | 0.19 |
| 0.37 | | | | | | |
| Materiales | | | | | | |
| 0230020001 | YESO DE 28 Kg | BOL | | 0.0100 | 10.00 | 0.10 |
| 0230990080 | WINCHA | und | | 0.0020 | 3.00 | 0.01 |
| 0244010000 | ESTACA DE MADERA | p2 | | 0.0100 | 2.00 | 0.02 |
| 0.13 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 0.0300 | 0.37 | 0.01 |
| 0337540011 | TEODOLITO | HE | 1.0000 | 0.0067 | 13.20 | 0.09 |
| 0349190003 | NVEL | HE | 1.0000 | 0.0067 | 11.00 | 0.07 |
| 0.17 | | | | | | |
| Partida | 4.1.2 | CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE CON MAQUINARIA | | | | |
| Rendimiento | 1/DÍA | 450.0000 | EQ. 450.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | 5.17 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0147010001 | CAPATAZ | hh | 0.1000 | 0.0018 | 15.37 | 0.03 |
| 0147010004 | PEÓN | hh | 1.0000 | 0.0178 | 13.97 | 0.25 |
| 0.28 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 0.0300 | 0.28 | 0.01 |
| 0349040033 | TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP | hm | 1.0000 | 0.0178 | 275.00 | 4.89 |
| 4.90 | | | | | | |
| Partida | 4.1.3 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE | | | | |
| Rendimiento | 1/DÍA | 1,500.0000 | EQ. 1,500.0000 | Costo unitario directo por: m ² | 3.16 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0147010001 | CAPATAZ | hh | 0.2000 | 0.0011 | 15.37 | 0.02 |
| 0147010004 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.0107 | 13.97 | 0.15 |
| 0.17 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 0.0030 | 0.17 | 0.000 |
| 0348120001 | CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL. | hm | 1.0000 | 0.0053 | 143.00 | 0.763 |
| 0349030013 | RODILLO LISO VIBR. AUTOP. 70-100 HP 7-9 T. | hm | 1.0000 | 0.0053 | 176.00 | 0.939 |
| 0349090000 | MOTONMELADORA DE 125 HP | hm | 1.0000 | 0.0053 | 242.00 | 1.291 |
| 2.99 | | | | | | |

| Partida | 4.1.4 | | ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | | | | |
|---------------------|--|------------|--|--|-------------|--------------|-------|
| Rendimiento | 1/DÍA | 400.0000 | EQ. 400.0000 | Costo unitario directo por: m ³ | | 11.29 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0147010004 | PEÓN | hh | 1.0000 | 0.0200 | 13.97 | 0.28 | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 0.0300 | 0.28 | 0.01 | |
| 0348130084 | CAMION VOLQUETE 10 M3. | hm | 2.0000 | 0.0400 | 165.00 | 6.60 | |
| 0349040010 | CARGADOR SILLANTAS 125-155 HP 3 YD3. | hm | 1.0000 | 0.0200 | 220.00 | 4.40 | |
| | | | | | | | 11.01 |
| Partida | 4.1.5 | | PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE C/EQUIPO | | | | |
| Rendimiento | 1/DÍA | 3,700.0000 | EQ. 3,700.0000 | Costo unitario directo por: m ² | | 1.21 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0147010002 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0022 | 19.75 | 0.04 | |
| 0147010004 | PEON | hh | 7.0000 | 0.0151 | 13.97 | 0.21 | |
| | | | | | | | 0.25 |
| Equipos | | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 0.0300 | 0.25 | 0.01 | |
| 0348040007 | CAMIÓN CISTERNA (2,500 GLNS) | hm | 1.0000 | 0.0022 | 110.00 | 0.24 | |
| 0349030007 | RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T | hm | 1.0000 | 0.0022 | 88.00 | 0.19 | |
| 0349090003 | MOTONVELADORA DE 130-135 HP | hm | 1.0000 | 0.0022 | 342.00 | 0.52 | |
| | | | | | | | 0.96 |
| Partida | 4.1.6 | | PREPARACIÓN DE LA BASE GRANULAR C/EQUIPO | | | | |
| Rendimiento | 1/DÍA | 3,700.0000 | EQ. 3,700.0000 | Costo unitario directo por: m ² | | 1.21 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0147010002 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0022 | 19.75 | 0.04 | |
| 0147010004 | PEON | hh | 7.0000 | 0.0151 | 13.97 | 0.21 | |
| | | | | | | | 0.25 |
| Equipos | | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 0.0300 | 0.25 | 0.01 | |
| 0348040007 | CAMIÓN CISTERNA (2,500 GLNS) | hm | 1.0000 | 0.0022 | 110.00 | 0.24 | |
| 0349030007 | RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T | hm | 1.0000 | 0.0022 | 88.00 | 0.19 | |
| 0349090003 | MOTONVELADORA DE 130-135 HP | hm | 1.0000 | 0.0022 | 342.00 | 0.52 | |
| | | | | | | | 0.96 |

| Partida | 4.1.7 | | CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR e = 0.20 m | | | | |
|---------------------|--|----------|--|--|------------|-------------|--|
| Rendimiento | 1/DÍA | 450.0000 | EQ. 450.0000 | Costo unitario directo por: m ² | | 61.64 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0147010001 | CAPATAZ | hh | 0.6000 | 0.0107 | 15.37 | 0.16 | |
| 0147010004 | PEÓN | hh | 6.0000 | 0.1067 | 13.97 | 1.49 | |
| 1.65 | | | | | | | |
| Materiales | | | | | | | |
| 0238500001 | AFIRMADO ZARANDEADO | m3 | | 1.09 | 35.00 | 38.15 | |
| 0202010000 | ACEITE SULFONADO IONICSOIL | L | | 0.45 | 26.19 | 11.79 | |
| 0239050000 | AGUA | m3 | | 0.0080 | 3.00 | 0.02 | |
| 49.96 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 0.0300 | 1.65 | 0.05 | |
| 0348120001 | CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL. | hm | 1.0000 | 0.0178 | 143.00 | 2.54 | |
| 0349030013 | RODILLO LISO VIBR. AUTOP. 70-100 HP 7-9 T. | hm | 1.0000 | 0.0178 | 176.00 | 3.13 | |
| 0349090000 | MOTONMELADORA DE 125 HP | hm | 1.0000 | 0.0178 | 242.00 | 4.30 | |
| 10.02 | | | | | | | |

De manera general, se presentan los resultados de este acápite:

Tabla 30. ACU de estabilización de base granular por m³ con y sin estímulo

| Estabilización | P.U (S/.) sin estímulo | P.U (S/.) con estímulo |
|--|------------------------|------------------------|
| Convencional | 90.35 | 86.27 |
| Experimental (4 ^{ta} adición: 0.45 L/m ³) | 88.43 | 84.35 |

Fuente: Elaboración propia.

Respuesta experimental

De acuerdo al análisis en condiciones naturales, el espécimen 1 de la calicata 3 determinado como arena arcillosa (SC), alcanza un CBR de 5.80%, la cual, al ser evaluada bajo la influencia del aceite sulfonado IONICSOIL sobre la subrasante, esta logra desarrollar un CBR de 9.19% con la 4^{ta} adición de 0.45 L/m³, por lo que también, para la evaluación correspondiente de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado, el valor máximo de CBR experimental determinado es de 57.70% con la 4^{ta} adición, siendo esta, la adición más óptima que mejora el Jr. Juan Tomis cuadra N° 5, para un espesor de 0.20 m de afirmado, En general, el aceite sulfonado puede lograr aumentar el CBR de los suelos en estudio hasta en un 33.33%.

Evaluación del tramo de prueba

Se da a conocer los resultados obtenidos del control de calidad, según ensayo de densidad de campo con densímetro nuclear a nivel de base granular con afirmado y aceite sulfonado, a fin de verificar la densidad máxima seca y grado de compactación, de acuerdo al cumplimiento de las especificaciones técnicas de la mejor respuesta experimental, que permitió verificar la densidad máxima seca y grado de compactación de la misma. Se tomaron las pruebas de densidad de campo con el equipo de densímetro nuclear, cuyo punto estuvo ubicado en el Jr. Juan Tomis cuadra N° 5 de la Urb. Santa María del DJLO.

El ensayo de densidad de campo, proporciona un medio para comparar las densidades secas de obra con las obtenidas en el laboratorio. Para ello, se tiene que la densidad seca obtenida en el campo, se fija con base en una prueba de laboratorio. Al comparar los valores de estas densidades, se obtiene un control de la compactación, conocido como grado de compactación, que se define como la relación en porcentaje, entre la densidad seca obtenida por el equipo en el campo y la densidad máxima correspondiente a la prueba de laboratorio.

El control de compactación a nivel de base granular estuvo regido según lineamientos de la densidad in situ por el método de densímetro nuclear, la cual está normado por la ASTM D6938. El método nuclear opera bajo el principio “suelos densos absorben más radiación que suelos sueltos”. El medidor nuclear se coloca directamente sobre el suelo a analizar. Los rayos gamma de una fuente radiactiva penetran en el suelo, y según sea el número de vacíos de aire que exista, un número de rayos se reflejan y vuelven a retomar a la superficie.

Estos rayos que se reflejan son registrados en el contador, luego la lectura del contador se compara con los dedos en el densímetro nuclear, el cual indican la densidad del suelo en g/cm^3 . Esta densidad se comparó con la densidad máxima de la prueba de proctor previamente realizado y se obtuvo la densidad relativa del proctor modificado.

El método nuclear ha adquirido popularidad debido a su exactitud y rapidez, los resultados de la prueba se obtienen aproximadamente en 15 segundos, y es de considerar que es una prueba no destructiva.

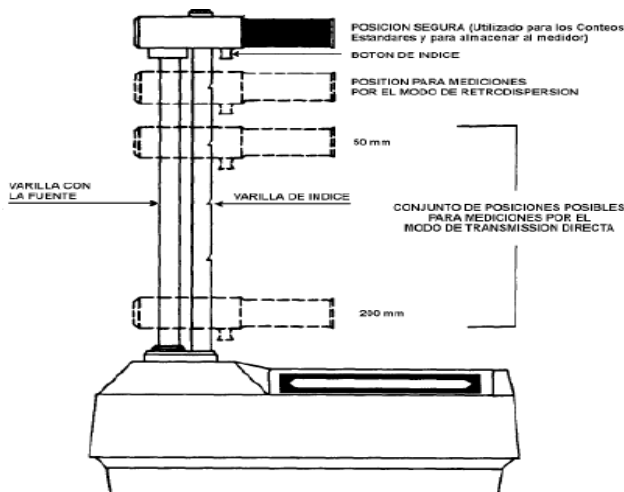


Figura 4. Densímetro nuclear.

Antes de proceder a la operación con el equipo radiactivo, se demarcó el área de trabajo con conos, letreros y el símbolo relacionado con el riesgo de la radiactividad. Solo el operador autorizado manipuló el equipo, permaneciendo en las proximidades sólo el personal autorizado y restringiendo el ingreso de personal ajeno a la operación. Primero se perforó y marcó el suelo y el perímetro de la placa de raspado, para que, posteriormente el operador baje el vástago procediendo a medir. Nunca debe bajarse el vástago sin que el equipo esté completamente apoyado en el suelo y ubicado en la perforación. No se trabajó en zonas de vehículos o maquinarias en movimiento.

Se seleccionó un lugar de ensayo donde el medidor quedó ubicado a más de 150 mm de distancia de cualquier proyección vertical. El lugar de ensayo fue removido de todo material suelto y disgregado. El área horizontal fue necesaria para acomodar el medidor, el cual fue aplanada previamente con vibroapisonador hasta dejarla lisa, para que de modo se obtenga el máximo contacto entre el medidor y el área a ensayar. Se verificó que el máximo hueco por debajo del medidor no haya excedido los 3 mm. Finalmente se asentó y estabilizó el medidor para tomar la lectura de 15 segundos.

Existen varias formas para hacer las determinaciones con el densímetro nuclear, dentro de las cuales se encuentran: transmisión directa, retro dispersión, colchón de aire, humedad y capa delgada, teniendo la certeza que entregan resultados satisfactorios en espesores aproximados de 50 a 300 mm. Estos métodos son útiles como técnicas rápidas no destructivas, siempre y cuando el material bajo ensayo sea homogéneo. Se empleó la medición de transmisión directa. Este tipo de operación minimiza la incertidumbre por las superficies rugosas y la composición química del material evaluado, determinando una elevada exactitud en las mediciones. La transmisión directa es utilizada para la evaluación de capas con espesor medio a grueso de suelos, agregados, capas asfálticas y losas de concreto hidráulico.

En base a la MDS de 2.179 g/cm^3 y el OCH de 5.68% obtenidos en el laboratorio, bajo la 4^{ta} adición de 0.45 L/m^3 de aceite sulfonado IONICSOIL sobre arena arcillosa (SC):

Tabla 31. Densidad de campo inicial.

| Fecha | MDS | OCH | Grado de compactación | Especificación | Condición |
|-----------|------------------------|-------|-----------------------|----------------|-----------|
| 6/03/2024 | 2.059 g/cm^3 | 4.70% | 95.40% | 95.00% | APTO |

Fuente: Laboratorio especializado de la Constructora y Consultoría A&R SAC.

Posteriormente, se volvió a evaluar el tramo experimental al cabo de dos meses, con el fin de determinar la durabilidad de los materiales en estudio, del cual se determinaron:

Tabla 32. Densidad de campo (durabilidad).

| Fecha | MDS | OCH | Grado de compactación | Especificación | Condición |
|-----------|------------------------|-------|-----------------------|----------------|-----------|
| 6/05/2024 | 2.021 g/cm^3 | 4.70% | 93.70% | 95.00% | ACEPTABLE |

Fuente: Laboratorio especializado de la Constructora y Consultoría A&R SAC.

Discusión

Se consignó la Calle Henry Francois cuadra N° 1, el Pasaje Venus cuadra N° 1 y el Jr. Juan Tomis cuadra N° 5 de la Urb. Santa María del DJLO, como zonas de estudio para la estabilización del suelo, mediante el uso del aceite sulfonado IONICSOIL bajo 4 adiciones, las cuales han sido definidas anteriormente en la tabla 1.

De los ensayos químicos: Se precisó el potencial de hidrógeno del aceite sulfonado IONICSOIL, cuyo valor fue de 6.19%, el cual según NTP 339.088, cumple, encontrándose dentro del rango de 6.00% a 8.00%. La viscosidad hallada fue de 630.00 cp, que de acuerdo a la ASTM D1293, cumple, dado que los límites permisibles son de 300.00 cp a 700.00 cp. Mientras que el valor de la densidad fue 1.05 g/cm³, que del mismo modo cumple según los lineamientos del MTC EG2013, cuyo límite es de 1.15 g/cm³. Dichos resultados han sido tenidos en cuenta para la determinación de la influencia en las estabilizaciones experimentales, dado que el enfoque de la presente investigación fue evaluar la incorporación del aceite sulfonado IONICSOIL en la base granular con afirmado en 3 suelos diferentes. Para ello, se tomaron tres muestras representativas de aceite de 500 mL para los ensayos respectivos.

De acuerdo a los resultados obtenidos por Mamani & Callata (2020), el potencial de hidrógeno para el aceite sulfonado INDIQSA fue de 1.25%, el cual es inferior al valor de pH determinado en el presente estudio, siendo menos viscoso. Cabe resaltar que a medida que los porcentajes de PCH son inferiores a 0.15 L/m³, los valores de pH disminuyen significativamente a 4.95%.

De la mecánica de suelos: Se determinó que las vías en estudio presentan 3 tipos de suelos, cuyas muestras extraídas de las calicatas ejecutadas han sido clasificadas por método SUCS como arena arcillosa (SC) (20.00%), CH (20.00%) y CL (60.00%). Se determinó un contenido de humedad mínimo de 11.72% y un máximo de 22.48%. El contenido de sales mínimo determinado fue de 0.12% y un máximo de 0.20%, y en cuanto a los límites de Atterberg, el límite líquido mínimo hallado fue de 13.64% y el máximo de 26.60%.

Mientras que el límite plástico mínimo fue de 29.38% y un máximo de 51.13%, cuyo IP fue 13.38% y el máximo de 24.81%, respectivamente. Cabe precisar que las vías se encuentran actualmente sin pavimentar y no se encontró napa freática, siendo todas de bajo nivel de transitabilidad.

De acuerdo al EMS preliminar realizado por Burga & Chávez (2015) en la Urbanización Santa María, se concuerda que los resultados de los tipos de suelos corresponden a los obtenidos por los autores mencionados, cuyas caracterizaciones son similares al estudio realizado en la presente investigación, el cual es totalmente veraz, ya que cumple con los estándares normados de las normas NTP 339.128, NTP 339.129, NTP 339.152 y ASTM D4222, ASTM D2216, ASTM D4318.

De la estabilización del suelo: La NTP CE.020, indica que un suelo no necesita estabilización, cuando el valor promedio de compactación es mayor al 6.00%, y de acuerdo a los resultados obtenidos de la estabilización convencional, se determinó que las vías en estudio necesitan estabilización, dado que el CBR fue 4.30%, 4.80% y 5.80%, cuyo valor promedio es inferior a 6.00% ($4.97\% < 6.00\%$). Para la estabilización experimental en la base granular bajo la 1^{era}, 2^{da}, 3^{era} y 4^{ta} adición de 0.15, 0.25, 0.35 y 0.45 L/m³, los valores hallados de los CBR (95%) fueron de 42.20%, 45.20%, 47.90% y 53.80% (calicata N° 1). Para la calicata N° 02 de 43.30%, 46.40%, 49.10% y 54.40%, mientras que en la calicata N° 03, de 44.60%, 48.40%, 50.20% y 57.70%, los cuales aumentan progresivamente, a medida que se incorpora mayor cantidad de aceite a la base granular, variando promediamente en 1.08%, 1.15% y 1.17%, entre sí.

De acuerdo al MTC EM132, el CBR mínimo aceptable de la base granular es del 40.00%. Por tratarse de un estudio experimental a nivel de base granular en subrasante de condición regular (CBR de 6.00% a 10.00%) y de bajo tránsito, se consideró la premisa de evaluar la base granular respecto al CBR mínimo del 40.00% para afirmados con gradaciones C, D, E y F, por lo que los CBR experimentales cumplen con la especificación de la norma dada, ya que aumentan gradualmente el valor del CBR inicial del afirmado en 1.16%, 1.19% y 1.23% en promedio, cuyo valor fue de 40.70%.

Respecto a la influencia del aceite sulfonado sobre la subrasante de los suelos en estudio, bajo las dosificaciones mencionadas, se determinó los siguientes CBR (95.00%) en la calicata N° 01 de 4.50%, 5.80%, 7.90% y 8.82%. En la calicata N° 02: 5.00%, 7.81%, 8.27% y 8.61%, mientras que en la calicata N° 03: 6.00%, 7.21%, 8.55% y 9.19%, los cuales, al ser comparados con los CBR iniciales de la subrasante de 4.30%, 4.80% y 5.80%, mejoran en promedio en 1.36%, 1.49%, y 1.56%, cuyo valor máximo promedio hallado fue de 7.31%, respecto al CBR inicial promedio de 4.97%, variando positivamente en 1.47%.

Gamarra & León (2021), determinaron el CBR (95.00%) del afirmado, cuyo valor fue de 32.50%, el cual es inferior en 0.80%, respecto al obtenido de 40.70%. De sus resultados experimentales con 0.03 L/m³, 0.05 L/m³ y 0.07 L/m³ de aceite sulfonado, afirmado y cemento en 2.50% en suelos del tipo grava arcillosa con arena (GC), fueron de 67.10%, 71.70% y 82.10%, los cuales son superiores a los obtenidos en 1.42%, 1.48%, 1.63%, ya que incorpora un agente cementante al proceso de estabilización.

Barraza (2022), halló un CBR (95.00%) al suelo natural de 8.60%, cuyo suelo no necesita estabilización, pero a pesar de las circunstancias, evaluó la estabilización del suelo adicionando cal en 5.00% con aceite sulfonado IONICSOIL en 0.20 L/m³, 0.40 L/m³ y 0.60 L/m³, cuyos CBR fueron de 15.60%, 16.90% y 17.20% para suelos del tipo arcilla de baja plasticidad (CL), grava limosa (GM) y limo arcilloso (ML), siendo muy inferiores a los obtenidos en 3.63%, 3.52% y 2.97%, respectivamente.

Rivera Santana (2022), determinó un CBR (95%) a la muestra patrón para base granular en suelos del tipo GP – GM de 43.80%, el cual es superior al obtenido de 40.70% en 1.05%. Posteriormente, con 0.30%, 0.50%, 0.70%, 1.10% y 1.50% de aceite sulfonado Perma-road iónico halló los CBR de 51.20%, 52.30%, 67.40%, 73.30% y 72.10%, siendo superiores a los obtenidos en 1.08%, 1.34% y 1.46%.

Teniendo en cuenta todos los resultados tanto de la parte convencional como experimental en la subrasante y base granular, para el proctor modificado, la mínima densidad máxima seca obtenida fue de 1.68 g/cm^3 (2^{da} adición), mientras que la máxima fue de 2.179 g/cm^3 (4^{ta} adición). El mínimo óptimo contenido de humedad fue de 5.30% (3^{era} adición) y el máximo de 18.60% (2^{da} adición), cuya tendencia probabilística de desarrollo calculada fue de 33.33%. En cuanto al afirmado, la MDS fue de 2.186 g/cm^3 , con un OCH de 4.32%.

De los proctor modificados procesados, se determinó el mínimo valor del CBR (95.00%) de 4.50% (1^{era} adición) y el máximo de 57.70% (4^{ta} adición), cuya tendencia probabilística de mejoramiento calculada fue de 33.33%. Este último CBR, fue el referente para la ejecución del tramo experimental, con una MDS de 2.179 g/cm^3 y un OCH de 5.68%. La verificación de los resultados experimentales según tramo de prueba se llevó a cabo bajo un estricto control de calidad, del cual inicialmente se obtuvo una MDS de 2.059 g/cm^3 y un OCH de 4.70%, cuyo grado de compactación fue de 95.40%, el cual superó al especificado según norma NTP 339.141, NTP 339.145, ASTM D1557, ASTM D1883, ASTM D6938, MTC EM115, MTC EM132 en 1.00%. La densidad máxima seca fue muy próxima al experimental, variando en 1.06% (0.12 g/cm^3), y del mismo modo, el óptimo contenido de humedad, difirió en 1.21%, respectivamente, por lo que los resultados de la medición de la densidad de campo, cumplen con lo estipulado de la mejor respuesta experimental bajo la 4^{ta} adición de 0.45 L/m^3 .

Después de 2 meses, el valor de la MDS fue de 2.021 g/cm^3 , el cual disminuyó en 1.02% (0.038 g/cm^3), cuyo OCH no presentó variación alguna, manteniéndose en 4.70%, pero el grado de compactación se redujo a 93.70%, variando respecto a la medición inicial en 1.02%, considerándose aceptable en términos de durabilidad, ya que es importante mencionar que las condiciones de transitabilidad del Jr. Juan Tomis son deficientes, por lo que la carga vehicular es un factor inherente a tener en cuenta, debido a que el área de evaluación no recibió aporte de carga externa, del cual, podemos enfatizar que a pesar de la carencia operativa del nivel de servicio de la vía, el aceite sulfonado conserva las propiedades iniciales del suelo. En general, la aplicación del aceite sulfonado ofrece un buen desempeño en cuanto al aumento del CBR, siendo un buen producto que garantiza la buena calidad en estabilizaciones de suelos.

De los precios: La estabilización (m^3) para la parte convencional sin estímulo fue de S/. 90.35 y de S/. 86.27 con estímulo, mientras que para la parte experimental sin estímulo fue de S/. 88.43 (4^{ta} adición) y de S/. 84.35 con estímulo, los cuales difirieron en 1.02% (S/.1.92). Pese a que el producto experimental tenga un menor costo, la implicancia en suelos pobres es indudablemente positiva, por lo que dicho costo justificaría su uso, dado que verdaderamente brinda un buen aporte como estabilizador de suelos.

Según Mamani & Callata (2020), el precio por m^3 de estabilización experimental con aceite sulfonado INDIQSA es de S/.60.57, el cual es mucho más cómodo que el aceite sulfonado IONICSOIL en 1.39% (S/.23.78), pero hay que tener presente que este aceite es de menor calidad, cuya viscosidad, potencial de hidrógeno y densidad están fuera de especificaciones y es inferior al empleado en esta investigación.

Por su lado Barreto & Taco (2021), determinaron un costo por m^3 de S/.87.51, el cual es relativamente superior al obtenido en 1.04% (S/.3.16), respecto a una estabilización convencional de S/.125.24, el cual difiere por las especificaciones técnicas de su investigación, respecto al obtenido en 1.45% (S/.38.97).

Conclusiones

Según resultados del laboratorio FIQIA – UNPRG, para aceite sulfonado IONICSOIL se obtuvo un potencial de hidrógeno de 6.19%, una viscosidad de 630.00 cp y una densidad de 1.05 g/cm³, respectivamente. Dichos resultados cumplen con los límites permisibles de acuerdo a normas NTP 339.088, ASTM D1293 y MTC EG2013, de 6.00% a 8.00% para el potencial de hidrógeno, de 300.00 cp a 700.00 cp para la viscosidad y de 1.15 g/cm³ para la densidad.

Según el muestreo de suelos de las 3 calicatas ejecutadas, por clasificación SUCS se determinó CL, CH y SC, cuyo límite líquido máximo fue de 26.60%, un LP de 51.13% y un IP de 24.81%. A su vez, un contenido de humedad máximo de 22.48%, un contenido de sales máximo de 0.20%, una mínima MDS de 1.723 g/cm³ y un mínimo OCH de 14.20%, cuyo CBR mínimo al 95% fue de 4.30%. Respecto al afirmado, tuvo una caracterización por clasificación SUCS de grava limosa (GM), con un LL de 24.85%, un LP de 21.13%, un IP de 3.72%, con un contenido de humedad de 13.64% y un contenido de sales de 0.07%. Experimentalmente, bajo adiciones de aceite sulfonado con afirmado para base granular de 0.15, 0.25, 0.35 y 0.45 L/m³, se determinó una MDS de 2.179 g/cm³ y un OCH de 5.68%, cuyo CBR máximo obtenido al 95% fue de 57.70%.

Se determinó el costo por m³ de estabilización experimental para base granular con la 4^{ta} adición de 0.45 L/m³ de aceite sulfonado IONICSOIL con afirmado, siendo de S/.88.43 sin estímulo y de S/. 84.35 con estímulo, respecto a una estabilización convencional de S/.90.35 sin estímulo y de S/. 86.27 con estímulo, variando en S/.1.92 (1.02%). A pesar que el costo de la estabilización experimental es menor a una convencional, se debe tener presente que la propuesta optimiza las condiciones de los suelos evaluados, por lo que es dable la justificación del precio, respecto a su aplicación en obras de mejoramiento y estabilización de suelos.

Conforme a la evaluación del tramo de prueba experimental de 4.00 m² (lado derecho: punto central del área compactada), realizado en el Jr. Juan Tomis cuadra N° 5 de la Urb. Santa María del DJLO, se pudo verificar que la densidad de campo inicial fue de 2.059 g/cm³, respecto al obtenido en laboratorio de 2.179 g/cm³, difiere ligeramente en 0.12 g/cm³ (1.06%). Mientras que el óptimo contenido de humedad de campo inicial fue de 4.70%, el cual varía en 1.21% respecto al de laboratorio de 5.68%, cuyo grado de compactación de campo alcanzado fue de 95.40%, respecto al mínimo de 95.00%, el cual cumple con las especificaciones técnicas de la mejor respuesta experimental. Al cabo de dos meses, la medición de la densidad de campo varió ligeramente en 1.02%, cuya MDS fue de 2.021 g/cm³ con un OCH de 4.70%, teniendo un grado de compactación de 93.70%, el cual disminuyó debido a las condiciones locales de la calle, dado que es una vía de baja transitabilidad, dónde durante el período mencionado, no recibió un aporte significativo de carga vehicular que haya permitido un mejor desempeño de durabilidad, por lo que el aceite sulfonado IONICSOIL es adecuado e idóneo, puesto que trata de mantener las propiedades iniciales del suelo, sin que el nivel de servicio de esta se encuentre operativa.

Se halló el valor máximo de la MDS de 2.06 g/cm³ y un OCH de 6.60%, cuyo CBR experimental bajo la 4^{ta} adición de aceite sulfonado IONICSOIL (0.45 L/m³) en la subrasante de los 3 tipos de suelos determinados fue de 9.19%, el cual mejoró la capacidad de soporte en 1.57%, 1.55% y 1.33%, en relación a los CBR iniciales de la subrasante de 4.30%, 4.80% y 5.80%, respectivamente.

Recomendaciones

Las cantidades de aceite sulfonado IONICSOIL deben determinarse de manera correcta en los laboratorios especializados, ya que sí se opta por valores de manera empírica o aleatoria, pueden influir negativamente en los resultados, dado que no se aplicaría adecuadamente la estabilización convencional como experimental.

Para estabilización de suelos, efectuar investigaciones con porcentajes de adición de aceite sulfonado IONICSOIL mayores a 0.45 L/m^3 , con la finalidad de conocer la respuesta de aumento o disminución que puede alcanzar una vía en específico.

Realizar tramos de prueba experimentales en suelos arcillosos de baja y alta plasticidad (CL – CH), para determinar su comportamiento y durabilidad mediante el uso del aceite sulfonado IONICSOIL, dado que los resultados de comprobación de la presente investigación, corresponden a un suelo arena arcillosa (SC).

Al momento de hallar la compacidad y humedad con el densímetro nuclear, se recomienda que el terreno sobre el cual se realizará el ensayo, debe de encontrarse totalmente horizontal, libre de agujeros, sin vibraciones y sin capas de material suelto sobre la misma, para que los rayos gamma (radiación) no se escapen y la prueba se realice exitosamente.

Se recomienda el uso del aceite sulfonado IONICSOIL para base granular con afirmado y que se corroboren los resultados obtenidos, dado que la composición química de los materiales estabilizantes es distinta entre sí, por lo que los resultados descritos pueden verse variados por otros factores no contemplados en este estudio.

Referencias

- [1] J. F. Rivera, A. Guerrero, R. Mejía y A. Orobio. “Estabilización química de suelos - materiales convencionales y activados alcalinamente”. 2020. [Online]. Disponible en: http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/2530/3819
- [2] Manual de estabilización de suelo tratado con cal, National Lime Association, 2004.
- [3] Gamarra Chuquicusma, H. R., & León Oballe, M. I. “Uso del aceite sulfonado y cemento en suelos de afirmado para analizar la capacidad de soporte, Socchabamba, Ayabaca”. Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Cesar Vallejo, Piura, Perú. 2021.
- [4] Barraza Antezana, A. C. “Estabilización con cal y aceite sulfonado para determinar su incidencia en las propiedades de las capas granulares de pavimento”. Facultad de Ingeniería de la Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú. 2022.
- [5] Barreto Garcia, J. M., & Taco Cevallos, J. A. “Estabilización de Base Granular con Aceite Sulfonado y Cemento Portland Tipo I del Camino Vecinal "Huasahuasi - Hacienda Calla", Tarma - Junin, KM 3+000 KM 4+000”. Facultad de Ingeniería de la Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú. 2021.
- [6] Rivera Santana, K. A. “Influencia del aceite sulfonado Perma - road iónico en las propiedades físico mecánicas de bases granulares en la ciudad de Huancayo”. Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana Los Andes. Huancayo, Perú. 2022.
- [7] Ayquipa Altamirano, C. E., & Guillén Garfias, A. S. “Influencia en el diseño de pavimento considerando una base estabilizada con cemento y aceite sulfonado – Ruta LI-116, La Libertad”. Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Cesar Vallejo. Lima, Perú. 2021.
- [8] Mamani Toma, J. L., & Callata Callata, L. Y. “Influencia del aceite sulfonado y cloruro de calcio en la conformación de base granular a estado de congelamiento de las carreteras afirmadas”. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Del Altiplano. Puno, Perú. 2020
- [9] Juárez Badillo, E. “Mecánica de suelos 1: Fundamentos de la mecánica de suelos”. Editorial Limusa (3ra edición). DF, México. 2005.

- [10] Ministerio de Transportes y Comunicaciones. “Manual de Ensayo de Materiales. (MTC, Ed.) (MC-06–16)”. Lima, Perú. 2016.
- [11] Rucks, García, Kaplán, Ponce de León & Hill. “Propiedades físicas del suelo”, Universidad de la República - Facultad de agronomía. Uruguay, 2004.
- [12] Ministerio de Transportes y Comunicaciones. “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos: sección suelos y pavimentos. (MTC, Ed.) (MC-05–14)”. Lima, Perú. 2014.
- [13] Norma Británica. Ensayos físicos – químicos. Parte 812. Reino Unido, 1988.
- [14] Norma Técnica Peruana CE.010. “Pavimentos Urbanos”, Reglamento Nacional de Edificaciones. Perú, 2018.
- [15] Norma Técnica Peruana E.050. “Suelos y Cimentaciones”, Reglamento Nacional de Edificaciones. Perú, 2018.
- [16] Norma Técnica Peruana CE.020. “Estabilización de suelos y taludes”, Reglamento Nacional de Edificaciones. Perú, 2018.

Anexos

Validación de ensayos de laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS

INFORME N° LEM USAT 070-2024-I

FECHA: 15 de Junio 2024

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: Carlos Wilder Muñoz Abad

TITULO DE LA TESIS: Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado.

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Contenido de humedad.
- Granulometría.
- Límites de Atterberg.
- Contenido de sales.
- Proctor Modificado.
- Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California).
- Potencial de hidrogeno.
- Viscosidad.
- Densidad.
- Densidad de campo.

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto


 Henry Rivadeneyra Oblitas
 T. Ing. Laboratorio
 USAT


 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental
 TITULO DE LABORATORIO

Anexo 1. Ensayos químicos del aceite sulfonado IONICSOIL



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
UNIDAD DE SERVICIOS TÉCNICOS

REPORTE DE ANÁLISIS N° 65 – 2023 – FIQIA

1. CLIENTE : Carlos Wider Muñoz Abad

2. DNI : 74041247

1. DATOS DE LA MUESTRA

- Número de muestras 01
- Cantidad 500 mL
- Fecha de monitoreo 17/10/2023
- Muestra Aceite Sulfonado

2. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

| PARÁMETRO | UNIDAD DE MEDIDA | RESULTADO |
|------------|-------------------|-----------|
| pH | — | 6.19 |
| Viscosidad | cp | 630.00 |
| Densidad | g/cm ³ | 1.05 |

3. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos fueron realizados en el Laboratorio de Investigación y Servicios Técnicos de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, siguiendo estrictos estándares de calidad.

| | | | |
|--------------------|--|------------------------|-----------------------------------|
| Firma | | Firma | |
| Analista | Ing. Visconde Beltrán Visconde Beltrán | V°B° | Dr. Cesar Augusto Montezza Arbulu |
| Fecha del Análisis | | 20 de Octubre del 2023 | |



Anexo 2. Perfil estratigráfico calicata 1

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - USAT




Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Titular : Carlos Wilder Muñoz Abad
Proyecto/Tests : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado

Calicata : Nº 01 **Nivel Freático** : No encontrado
Ubicación : Calle Henry Francois Cuadra Nº 01, Chiclayo, Lambayeque - Peru
Profundidad : 0.30 m - 1.50 m
Fecha de emisión : Chiclayo, Octubre 2023

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

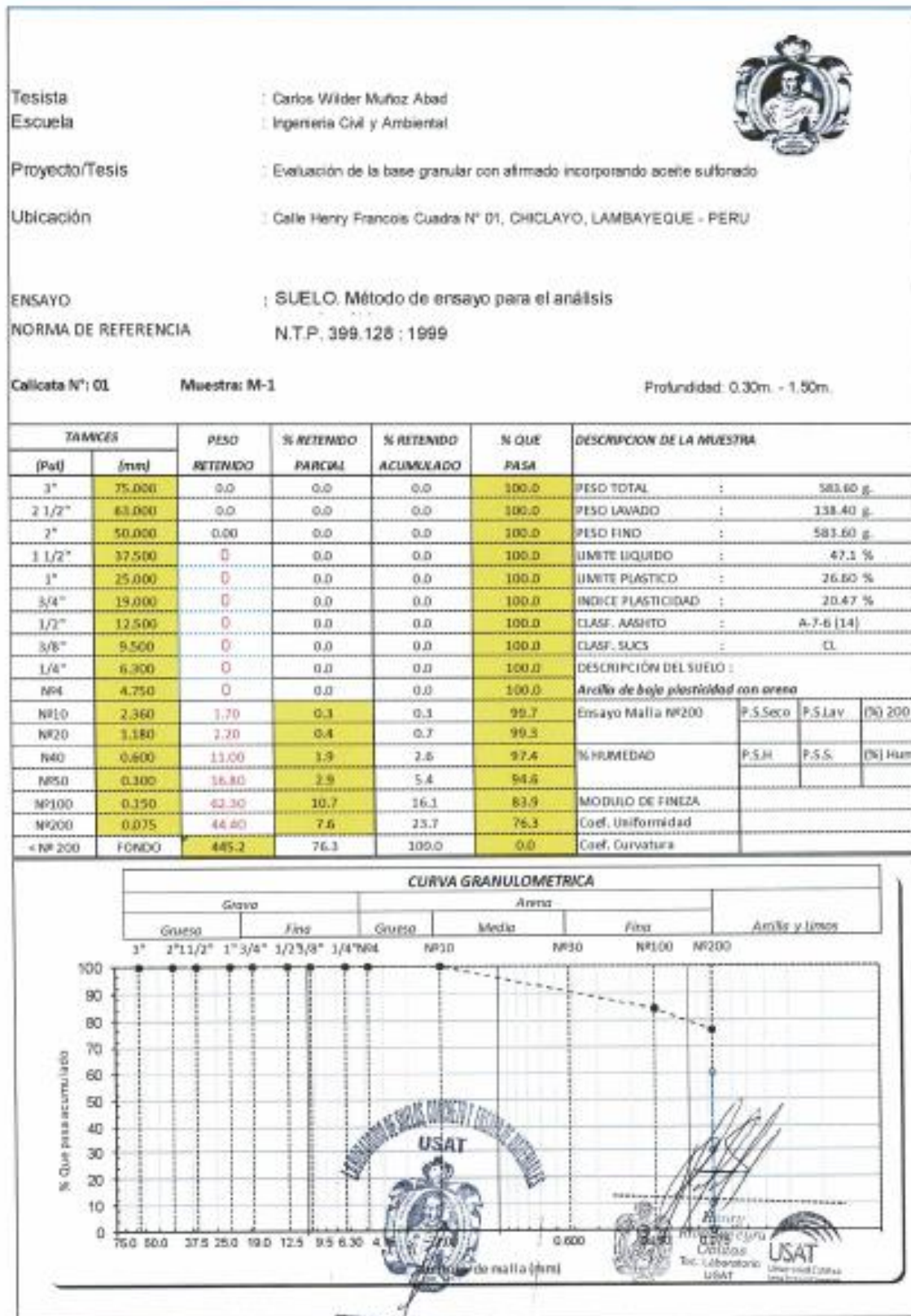
| Profundidad 0.0 (m) | Tipo de Excavación | Muestra MP | Símbolo | Clasificación SUCS | Descripción visual (IN-SITU) | |
|---------------------------|--|---------------|--|-------------------------|--|------|
| 0.2 | A | | | | | |
| 0.3 0.4 | C I E L O A B I E R T O | M - 1 |  | CL A-7-6 (14) | Arcilla de baja plasticidad con arena Limite líquido = 47.07 Limite plástico = 26.6 Índice de plasticidad = 20.47 Contenido de humedad = 16.72% Contenido de sales = 0.12 | |
| 0.6 | | | | | | |
| 0.8 | | | | | | |
| 1.0 | | | | | | |
| 1.2 | | | | | | |
| 1.4 | | | | | | |
| 1.5 | | | | | | 1.50 |
| 1.6 | | | | | | |
| 1.7 | | | | | | |
| 1.8 | | | | | | |
| 1.9 | | | | | | |
| 2.0 | | | | | | |
| 2.1 | | | | | | |
| 2.2 | | | | | | |
| 2.3 | | | | | | |
| 2.4 | | | | | | |
| 2.5 | | | | | | |
| 2.6 | | | | | | |
| 2.7 | | | | | | |
| 2.8 | | | | | | |
| 2.9 | | | | | | |
| 3.0 | | | | | | |






Observaciones: M = Muestra
C = Calicata

Anexo 3. Granulometría y contenido de humedad calicata 1 – muestra 1



Anexo 4. Límites de Atterberg calicata 1 – muestra 1



Tesista : Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela : Ingeniería Civil y Ambiental
Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
Ubicación : Calle Henry Francois Cuadra N° 01, CHICLAYO, LAMBAYEQUE - PERU


ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

Calicata N°: 01 Muestra: M-1 Profundidad: 0.30m. - 1.50m.

| Datos de ensayo: | Límite líquido | | | Límite Plástico | |
|-----------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
| | L-11 | L-12 | L-18 | T-7 | |
| N° de tarro | | | | | |
| N° de golpes | 34 | 27 | 20 | | |
| Tarro + suelo húmedo | 50.45 | 48.35 | 49.37 | 15.13 | 15.13 |
| Tarro + suelo seco | 37.59 | 35.78 | 36.28 | 13.88 | 13.88 |
| Agua | 12.86 | 12.57 | 13.09 | 1.25 | 1.25 |
| Peso del tarro | 8.64 | 8.88 | 9.46 | 9.18 | 9.18 |
| Peso del suelo seco | 28.95 | 28.9 | 26.82 | 4.7 | 4.7 |
| Porcentaje de humedad | 44.42 | 45.73 | 48.81 | 26.60 | 26.60 |

| CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA | |
|-----------------------------------|-------|
| Límite Líquido | 47.07 |
| Límite Plástico | 26.60 |
| Índice de Plasticidad | 20.47 |

CURVA DE FLUIDEZ $y = -8.078 \ln(x) + 73.065$




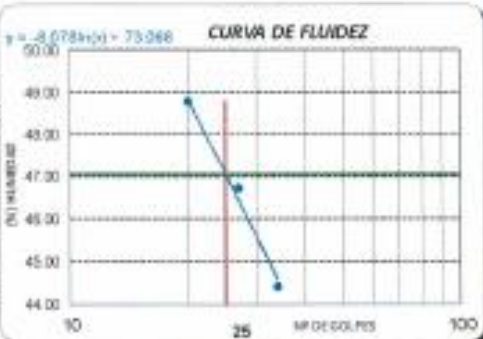




TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 5. Contenido de sales calicata 1 – muestra 1

| | | | | | |
|---|---|---|-----|------------------|-------|
| ENSAYO : SUELOS, Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea. | | | | | |
| NORMA NTP 339.152 / USBR E - 8 | | | | | |
| Calicata C - 1 | | Muestra usada | g. | 50 | 50 |
| Muestra : M - 1 | | Agua destilada usada | ml | 250 | 250 |
| 01 | Relación de la mezcla suelo - agua destilada | | | 5.00 | 5.00 |
| 02 | Número de beaker | | | 3 | 4 |
| 03 | Peso de beaker | | g. | 77.35 | 74.87 |
| 04 | Peso de beaker + residuo de sales | | g. | 77.38 | 74.89 |
| 05 | Peso de residuo de sales | (4)-(3) | g. | 0.03 | 0.02 |
| 06 | Volumen de la solución tomada | | ml | 100 | 100 |
| 07 | Constituyentes de sales solubles totales | $[(5) \times (1000000)] / (6) \times (1)$ | ppm | 1500 | 1000 |
| 08 | Constituyentes de sales solubles totales en peso seco | (7) / 10000 | (%) | 0.15 | 0.10 |
| | | | | PROMEDIO (ppm) = | 1250 |
| | | | | PROMEDIO (%) = | 0.12 |



Anexo 6. Informe general calicata 1 – muestra 1

| <p> Textista : Carlos Wilder Muñoz Abad Escuela : Ingeniería Civil Ambiental Tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado Ubicación : Calle Henry Francois Cuadra N° 01, CHICLAYO, LAMBAYEQUE - PERU Fecha de emisión : Chiclayo, Octubre del 2023 </p> |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----------------------|-----------------------|----------|------|--------|-------|-------|-----|--------|-----|-------|--------|--------|-----|-------|----|--------|-----|-------|------|--------|-----|-------|------|--------|-----|-------|---|---------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|-----------|--------------------------|------|-----------------------|---------------------------------------|------------------------|------------|-------------|-----|------|-------|-------|-----|------|-------|-------|-----|------|--------|-------|------|------|--------|-------|------|------|--|
| <p> ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed. NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.126 : 1999 : N.T.P. 399.131 : N.T.P. 339.127: 1998 </p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p> Calicata N°: 01 Muestra: M-1 Profundidad: 0.30m. - 1.50m. </p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p align="center">Análisis Granulométrico por tamizado</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>N° Tamiz</th> <th>Abertura (mm)</th> <th>% Acumulados Retenido</th> <th>Que pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3"</td><td>75.000</td><td>0.0</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.500</td><td>0.0</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>37.500</td><td>0.0</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.000</td><td>0.0</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.000</td><td>0.0</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>12.500</td><td>0.0</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.500</td><td>0.0</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>1/4"</td><td>6.300</td><td>0.0</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>N° 4</td><td>4.750</td><td>0.0</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>N° 10</td><td>2.000</td><td>0.0</td><td>99.7</td></tr> <tr><td>N° 20</td><td>0.850</td><td>0.7</td><td>99.3</td></tr> <tr><td>N° 50</td><td>0.300</td><td>5.4</td><td>94.6</td></tr> <tr><td>N° 100</td><td>0.150</td><td>16.1</td><td>83.9</td></tr> <tr><td>N° 200</td><td>0.075</td><td>23.7</td><td>76.3</td></tr> </tbody> </table> | N° Tamiz | Abertura (mm) | % Acumulados Retenido | Que pasa | 3" | 75.000 | 0.0 | 100.0 | 2" | 50.500 | 0.0 | 100.0 | 1 1/2" | 37.500 | 0.0 | 100.0 | 1" | 25.000 | 0.0 | 100.0 | 3/4" | 19.000 | 0.0 | 100.0 | 1/2" | 12.500 | 0.0 | 100.0 | 3/8" | 9.500 | 0.0 | 100.0 | 1/4" | 6.300 | 0.0 | 100.0 | N° 4 | 4.750 | 0.0 | 100.0 | N° 10 | 2.000 | 0.0 | 99.7 | N° 20 | 0.850 | 0.7 | 99.3 | N° 50 | 0.300 | 5.4 | 94.6 | N° 100 | 0.150 | 16.1 | 83.9 | N° 200 | 0.075 | 23.7 | 76.3 | <p align="center">CURVA DE FLUJEZ</p>  |
| N° Tamiz | Abertura (mm) | % Acumulados Retenido | Que pasa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3" | 75.000 | 0.0 | 100.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2" | 50.500 | 0.0 | 100.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.0 | 100.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1" | 25.000 | 0.0 | 100.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4" | 19.000 | 0.0 | 100.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2" | 12.500 | 0.0 | 100.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/8" | 9.500 | 0.0 | 100.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/4" | 6.300 | 0.0 | 100.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° 4 | 4.750 | 0.0 | 100.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° 10 | 2.000 | 0.0 | 99.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° 20 | 0.850 | 0.7 | 99.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° 50 | 0.300 | 5.4 | 94.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° 100 | 0.150 | 16.1 | 83.9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° 200 | 0.075 | 23.7 | 76.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p align="center">Distribución granulométrica</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>% Grava</th> <th>G.G. %</th> <th>G.F. %</th> <th>A.G. %</th> <th>AM %</th> <th>AP %</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0.3</td><td>2.3</td><td>21.2</td><td>23.7</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>76.3</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>100.0</td></tr> </tbody> </table> | % Grava | G.G. % | G.F. % | A.G. % | AM % | AP % | Total | | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 2.3 | 21.2 | 23.7 | | | | | | | 76.3 | | | | | | | 100.0 | <p align="center">Ensayo de Límite de Atterberg</p> <table border="1"> <tr><td>Límite líquido (LL)</td><td>47.07 (%)</td></tr> <tr><td>Límite Plástico (LP)</td><td>26.60 (%)</td></tr> <tr><td>Índice Plástico (IP)</td><td>20.47 (%)</td></tr> <tr><td>Clasificación (S.U.C.S.)</td><td>CL</td></tr> <tr><td>Descripción del suelo</td><td>Arcilla de baja plasticidad con arena</td></tr> <tr><td>Clasificación (AASHTO)</td><td>A-7-6 (14)</td></tr> <tr><td>Descripción</td><td></td></tr> </table> | Límite líquido (LL) | 47.07 (%) | Límite Plástico (LP) | 26.60 (%) | Índice Plástico (IP) | 20.47 (%) | Clasificación (S.U.C.S.) | CL | Descripción del suelo | Arcilla de baja plasticidad con arena | Clasificación (AASHTO) | A-7-6 (14) | Descripción | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Grava | G.G. % | G.F. % | A.G. % | AM % | AP % | Total | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 2.3 | 21.2 | 23.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 76.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 100.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Límite líquido (LL) | 47.07 (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Límite Plástico (LP) | 26.60 (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Índice Plástico (IP) | 20.47 (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Clasificación (S.U.C.S.) | CL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Descripción del suelo | Arcilla de baja plasticidad con arena | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Clasificación (AASHTO) | A-7-6 (14) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Descripción | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p align="center">Contenido de Humedad</p> <table border="1"> <tr><td></td><td>16.72</td><td>MALO</td></tr> </table> | | 16.72 | MALO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 16.72 | MALO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p align="center">CURVA GRANULOMETRICA</p>  | <p align="center"> Determinar el contenido de humedad de un suelo Humedad: 16.72% contenido de sales solubles en suelos y aguas subterráneas. Salas: 0.12 </p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  <p>SECRETARÍA DE LABORATORIOS</p> |  <p>Henry Rosales Cerna Cobayas Res. Laboratorio USAT</p>  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 7. Perfil estratigráfico calicata dos

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - USAT



Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Carlos Wilder Muñoz Abad
Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado

Calicata : N° 02 **Nivel Freático** : No encontrado
Ubicación : Pasaje Venus Cuadra N° 01, Chiclayo, Lambayeque - Peru
Profundidad : 0.30 m - 1.50 m
Fecha de emisión : Chiclayo, Octubre 2023


REGISTRO DE EXCAVACIÓN

| Profundidad * 0.0 (m) | Tipo de Excavación | Muestra # | Símbolo | Clasificación SUCS | Descripción visual (IN-SITU) |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------|--|-------------------------|--|
| 0.2 | A | | | | |
| 0.3 | C I E L O | M - 1 |  | CH A-7-6 (16) | Arcilla de alta plasticidad Límite líquido = 51.13% Límite plástico = 26.32% Índice de plasticidad = 24.81% Contenido de humedad = 22.48% Contenido de sales = 0.18 |
| 0.4 | | | | | |
| 0.6 | | | | | |
| 0.8 | | | | | |
| 1.0 | | | | | |
| 1.2 | A B I E R T O | | | | |
| 1.4 | | | | | |
| 1.5 | | 1.50 | | | |
| 1.6 | | | | | |
| 1.7 | | | | | |
| 1.8 | | | | | |
| 1.9 | | | | | |
| 2.0 | | | | | |
| 2.1 | | | | | |
| 2.2 | | | | | |
| 2.3 | | | | | |
| 2.4 | | | | | |
| 2.5 | | | | | |
| 2.6 | | | | | |
| 2.7 | | | | | |
| 2.8 | | | | | |
| 2.9 | | | | | |
| 3.0 | | | | | |



LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - USAT


FECHAS DE LABORATORIO



Carlos Wilder Muñoz Abad
Téc. Laboratorio
USAT

Observaciones: M = Muestra
C = Calicata

Anexo 8. Granulometría y contenido de humedad calicata 2 – muestra 1




Tesista : Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela : Ingeniería Civil y Ambiental
Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
Ubicación : Pasaje Venus Cuadra N° 01, Chiclayo, Lambayeque - Peru
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999

Calicata N°: 02 **Muestra:** M-1 **Profundidad:** 0.20m. - 1.50m.

| TAMICES | | PESO RETENIDO | % RETENIDO PARCIAL | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | | | |
|----------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|------------------------------|----------|---------|----------|
| (Pulg) | (mm) | | | | | | | | |
| 3" | 75.000 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO TOTAL : 812.40 g. | | | |
| 2 1/2" | 63.000 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO LAVADO : 46.10 g. | | | |
| 2" | 50.000 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO FINO : 612.40 g. | | | |
| 1 1/2" | 37.500 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | LIMITE LIQUIDO : 51.1 % | | | |
| 1" | 25.000 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | LIMITE PLASTICO : 26.32 % | | | |
| 3/4" | 19.000 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | INDICE PLASTICIDAD : 24.81 % | | | |
| 1/2" | 12.500 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | CLASIF. AASHTO : A-7-6 (16) | | | |
| 3/8" | 9.500 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | CLASIF. SUCS : CH | | | |
| 1/4" | 6.300 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | DESCRIPCIÓN DEL SUELO : | | | |
| N#4 | 4.750 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Arolle de alta plasticidad | | | |
| N#10 | 2.360 | 4.00 | 0.7 | 0.7 | 99.3 | Ensayo Malla N#200 | P.S.Seco | P.S.Lav | (%) 200 |
| N#20 | 1.180 | 8.40 | 0.6 | 1.2 | 98.8 | | | | |
| N#40 | 0.860 | 8.78 | 1.1 | 2.3 | 97.7 | % HUMEDAD | P.S.H | P.S.S. | (%) Hum. |
| N#50 | 0.300 | 4.18 | 0.7 | 3.0 | 97.0 | | | | |
| N#100 | 0.150 | 18.20 | 3.0 | 5.9 | 94.1 | MODULO DE FINEZA | | | |
| N#200 | 0.075 | 8.70 | 1.6 | 7.5 | 92.5 | Coef. Uniformidad | | | |
| < N# 200 | FONDO | 566.3 | 92.5 | 100.0 | 0.0 | Coef. Curvatura | | | |

CURVA GRANULOMETRICA

| Grava | | | | Arena | | | | Arcilla y limos | |
|--------|--------|--------|--------|--------|------|-------|------|-----------------|-------|
| Gruesa | | Fina | | Gruesa | | Medio | | | Fina |
| 3" | 2 1/2" | 1 3/4" | 1 1/4" | 3/8" | 2.00 | N#10 | N#50 | N#100 | N#200 |



Abertura de malla (mm)

Anexo 9. Límites de Atterberg calicata 2 – muestra 1

Tesista : Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela : Ingeniería Civil y Ambiental
Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
Ubicación : Pasaje Venus Cuadra N° 01, Chiclayo, Lambayeque - Peru

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

Calicata N°: 02 **Muestra: M-1** **Profundidad: 0.20m. - 3.50m.**

| Datos de ensayo. | Límite líquido | | | Límite Plástico | |
|-----------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
| | A-17 | A-18 | A-19 | A-20 | |
| N° de tarro | | | | | |
| N° de golpes | 34 | 26 | 19 | | |
| Tarro + suelo húmedo | 49.64 | 47.37 | 49.45 | 14.87 | 14.87 |
| Tarro + suelo seco | 36.34 | 34.61 | 35.27 | 13.72 | 13.72 |
| Agua | 13.3 | 12.76 | 14.18 | 1.15 | 1.15 |
| Peso del tarro | 9.39 | 9.50 | 8.40 | 9.35 | 9.35 |
| Peso del suelo seco | 26.95 | 25.11 | 26.87 | 4.37 | 4.37 |
| Porcentaje de humedad | 49.35 | 50.82 | 52.77 | 26.32 | 26.32 |

| CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA | |
|-----------------------------------|-------|
| Límite Líquido | 51.13 |
| Límite Plástico | 26.32 |
| Índice de Plasticidad | 24.81 |

CURVA DE FLUIDEZ $y = -5.923(\ln(x)) + 70.194$


N° DE GOLPES

Anexo 10. Contenido de sales calicata 2 – muestra 1

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|------------------|-------|----|----------------------|----|-----|-----|--|--|
| ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea. | |  | | | | | | | | | |
| NORMA : NTP 339.152 / USBR E - 8 | | | | | | | | | | | |
| Calicata : C - 2 Muestra : M - 1 Profundidad : 0,20 m a 1.50 m | <table border="1"> <tr> <td>Muestra usada</td> <td>g</td> <td>50</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Agua destilada usada</td> <td>ml</td> <td>250</td> <td>250</td> </tr> </table> | Muestra usada | g | 50 | 50 | Agua destilada usada | ml | 250 | 250 | | |
| Muestra usada | g | 50 | 50 | | | | | | | | |
| Agua destilada usada | ml | 250 | 250 | | | | | | | | |
| 01 | Relación de la mezcla suelo - agua destilada | | 5.00 | 5.00 | | | | | | | |
| 02 | Número de beaker | | 1 | 2 | | | | | | | |
| 03 | Peso de beaker | g | 73.83 | 75.35 | | | | | | | |
| 04 | Peso de beaker + residuo de sales | g | 73.87 | 75.38 | | | | | | | |
| 05 | Peso de residuo de sales | (4)-(3) g | 0.04 | 0.03 | | | | | | | |
| 06 | Volumen de la solución tomada | ml | 100 | 100 | | | | | | | |
| 07 | Constituyentes de sales solubles totales | $[(5) \times (1000000)] / (6) \times (1)$ ppm | 2000 | 1500 | | | | | | | |
| 08 | Constituyentes de sales solubles totales en peso seco | $(7) / 10000$ (%) | 0.20 | 0.15 | | | | | | | |
| | | | PROMEDIO (ppm) = | 1750 | | | | | | | |
| | | | PROMEDIO (%) = | 0.18 | | | | | | | |



Anexo 11. Informe general calicata 2 – muestra 1



Tesisista : Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de la base granular con último incorporando asfalto sulfonado
Ubicación : Pasaje Venza Cuadra N° 01, Chiclayo, Lambayeque - Perú
Fecha de emisión : Chiclayo, Octubre del 2023

ENSAJO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMAS DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 399.127 : 1996

Calicata N°: 02 Muestra: M-1 Profundidad: 0.20m. - 1.50m.


| Análisis Granulométrico por tamizado | | | |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|----------|
| N° Tamiz | Abertura (mm) | % Acumulados Retenido | Cua pasa |
| 3" | 75.000 | 0.0 | 100.0 |
| 2" | 50.000 | 0.0 | 100.0 |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.0 | 100.0 |
| 1" | 25.000 | 0.0 | 100.0 |
| 3/4" | 19.000 | 0.0 | 100.0 |
| 1/2" | 12.500 | 0.0 | 100.0 |
| 3/8" | 9.500 | 0.0 | 100.0 |
| 1/4" | 6.300 | 0.0 | 100.0 |
| N° 4 | 4.750 | 0.0 | 100.0 |
| N° 10 | 2.000 | 0.7 | 99.3 |
| N° 20 | 0.850 | 1.2 | 98.8 |
| N° 50 | 0.300 | 3.0 | 97.0 |
| N° 100 | 0.150 | 5.9 | 94.1 |
| N° 200 | 0.075 | 7.5 | 92.5 |

| Distribución granulométrica | | | |
|-----------------------------|--------|--|--------|
| % Grava | G.O. % | | G.F. % |
| | 0.0 | | 0.0 |
| | | | 0.0 |
| | | | 0.7 |
| | | | 1.8 |
| | | | 5.2 |
| | | | 7.5 |
| | | | 92.5 |
| | | | 92.5 |
| | | | 100.0 |

Ensayo de Límite de Atterberg

| | | |
|--------------------------|-----------------------------|-----|
| Límite líquido (LL) | 51.13 | (%) |
| Límite Plástico (LP) | 26.32 | (%) |
| Índice Plástico (IP) | 24.81 | (%) |
| Clasificación (S.U.C.S.) | CH | |
| Descripción del suelo | Arcilla de alta plasticidad | |
| Clasificación (AASH/TD) | A-7-6 (HS) | |
| Descripción | MALO | |

CURVA GRANULOMETRICA




Determinar el contenido de humedad de un suelo

Humedad: 22.40%

contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

Sales: 0.18



Obispos
 Laboratorio
 USAT

Anexo 12. Perfil estratigráfico calicata 3

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - USAT



Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Carlos Wilder Muñoz Abad
 Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado

Calicata : N° 03 Nivel Freático : No encontrado
 Ubicación : Jiron Juan Thomas Cuadra N° 01, Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Profundidad : 0.20 m - 1.50 m
 Fecha de emisión : Chiclayo, Octubre 2023

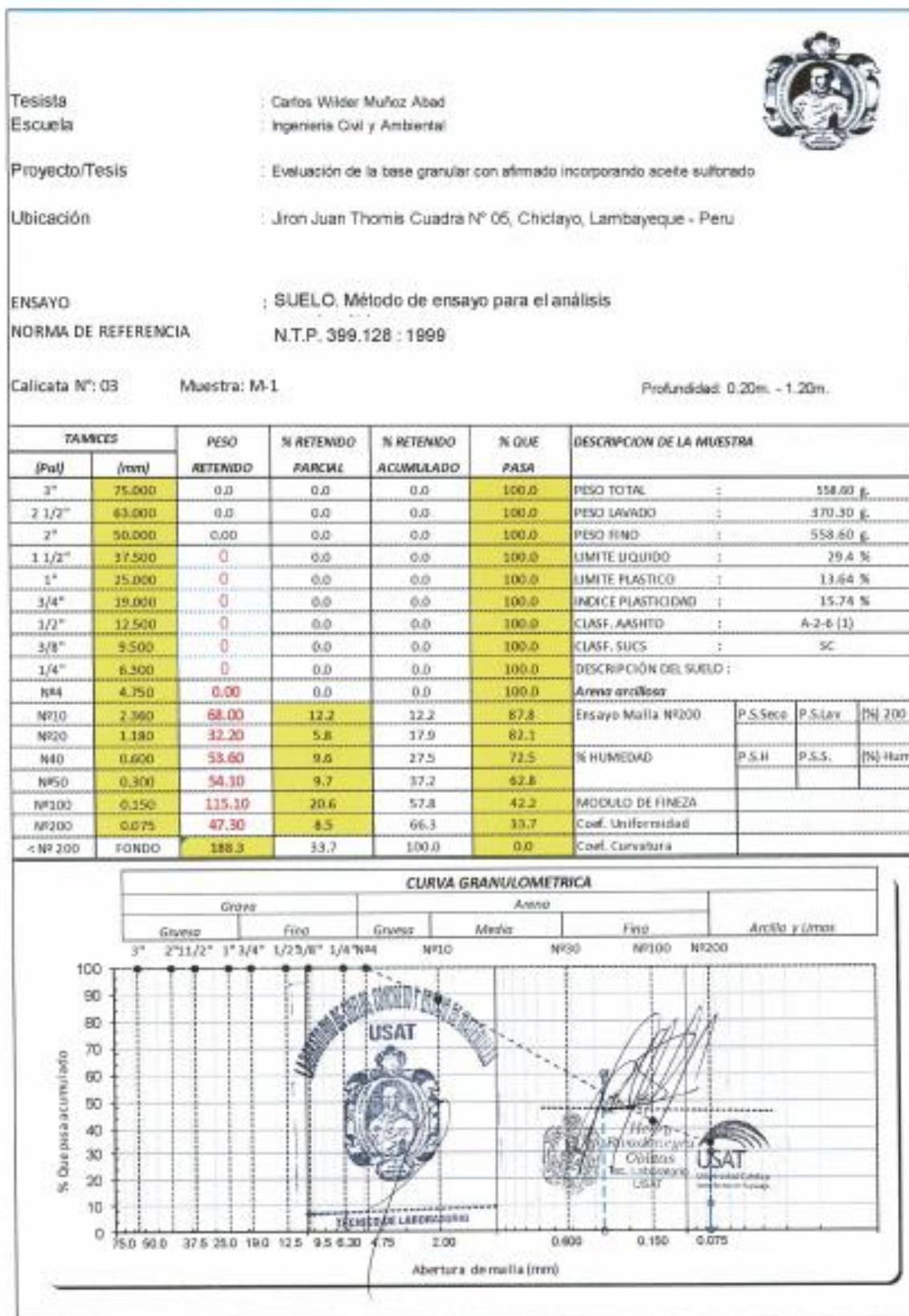
REGISTRO DE EXCAVACIÓN

| Profundidad 0.0 (m) | Tipo de Excavación | Muestra n° | Símbolo | Clasificación SUCS | Descripción visual (IN-SETU) |
|----------------------------------|---------------------------------|---------------|---|-----------------------|---|
| 0.2 0.20 | A | | | | |
| 0.3 0.4 0.6 0.8 | C I E L O | M - 1 |  | SC A-2-G (1) | Arena arcillosa Límite líquido = 29.38 Límite plástico = 13.64 Índice de plasticidad = 15.74 Contenido de humedad = 11.72% Sales Solubles = 0.20 |
| 1.0 1.2 1.4 1.5 1.50 | A B I E R T O | M - 2 |  | CL A-6 (9) | Arcilla de baja plasticidad Límite líquido = 32.88 Humedad = 15.24% Límite plástico = 19.50 sales Solubles = 0.17 Índice de plasticidad = 13.38 |
| 1.6 | | | | | |
| 1.7 | | | | | |
| 1.8 | | | | | |
| 1.9 | | | | | |
| 2.0 | | | | | |
| 2.1 | | | | | |
| 2.2 | | | | | |
| 2.3 | | | | | |
| 2.4 | | | | | |
| 2.5 | | | | | |
| 2.6 | | | | | |
| 2.7 | | | | | |
| 2.8 | | | | | |
| 2.9 | | | | | |
| 3.0 | | | | | |




Observaciones: M = Muestra
C = Calicata

Anexo 13. Granulometría y contenido de humedad calicata 3 – muestra 1



Anexo 14. Límites de Atterberg calicata 3 – muestra 1

Tesista : Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela : Ingeniería Civil y Ambiental
Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
Ubicación : Jiron Juan Thomis Cuadra N° 05, Chiclayo, Lambayeque - Peru

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

Calicata N°: 03 **Muestra: M-1** Profundidad: 0.20m. - 1.20m.

| Datos de ensayo. | Límite líquido | | | Límite Plástico | |
|-----------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
| | A-17 | A-18 | A-19 | A-20 | |
| N° de tarro | | | | | |
| N° de golpes | 35 | 27 | 21 | | |
| Tarro + suelo húmedo | 30.15 | 24.81 | 29.90 | 16.13 | 16.13 |
| Tarro + suelo seco | 25.50 | 21.24 | 25.10 | 15.26 | 15.26 |
| Agua | 4.65 | 3.57 | 4.8 | 0.87 | 0.87 |
| Peso del tarro | 8.58 | 8.89 | 9.3 | 8.88 | 8.88 |
| Peso del suelo seco | 18.92 | 12.35 | 15.8 | 6.38 | 6.38 |
| Porcentaje de humedad | 27.48 | 28.91 | 30.38 | 13.64 | 13.64 |

| CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA | |
|-----------------------------------|-------|
| Límite Líquido | 29.38 |
| Límite Plástico | 13.64 |
| Índice de Plasticidad | 15.74 |


CURVA DE FLUIDEZ $y = -5.658 \ln(x) + 47.688$

USAT
UNIVERSIDAD DE SAN AGUSTÍN
LAMBAYEQUE

TECNICO DE LABORATORIO

USAT

Anexo 15. Contenido de sales calicata 3 – muestra 1


| | | | | |
|---|---|---|-------|-------|
| ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea. | |  | | |
| NORMA NTP 339.152 / USBR E - 8 | | | | |
| Calicata C - 3 | Muestra usada | g. | 50 | 50 |
| Muestra : M - 1 | Agua destilada usada | ml | 250 | 250 |
| Profundi : 0.20 m a 1.20 m | | | | |
| 01 | Relación de la mezcla suelo - agua destilada | | 5.00 | 5.00 |
| 02 | Número de beaker | | 1 | 2 |
| 03 | Peso de beaker | g. | 73.83 | 75.35 |
| 04 | Peso de beaker + residuo de sales | g. | 73.87 | 75.39 |
| 05 | Peso de residuo de sales | (4)-(3) g. | 0.04 | 0.04 |
| 06 | Volumen de la solución tomada | ml | 100 | 100 |
| 07 | Constituyentes de sales solubles totales | $[(5) \times (1000000)] / (8) \times (1)$ ppm | 2000 | 2000 |
| 08 | Constituyentes de sales solubles totales en peso seco | (7) / 10000 (%) | 0.20 | 0.20 |
| PROMEDIO (ppm) = | | | 2000 | |
| PROMEDIO (%) = | | | 0.20 | |



Anexo 16. Informe general calicata 3 – muestra 1

Tecnista : Carlos Wilder Muñoz Abad
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación : Jiron Juan Thomas Cuadras N° 05, Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión : Chiclayo, Octubre del 2023

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.126 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 399.127: 1996




Calicata N°: 03

Muestra: M-1


Profundidad: 0.20m. - 1.20m.

| Análisis Granulométrico por tamizado | | | |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|----------|
| N° Tamiz | Abertura (mm) | % Acumulados Retenido | Que pasa |
| 3" | 75.000 | 0.0 | 100.0 |
| 2" | 50.000 | 0.0 | 100.0 |
| 1 1/2" | 37.500 | 0.0 | 100.0 |
| 1" | 25.000 | 0.0 | 100.0 |
| 3/4" | 19.000 | 0.0 | 100.0 |
| 1/2" | 12.500 | 0.0 | 100.0 |
| 3/8" | 9.500 | 0.0 | 100.0 |
| 1/4" | 6.300 | 0.0 | 100.0 |
| N° 4 | 4.750 | 0.0 | 100.0 |
| N° 10 | 2.000 | 12.2 | 87.8 |
| N° 20 | 0.850 | 17.9 | 82.1 |
| N° 50 | 0.300 | 37.2 | 62.8 |
| N° 100 | 0.150 | 57.8 | 42.2 |
| N° 200 | 0.075 | 66.5 | 33.7 |



| Distribución granulométrica | | |
|-----------------------------|--------|-------|
| % Grava | G.D. % | 0.0 |
| | G.F. % | 0.0 |
| % Arena | A.G. % | 12.2 |
| | A.M. % | 15.4 |
| | A.F. % | 38.8 |
| % Arcilla y Limo | | 33.7 |
| Total | | 100.0 |

| Ensayo de Límite de Atterberg | |
|-------------------------------|-----------|
| Límite Líquido (L.L) | 29.36 (%) |
| Límite Plástico (L.P) | 13.64 (%) |
| Índice Plástico (I.P) | 15.74 (%) |
| Clasificación (S.U.C.S.) | SC |
| Descripción del suelo | |
| Arena arcillosa | |
| Clasificación (AASHFCI) | A-2-B(1) |
| Descripción | |
| REGULAR | |




Determinar el contenido de humedad de un suelo

Humedad: 11.72%


contenido de sales solubles en suelos y aguas subterráneas.

Sales: 0.2



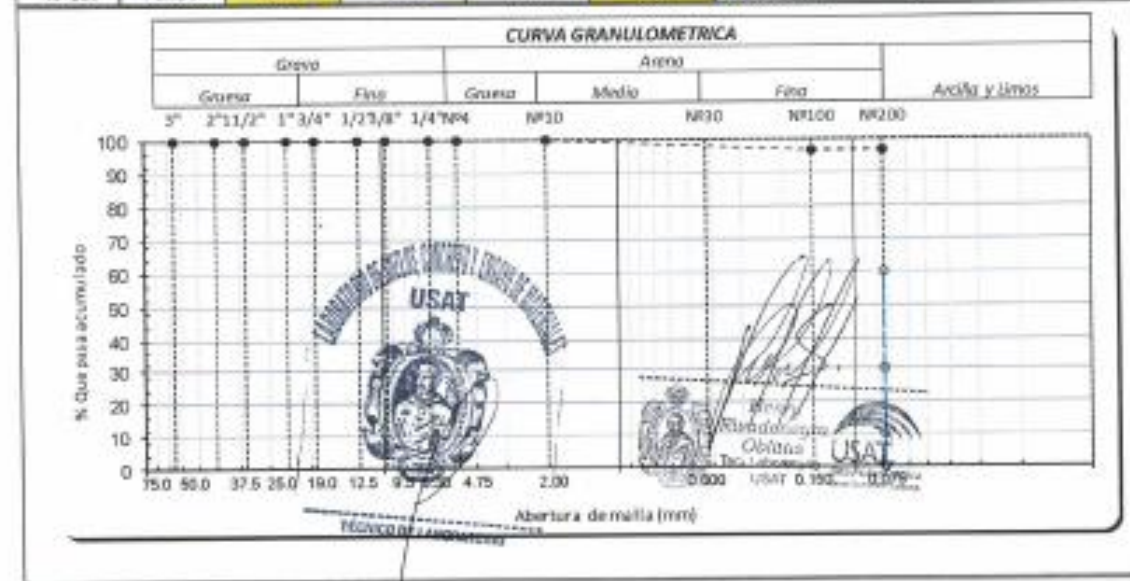
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 17. Granulometría y contenido de humedad calicata 3 – muestra 2



Tesista : Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela : Ingeniería Civil y Ambiental
Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
Ubicación : Jiron Juan Thomas Cuadra N° 05, Chiclayo, Lambayeque - Peru
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
Calicata N°: 03 **Muestra: M-2** **Profundidad: 1.20m. - 1.50m.**

| TAMICES | | PESO RETENIDO | N RETENIDO PARCIAL | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|--------|---------------|--------------------|----------------------|------------|----------------------------------|
| (Pa) | (mm) | | | | | |
| 3" | 75.000 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO TOTAL : 576.20 g. |
| 2 1/2" | 63.000 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO LAVADO : 20.80 g. |
| 2" | 50.000 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO FINO : 576.20 g. |
| 1 1/2" | 37.500 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | LIMITE LIQUIDO : 32.9 % |
| 1" | 25.000 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | LIMITE PLASTICO : 19.50 % |
| 3/4" | 19.000 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | INDICE PLASTICIDAD : 13.38 % |
| 1/2" | 12.500 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | CLASF. AASHTO : A-6 [9] |
| 3/8" | 9.500 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | CLASF. SUCS : CL |
| 1/4" | 6.300 | 0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | DESCRIPCION DEL SUELO : |
| N#4 | 4.750 | 0.10 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Arcillo de baja plasticidad |
| N#10 | 2.360 | 0.40 | 0.1 | 0.1 | 99.9 | Ensayo Malla N#200 |
| N#20 | 1.180 | 0.90 | 0.2 | 0.2 | 99.8 | P.S. Seco P.S. Lix [N] 200 |
| N#40 | 0.600 | 3.00 | 0.5 | 0.7 | 99.5 | % HUMEDAD |
| N#50 | 0.300 | 2.40 | 0.4 | 1.2 | 98.8 | P.S.H. P.S.S. [N] Hum. |
| N#100 | 0.150 | 12.70 | 2.2 | 3.4 | 96.6 | MODULO DE RIGIDEZ |
| N#200 | 0.075 | 1.30 | 0.2 | 3.6 | 96.4 | Coef. Uniformidad |
| < N# 200 | FONDO | 555.5 | 96.4 | 100.0 | 0.0 | Coef. Curvatura |



Anexo 18. Límites de Atterberg calicata 3 – muestra 2

Tesista : Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela : Ingeniería Civil y Ambiental
Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
Ubicación : Jiron Juan Thomis Cuadra N° 05, Chiclayo, Lambayeque - Peru

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

Calicata N°: 03 **Muestra:** M-2 **Profundidad:** 1.20m. - 1.50m.


| Datos de ensayo. | Límite líquido | | | Límite Plástico | |
|-----------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
| | A-17 | A-18 | A-19 | A-20 | |
| N° de tarro | | | | | |
| N° de golpes | 35 | 27 | 21 | | |
| Tarro + suelo húmedo | 48.78 | 49.45 | 49.04 | 15.57 | 15.57 |
| Tarro + suelo seco | 39.58 | 39.37 | 38.77 | 14.63 | 14.63 |
| Agua | 9.2 | 10.08 | 10.27 | 0.94 | 0.94 |
| Peso del tarro | 9.41 | 8.05 | 8.73 | 9.81 | 9.81 |
| Peso del suelo seco | 30.17 | 31.32 | 30.04 | 4.82 | 4.82 |
| Porcentaje de humedad | 30.49 | 32.18 | 34.19 | 19.50 | 19.50 |

| CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA | |
|-----------------------------------|-------|
| Límite Líquido | 32.88 |
| Límite Plástico | 19.50 |
| Índice de Plasticidad | 13.38 |

CURVA DE FLUJEDAD $y = -7.295(\ln(x)) + 58.362$

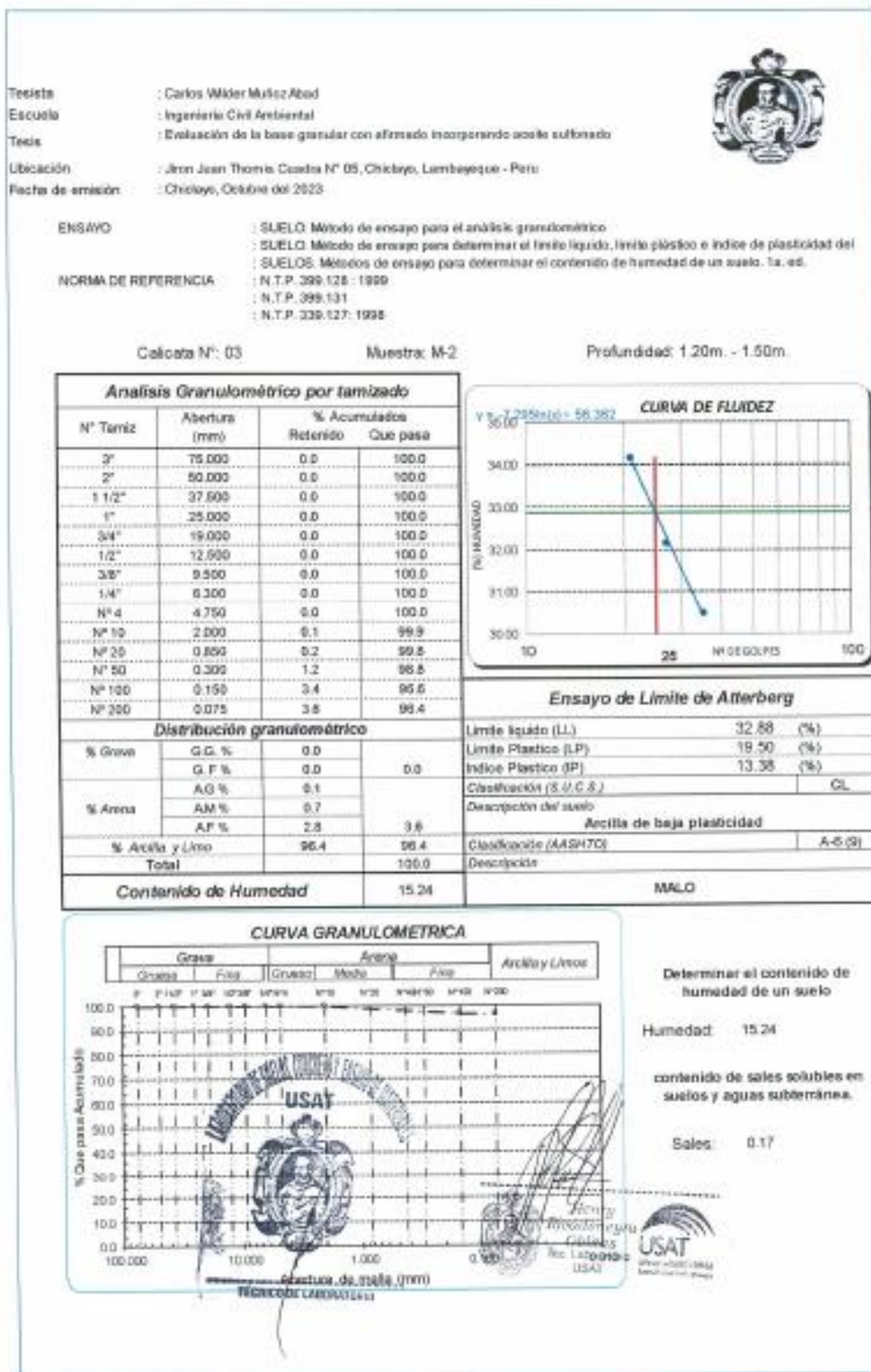
USAT
LABORATORIO DE SUELOS Y GEOTECNIA
SECRETARÍA DE LABORATORIO Nº DE GOLPES

Anexo 19. Contenido de sales calicata 3 – muestra 2

| | | | | | |
|---|---|---|-----|------------------|-------|
| ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea. | |  | | | |
| NORMA NTP 339.152 / USBR E - 8 | | | | | |
| Calicata C - 3 | | Muestra usada | g | 50 | 50 |
| Muestra : M - 2 | | Agua destilada usada | ml | 250 | 250 |
| Profundi : 1.20 m a 1.50 m | | | | | |
| 01 | Relación de la mezcla suelo - agua destilada | | | 5.00 | 5.00 |
| 02 | Número de beaker | | | 5 | 6 |
| 03 | Peso de beaker | g. | | 73.53 | 75.82 |
| 04 | Peso de beaker + residuo de sales | g. | | 73.57 | 75.85 |
| 05 | Peso de residuo de sales | (4)-(3) | g. | 0.04 | 0.03 |
| 06 | Volumen de la solución tomada | ml | | 100 | 100 |
| 07 | Constituyentes de sales solubles totales | $[(5) \times (1000000)] / (6) \times (1)$ | ppm | 2000 | 1500 |
| 08 | Constituyentes de sales solubles totales en peso seco | (7) / 10000 | (%) | 0.20 | 0.15 |
| | | | | PROMEDIO (ppm) = | 1750 |
| | | | | PROMEDIO (%) = | 0.17 |



Anexo 20. Informe general calicata 3 – muestra 2



Anexo 21. Proctor modificado convencional calicata 1 – muestra 1

SUELOS: Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m² (36000 pie-lb/ft²))
N.T.P. 338.141 ASTM D - 1557

Técnico: Carlos Wilder Muñoz Abed
Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Trab: Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite al fondo
Ubicación: Calle Henry Parosito Cuervo N° 03, Chiclayo, Lambayeque - Perú
Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

Calicata: MPO
Muestra: M-1
Profundidad: 0.30 m - 1.50 m

| Número de ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g | 6626 | 6734 | 6784 | 6770 |
| Peso del molde | g | 3854 | 3854 | 3854 | 3854 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g | 1772 | 1880 | 1930 | 1924 |
| Volumen del molde | cm ³ | 911.9 | 911.9 | 911.9 | 911.9 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ | 1.943 | 2.062 | 2.116 | 2.110 |

CONTENIDO DE HUMEDAD

| N° Recipiente | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------|--------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g | 116.28 | 84.05 | 87.32 | 86.27 |
| Peso del suelo seco + tara | g | 100.61 | 49.94 | 60.6 | 84.65 |
| Peso de tara | g | 28.06 | 17.76 | 18.06 | 26.99 |
| Peso de agua | g | 7.67 | 4.09 | 6.72 | 10.82 |
| Peso de suelo seco | g | 32.96 | 32.19 | 42.55 | 58.47 |
| Contenido de agua | % | 9.3 | 12.7 | 15.8 | 18.5 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ | 1.779 | 1.829 | 1.829 | 1.780 |

| | | |
|------------------------------------|--------------|-------------------|
| DENSIDAD MÁXIMA SECA | 1.836 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 14.20 | % |

GRÁFICO DEL PROCTOR

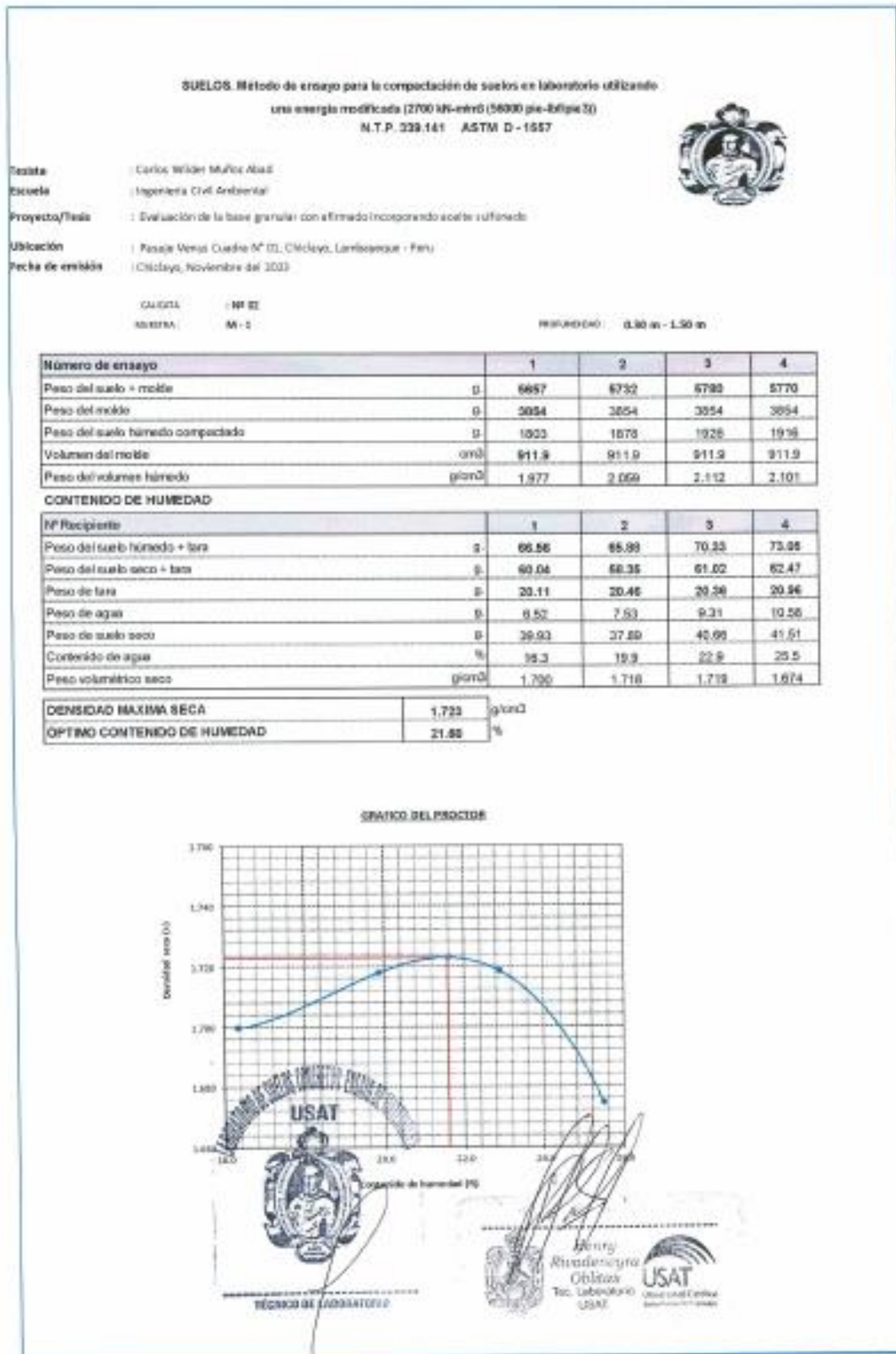
USAT

 Laboratorio de Suelos

Henry Parosito Cuervo
 Chiclayo
 Rec. Laboratorio USAT

MÓDULO DE LABORATORIO

Anexo 22. Proctor modificado convencional calicata 2 – muestra 1



Anexo 23. Proctor modificado convencional calicata 3 – muestra 1

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m² (54000 pie-lb/ft²))
N.T.P. 338.141 ASTM D - 1557

Técnico: Carlos Wilber Muñoz Abad
Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con afirmado incorporando escoria sulfonada
Ubicación: Iteon Juan Thomas Calada N° 05, Chiclayo, Lambayeque - Perú
Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

CALCERA: NF 85
MUESTRA: NF 86 **PROFUNDIDAD:** 0.20 m - 1.50 m

| Número de ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g | 6799 | 6796 | 6833 | 6862 |
| Peso del molde | g | 3854 | 3854 | 3894 | 3854 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g | 1855 | 1941 | 1979 | 1988 |
| Volumen del molde | cm ³ | 911.9 | 911.9 | 911.9 | 911.9 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ | 2.034 | 2.129 | 2.170 | 2.180 |

CONTENIDO DE HUMEDAD

| Nº Recipiente | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g | 71.42 | 79.63 | 76.91 | 77.62 |
| Peso del suelo seco + tara | g | 66.65 | 64.65 | 68.16 | 66.52 |
| Peso de tara | g | 21.26 | 21.34 | 21.84 | 21.66 |
| Peso de agua | g | 4.87 | 5.88 | 7.45 | 9.1 |
| Peso de suelo seco | g | 45.19 | 43.31 | 46.32 | 46.87 |
| Contenido de agua | % | 10.8 | 13.6 | 16.1 | 19.4 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ | 1.836 | 1.874 | 1.870 | 1.828 |

| | | |
|------------------------------------|-------|-------------------|
| DENSIDAD MÁXIMA SECA | 1.876 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 14.89 | % |

GRÁFICO DEL PROCTOR


TÉCNICO DE LABORATORIO

Helmy Rivas Rosaym
 Cédulas
 Tec. Laboratorio
 USAT

Anexo 24. CBR convencional calicata 1 – muestra uno

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Técnico : Carlos Wilder Muñoz Abad
Especialidad : Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Texto : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
Ubicación : Calle Henry Francisco Cuadra N° 01, Chiclayo, Lambayeque - Peru
Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023



ENCUADRE : M 01
MUESTRA : M - 1
PROFUNDIDAD : 0.30 m - 1.50 m

| COMPACTACIÓN | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|------|
| OP. Molde | A-4 | | A-5 | | A-6 | | | | | |
| Nº Capas | 5 | | 5 | | 5 | | | | | |
| Nº Golpes por capa | 56 | | 25 | | 12 | | | | | |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | | | | |
| Peso molde + Suelo húmedo | 12985 | 12642 | 12980 | 13200 | 11875 | 12682 | | | | |
| Peso de molde (g) | 7043 | 7043 | 8738 | 6735 | 7840 | 7040 | | | | |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4482 | 4699 | 4242 | 4465 | 4035 | 4243 | | | | |
| Volumen del molde (cc) | 2133 | 2132 | 2135 | 2125 | 2132 | 2132 | | | | |
| Densidad húmeda (g/cc) | 2.103 | 2.214 | 1.996 | 2.100 | 1.893 | 1.990 | | | | |
| % de humedad | 14.42 | 16.00 | 14.45 | 16.79 | 14.63 | 16.50 | | | | |
| Densidad seca (g/cc) | 1.84 | 1.907 | 1.74 | 1.798 | 1.65 | 1.708 | | | | |
| HUMEDAD | | | | | | | | | | |
| Tarro Nº | - | - | - | - | - | - | | | | |
| Tarro + Suelo húmedo (gr.) | 88.39 | 86.4 | 94.82 | 84.82 | 83.54 | 83.5 | | | | |
| Tarro + Suelo seco (gr.) | 77.87 | 78.0 | 84.36 | 84.36 | 84.32 | 84.2 | | | | |
| Peso del Agua (gr.) | 8.4 | 8.4 | 10.5 | 10.5 | 9.2 | 9.3 | | | | |
| Peso del tarro (gr.) | 19.98 | 19.58 | 19.37 | 19.37 | 19.74 | 19.74 | | | | |
| Peso del suelo seco (gr.) | 58.4 | 59.4 | 65.0 | 65.0 | 64.5 | 64.5 | | | | |
| % de humedad | 14.42 | 14.42 | 16.00 | 16.00 | 14.45 | 14.45 | | | | |
| Promedio de Humedad (%) | 14.420 | | 16.00 | | 14.63 | | | | | |
| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | |
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | EXPANSIÓN | | EXPANSIÓN | | EXPANSIÓN | | | |
| | | | DIAL | Porc. % | DIAL | Porc. % | DIAL | Porc. % | | |
| 03/18/2023 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 04/10/2023 | 14.3 | 24 | 0.22 | 0.006 | 9.15 | 0.004 | 0.12 | 0.003 | | |
| 05/10/2023 | 14.3 | 48 | 1.45 | 0.036 | 3.25 | 0.031 | 1.35 | 0.034 | | |
| 06/10/2023 | 14.3 | 72 | 5 | 0.125 | 6.38 | 0.034 | 8.21 | 0.156 | | |
| 07/10/2023 | 14.3 | 96 | 18 | 0.250 | 10.39 | 0.239 | 18.39 | 0.200 | | |
| | | | 4.57 | total 5.47 | 4.57 | total 5.67 | 4.57 | total 5.92 | | |
| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | |
| PENETRACIÓN | TIEMPO | CARGA STAND. | BOLDE Nº A-4 | | BOLDE Nº A-5 | | BOLDE Nº A-6 | | | |
| | | | CARGA | CORRECCIÓN | CARGA | CORRECCIÓN | CARGA | CORRECCIÓN | | |
| mm. | psf. | | Libra pulg2 | % | Libra pulg2 | Libra pulg2 | % | Libra pulg2 | Libra pulg2 | % |
| 0.000 | 0.000 | 000 | 2 | | 0 | 2 | | 0 | 2 | |
| 0.640 | 0.025 | 025 | 34 | | 25 | | | 13 | 7 | |
| 1.270 | 0.050 | 150 | 47 | | 58 | | | 30 | 14 | |
| 1.910 | 0.075 | 200 | 52 | | 66 | | | 42 | 18 | |
| 2.540 | 0.100 | 250 | 57 | 57.9 | 116 | 4.4 | | 63 | 26 | 25.5 |
| 3.810 | 0.150 | 300 | 107 | | 189 | | | 90 | 36 | |
| 5.080 | 0.200 | 400 | 137 | 108.0 | 288 | | | 115 | 46 | 45.3 |
| 6.350 | 0.250 | 500 | 159 | | 388 | | | 140 | 55 | |
| 7.620 | 0.300 | 600 | 175 | | 475 | | | 161 | 63 | |
| 10.180 | 0.400 | 800 | 242 | | 638 | | | 235 | 76 | |
| 12.700 | 0.500 | 1000 | 310 | | 828 | | | 244 | 95 | |

Tesis: Carlos Wiler Muñoz Abad
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con aferrado incorporando asfalto sulfonado.
 Ubicación: Calle Henry Francisco Cuadra N° 01, Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

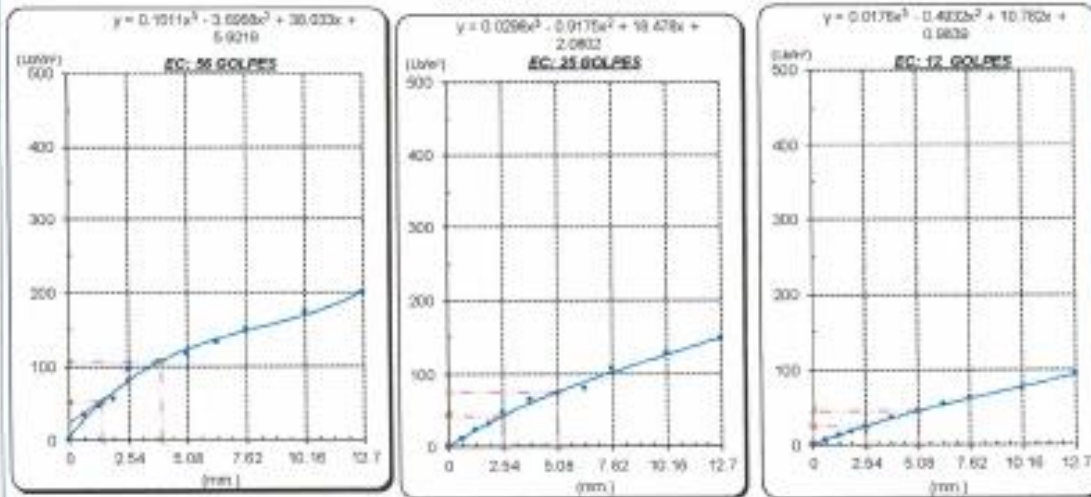


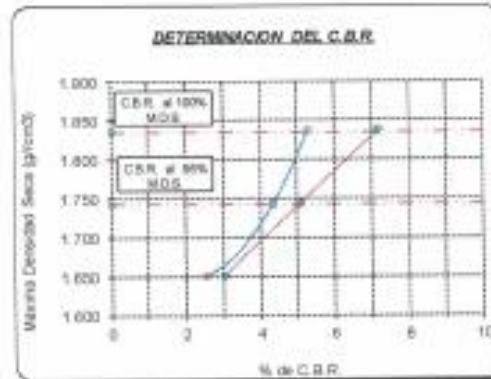
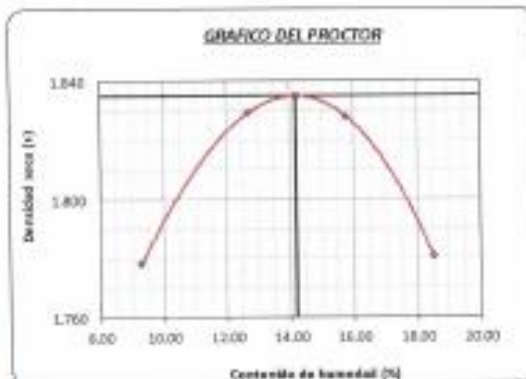
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 1.625 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 95% | 1.743 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 14.23 % |

VALOR DEL C.B.R.


| | | |
|-----------------------|----------|----------|
| | 2.54 cm. | 5.08 cm. |
| C.B.R. AL 100% M.D.S. | 5.3 % | 7.1 % |
| C.B.R. AL 95 % M.D.S. | 4.3 % | 5.1 % |



Anexo 25. CBR convencional calicata 2 – muestra uno

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Técnico : Carlos Wilder Muñoz Alvar
 Asesor : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tests : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación : Pasaje Venus Cuadra N° 01, Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023



CAUCATA : : N° 02
 MUESTRA : M - 1
 PROFUNDIDAD : 0.30 m - 1.50 m

| COMPACTACIÓN | | | | | | |
|---------------------------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| N° Molde | A-4 | | A-5 | | A-6 | |
| N° Capas | 5 | | 5 | | 5 | |
| N° Golpes por capa | 56 | | 25 | | 12 | |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA | Sin Saturated | Saturated | Sin Saturated | Saturated | Sin Saturated | Saturated |
| Peso molde + Suelo húmedo | 5256 | 12531 | 12661 | 13580 | 11665 | 12068 |
| Peso de molde (g) | 7843 | 7843 | 8718 | 8738 | 7843 | 7843 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4447 | 4688 | 4223 | 4442 | 4025 | 4225 |
| Volumen del molde (cc) | 2323 | 2323 | 2325 | 2325 | 2322 | 2322 |
| Densidad húmeda (g/cc) | 2.996 | 2.209 | 1.987 | 2.090 | 1.968 | 1.985 |
| % de humedad | 21.49 | 22.29 | 21.32 | 22.65 | 21.73 | 23.50 |
| Densidad seca (g/cc) | 1.73 | 1.807 | 1.64 | 1.704 | 1.55 | 1.606 |

| HUMEDAD | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tarea N° | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Tarea + Suelo húmedo (gr.) | 76.79 | 76.8 | 85.25 | 85.25 | 83.97 | 84.8 | 84.94 | 84.94 | 66.71 | 66.7 | 84.78 | 84.8 |
| Tarea + Suelo seco (gr.) | 67.82 | 67.8 | 73.63 | 73.63 | 73.04 | 73.6 | 73.25 | 73.25 | 60.26 | 60.3 | 80.88 | 80.8 |
| Peso del Agua (gr.) | 9.8 | 9.8 | 11.6 | 11.6 | 10.9 | 10.9 | 11.7 | 11.7 | 6.5 | 6.5 | 13.9 | 13.9 |
| Peso del molde (gr.) | 21.50 | 21.50 | 21.49 | 21.49 | 21.70 | 21.70 | 21.84 | 21.84 | 21.58 | 21.58 | 21.74 | 21.74 |
| Peso del suelo seco (gr.) | 45.5 | 45.5 | 52.1 | 52.1 | 51.3 | 51.3 | 51.6 | 51.6 | 38.9 | 38.9 | 69.1 | 69.1 |
| % de humedad | 21.49 | 21.49 | 22.29 | 22.29 | 21.32 | 21.32 | 22.65 | 22.65 | 21.73 | 21.73 | 23.50 | 23.50 |
| Promedio de Humedad (%) | 21.49 | | 22.29 | | 21.32 | | 22.65 | | 21.73 | | 23.50 | |

| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------------|------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|-----------|------|
| FECHA | HORA | TIEMPO hr. | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | |
| | | | | Pulg | % | | Pulg | % | | Pulg | % |
| 03/18/2023 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 04/10/2023 | 14.3 | 24 | 8.22 | 0.036 | 0.15 | 0.004 | 0.004 | 8.12 | 0.003 | | |
| 05/10/2023 | 14.3 | 48 | 1.45 | 0.036 | 1.25 | 0.032 | 0.032 | 1.25 | 0.034 | | |
| 09/10/2023 | 14.3 | 72 | 1 | 0.125 | 5.39 | 0.134 | 0.134 | 6.31 | 0.158 | | |
| 07/10/2023 | 14.3 | 96 | 10 | 0.250 | 18.36 | 0.250 | 0.250 | 18.36 | 0.280 | | |
| | | | 4.57 | total | 5.47 | 4.57 | total | 5.67 | 4.57 | total | 5.60 |

| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------------|--------------|--------------|------------|-----|--------------|--------------|------------|------|--------------|--------------|------------|---|--|--|
| PENETRACIÓN | TIEMPO | CARGA STAND. | MOLDE N° A-4 | | | | MOLDE N° A-5 | | | | MOLDE N° A-6 | | | | | |
| | | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | | |
| | | | Lect. Dial | Libr / pulg2 | Lect. Dial | % | Lect. Dial | Libr / pulg2 | Lect. Dial | % | Lect. Dial | Libr / pulg2 | Lect. Dial | % | | |
| 0.000 | 0.000 | 0750 | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.040 | 0.005 | 0750 | 89 | 36 | | | | 60.1 | 26 | 50.1 | 21 | | | | | |
| 1.270 | 0.050 | 1500 | 105 | 41 | | | 67.3 | 28 | 58.9 | 24 | | | | | | |
| 1.910 | 0.075 | 2250 | | | | | 92.6 | 37 | 71.6 | 29 | | | | | | |
| 2.940 | 0.100 | 3000 | | | 54.1 | 5.4 | 115.8 | 47 | 95.6 | 39 | 38.5 | 3.9 | | | | |
| 3.810 | 0.150 | 3900 | | | | | 150.3 | 61 | 130.6 | 51 | | | | | | |
| 5.080 | 0.200 | 4900 | 1500 | 108.3 | 108.3 | 7.3 | 177.0 | 71 | 168.7 | 68 | 66.6 | 4.4 | | | | |
| 6.250 | 0.250 | 5900 | | | | | 230.5 | 93 | 224.2 | 78 | | | | | | |
| 7.620 | 0.300 | 6900 | | | 374.9 | 140 | 253.8 | 96 | 229.3 | 89 | | | | | | |
| 10.160 | 0.400 | 8900 | | | 488 | 196 | 299.7 | 117 | 267.3 | 104 | | | | | | |
| 12.700 | 0.500 | 10900 | | | 527.4 | 207 | | 322 | 125 | 295 | 115 | | | | | |

Técnico: Carlos Wilber Muñoz Abad
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sustentado
 Ubicación: Peseje Venus Guadalupe N° 01, Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 399.145 / ASTM D-3983

GRAFICO CARGA - PENETRACION

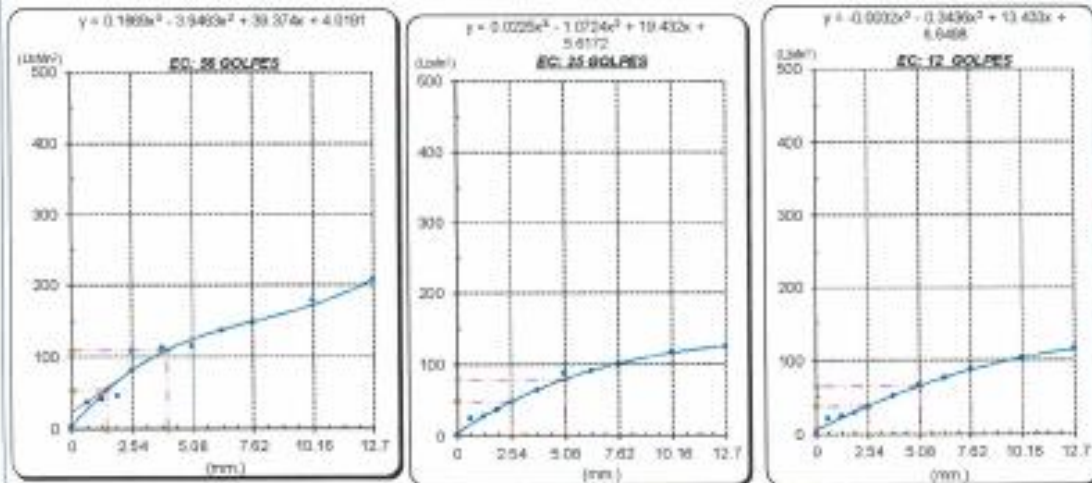


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

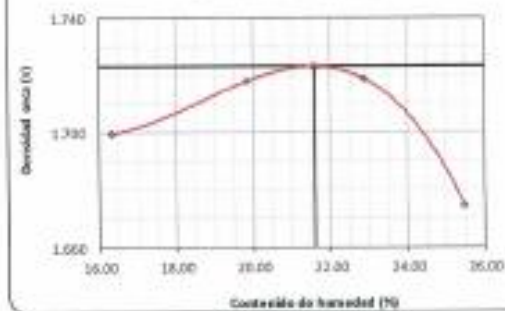
DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 1.723 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 95% | 1.637 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 21.60 % |

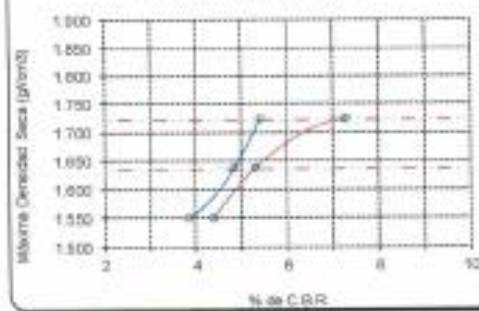
VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|-----------------------|----------|----------|
| | 2.54 cm. | 5.08 cm. |
| C.B.R. AL 100% M.D.S. | 5.4 % | 7.2 % |
| C.B.R. AL 95% M.D.S. | 4.8 % | 6.3 % |

GRAFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DEL C.B.R.




Henry
 Rodríguez Obispo
 Tec. Laboratorio
 USAT

Anexo 26. CBR convencional calicata 3 – muestra uno

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.045 / ASTM D-1883

Técnico : Carlos Wilder Muñoz Abad
 Especialidad : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación : Jiron Juan Thornés Cuadra N° 05, Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023



CALICATA : : N° 03
 MUESTRA : : N° 01
 PROFUNDIDAD : 0.20 m - 1.50 m

| COMPACTACIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------|-------------|--------------|------------|--------------|-------|--------------|------------|------------|-----------|--------------|------------|------------|---|
| N° Molde | A-7 | | A-8 | | A-9 | | | | | | | | | |
| N° Capas | 5 | | 5 | | 5 | | | | | | | | | |
| N° Golpes por capa | 56 | | 25 | | 12 | | | | | | | | | |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sin Saturado | | Saturado | | Sin Saturado | | | | | | | | | |
| Peso molde + Suelo húmedo | 12405 | 12992 | 12281 | 12483 | 11945 | 12188 | | | | | | | | |
| Peso de molde (g) | 7855 | 7855 | 7993 | 7993 | 7924 | 7828 | | | | | | | | |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4550 | 4737 | 4288 | 4490 | 4117 | 4360 | | | | | | | | |
| Volumen del molde (cc) | 3117 | 3117 | 3128 | 3119 | 3125 | 3125 | | | | | | | | |
| Densidad húmeda (g/cc) | 1.46 | 1.52 | 1.37 | 1.44 | 1.32 | 1.39 | | | | | | | | |
| % de humedad | 14.51 | 15.91 | 14.81 | 15.99 | 14.74 | 15.72 | | | | | | | | |
| Densidad seca (g/cc) | 1.28 | 1.33 | 1.19 | 1.26 | 1.18 | 1.19 | | | | | | | | |
| HUMEDAD | | | | | | | | | | | | | | |
| Tarro N° | | | | | | | | | | | | | | |
| Tarro + Suelo húmedo (gr) | 82.88 | 82.1 | 86.16 | 86.16 | 88.1 | 88.1 | | | | | | | | |
| Tarro + Suelo seco (gr) | 74.37 | 74.37 | 80.65 | 80.65 | 79.30 | 79.30 | | | | | | | | |
| Peso del Agua (gr) | 7.7 | 7.7 | 9.5 | 9.5 | 8.7 | 8.7 | | | | | | | | |
| Peso del tarro (gr) | 21.25 | 21.25 | 20.89 | 20.89 | 20.44 | 20.44 | | | | | | | | |
| Peso del suelo seco (gr) | 53.1 | 53.1 | 59.8 | 59.8 | 58.9 | 58.9 | | | | | | | | |
| % de humedad | 14.51 | 14.51 | 15.91 | 15.91 | 14.81 | 14.81 | | | | | | | | |
| Formeado de Humedad (%) | 14.514 | 14.51 | 15.91 | 15.91 | 14.81 | 14.81 | | | | | | | | |
| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA | HORA | TIEMPO H. | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | | | |
| | | | | µg | % | | µg | % | | µg | % | | | |
| 03/10/2023 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 04/10/2023 | 14.3 | 24 | 8.22 | 0.026 | 8.19 | 0.026 | 8.12 | 0.026 | | | | | | |
| 05/10/2023 | 14.3 | 48 | 1.89 | 0.026 | 1.25 | 0.021 | 1.28 | 0.024 | | | | | | |
| 06/10/2023 | 14.3 | 72 | 8 | 0.125 | 5.35 | 0.134 | 6.31 | 0.156 | | | | | | |
| 07/10/2023 | 14.3 | 96 | 10 | 0.250 | 18.35 | 0.259 | 18.38 | 0.260 | | | | | | |
| | | | -4.57 | 0.68 | 5.47 | 5.57 | 6.57 | 10.68 | 5.98 | | | | | |
| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
| PENETRACIÓN | TIEMPO | CARGA STAND | MOLDE N° A-7 | | | | MOLDE N° A-8 | | | | MOLDE N° A-9 | | | |
| | | | CARGA | CORRECCIÓN | | | CARGA | CORRECCIÓN | | | CARGA | CORRECCIÓN | | |
| mm | psig | Lbs/in² | Lect. Dial | Lbs/ pulg² | Lbs/ pulg² | % | Lect. Dial | Lbs/ pulg² | Lbs/ pulg² | % | Lect. Dial | Lbs/ pulg² | Lbs/ pulg² | % |
| 0.000 | 0.000 | 0.007 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.640 | 0.025 | 0.307 | 86 | 86 | 55.9 | 23 | 32.9 | 15 | | | | | | |
| 1.279 | 0.050 | 0.614 | 162 | 162 | 71.4 | 26 | 55.7 | 23 | | | | | | |
| 1.918 | 0.075 | 0.921 | 238 | 238 | 95.1 | 28 | 77.6 | 31 | | | | | | |
| 2.557 | 0.150 | 1.842 | 345.5 | 345.5 | 153.7 | 5.9 | 108.2 | 43 | 46.1 | 4.0 | | | | |
| 3.196 | 0.150 | 3.070 | 360 | 360 | 231.8 | 6.9 | 166.5 | 61 | | | | | | |
| 5.039 | 0.200 | 4.087 | 370 | 370 | 240.4 | 9.1 | 200.4 | 67 | 72.3 | 4.8 | | | | |
| 6.350 | 0.250 | 5.007 | 400 | 400 | 305.1 | 10.7 | 250.2 | 70 | | | | | | |
| 7.520 | 0.300 | 6.007 | 429.5 | 429.5 | 349.3 | 12.9 | 282.7 | 100 | | | | | | |
| 10.160 | 0.400 | 8.007 | 485.5 | 485.5 | 391.7 | 15.0 | 325.0 | 130 | | | | | | |
| 12.700 | 0.500 | 10.007 | 566.5 | 566.5 | 453.2 | 18.0 | 388 | 151 | | | | | | |

TÉCNICO DE LABORATORIO

Tesis: Carlos Wilder Muñoz Abad
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con almeado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación: Jiron Juan Thomas Cuadra N° 05, Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.345 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

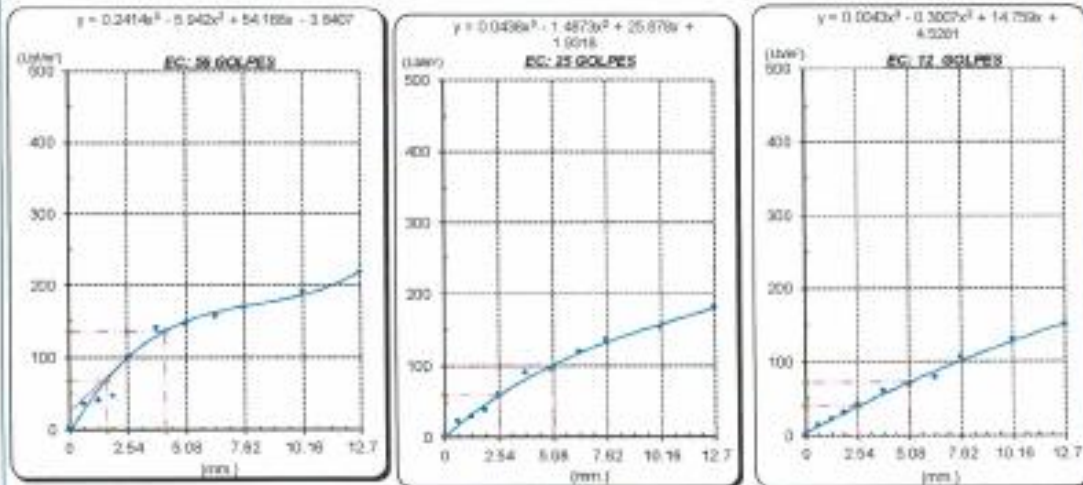


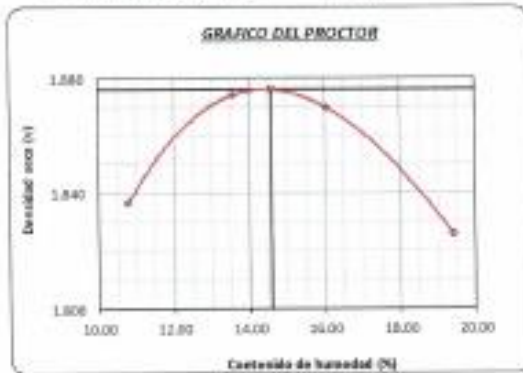
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

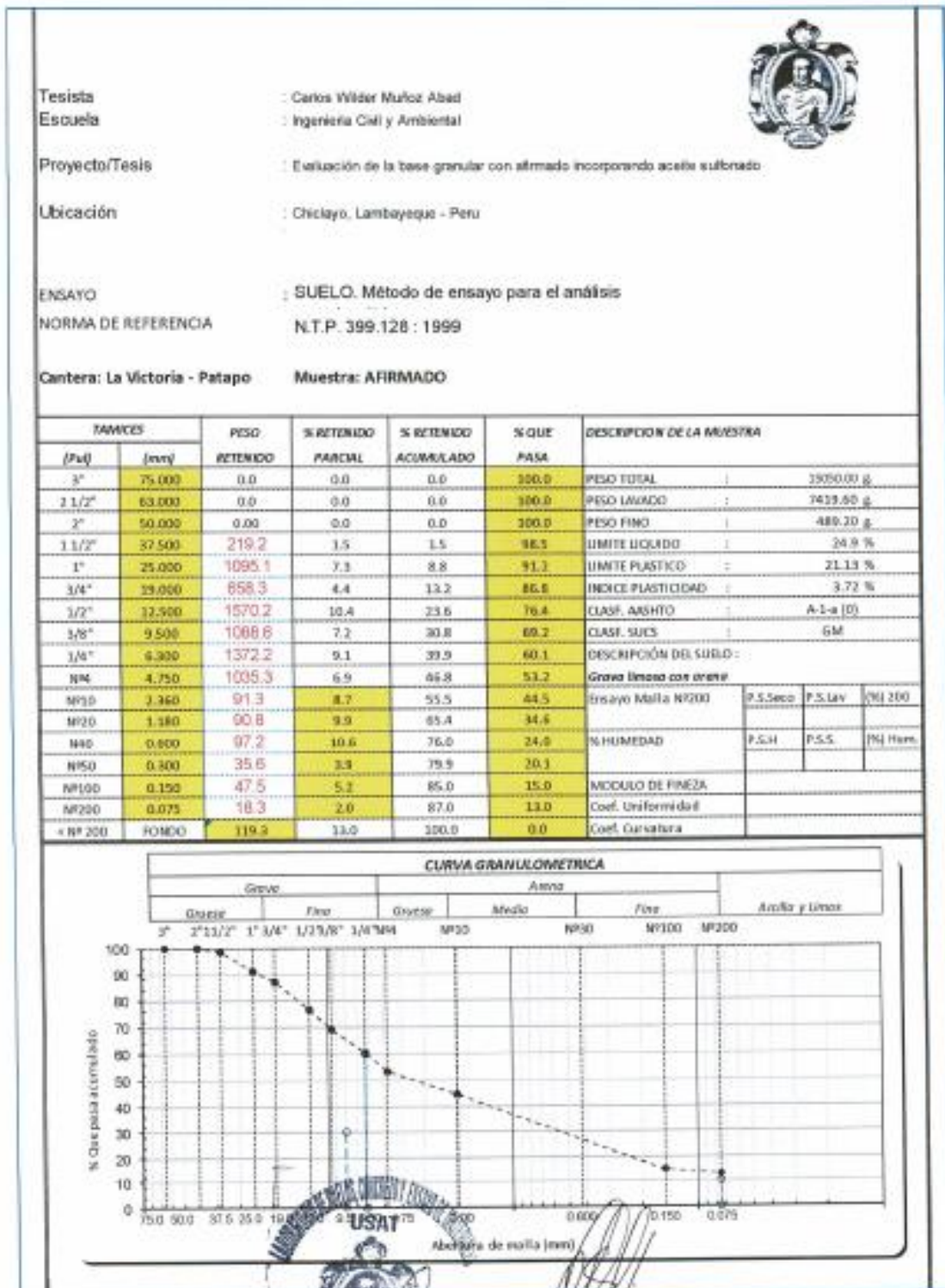
| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 1.675 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 98% | 1.782 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 14.03 % |

VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|-----------------------|----------|----------|
| | 2.54 cm. | 5.08 cm. |
| C.B.R. AL 100% M.D.S. | 0.9 % | 9.1 % |
| C.B.R. AL 95% M.D.S. | 0.5 % | 8.7 % |



Anexo 27. Granulometría y contenido de humedad - afirmado



Anexo 28. Límites de Atterberg - afirmado

Tesista : Carlos Wilder Muñoz Abad
 Escuela : Ingeniería Civil y Ambiental
 Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque - Peru

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

Cantera: La Victoria - Patapo Muestra: AFIRMADO

| Datos de ensayo. | Límite líquido | | | Límite Plástico | |
|-----------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
| | L-11 | L-12 | L-15 | T-7 | |
| N° de tarro | | | | | |
| N° de golpes | 35 | 25 | 15 | | |
| Tarro + suelo húmedo | 40.30 | 45.60 | 46.10 | 14.10 | 14.10 |
| Tarro + suelo seco | 36.78 | 40.35 | 40.60 | 13.28 | 13.28 |
| Agua | 3.52 | 5.25 | 5.5 | 0.82 | 0.82 |
| Peso del tarro | 21.45 | 19.40 | 20.60 | 9.40 | 9.40 |
| Peso del suelo seco | 15.33 | 20.95 | 20 | 3.88 | 3.88 |
| Porcentaje de humedad | 22.96 | 25.06 | 27.50 | 21.13 | 21.13 |

| CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA | |
|-----------------------------------|-------|
| Límite Líquido | 24.85 |
| Límite Plástico | 21.13 |
| Índice de Plasticidad | 3.72 |

CURVA DE FLUIDEZ $y = -0.2596(x) + 41.701$

(N) HUMEDAD
 Nº DE GÓLPEs


Anexo 29. Contenido de sales - afirmado

| | | | | |
|--|---|---|------------------|-------|
| ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos | | | | |
| NORMA : NTP 339.152 / USBR E - 8 | | | | |
| Cantera : La Victoria, Pátapo | Muestra usada | g | 100 | 100 |
| Muestra : Afirmado | Agua destilada usada | ml | 500 | 500 |
| 01 | Relación de la mezcla suelo - agua destilada | | 5.00 | 5.00 |
| 02 | Número de beaker | | 1 | 2 |
| 03 | Peso de beaker | g | 48.90 | 52.80 |
| 04 | Peso de beaker + residuo de sales | g | 48.95 | 52.89 |
| 05 | Peso de residuo de sales | (4)-(3) g | 0.05 | 0.09 |
| 06 | Volumen de la solución tomada | ml | 100 | 100 |
| 07 | Constituyentes de sales solubles totales | $[(5) \times (1000000)] / (6) \times (1)$ ppm | 500 | 900 |
| 08 | Constituyentes de sales solubles totales en peso seco | (7) / 10000 (%) | 0.05 | 0.09 |
| | | | PROMEDIO (ppm) = | 700 |
| | | | PROMEDIO (%) = | 0.07 |



[Handwritten Signature]
 Ing. *[Handwritten Name]*
 Gerente
 Tec. Laboratorio
 USAT

Anexo 30. Informe general - afirmado




Tesista : Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfurado
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque - Perú
Fecha de emisión : Chiclayo, Octubre del 2023

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del
NORMA DE REFERENCIA : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 : N.T.P. 399.126 - 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 399.127 - 1998

Cantera: La Victoria - Patapo **Muestra: AFIRMADO**


| N° Tamiz | Abertura (mm) | % Acumulados | |
|----------|---------------|--------------|----------|
| | | Retenido | Que pasa |
| 3" | 75.000 | 0.0 | 100.0 |
| 2" | 50.000 | 0.0 | 100.0 |
| 1 1/2" | 37.500 | 1.5 | 98.5 |
| 1" | 25.000 | 8.8 | 91.2 |
| 3/4" | 19.000 | 13.2 | 86.8 |
| 1/2" | 12.500 | 23.8 | 76.4 |
| 3/8" | 9.500 | 30.8 | 69.2 |
| 1/4" | 6.300 | 39.9 | 60.1 |
| N° 4 | 4.750 | 46.8 | 53.2 |
| N° 10 | 2.000 | 55.5 | 44.5 |
| N° 20 | 0.850 | 65.4 | 34.6 |
| N° 50 | 0.300 | 79.9 | 20.1 |
| N° 100 | 0.150 | 85.0 | 15.0 |
| N° 200 | 0.075 | 87.0 | 13.0 |



| % Grava | G.G. % | | 46.8 |
|------------------|--------|------|--------------|
| | G. F % | 33.6 | |
| % Arena | A.G % | 8.7 | 40.2 |
| | A.M % | 20.4 | |
| % Arcilla y Limo | | 13.0 | 13.0 |
| Total | | | 100.0 |

| | |
|--------------------------|------------------------|
| Límite líquido (L.L) | 24.85 (%) |
| Límite Plástico (L.P) | 21.13 (%) |
| Índice Plástico (I.P) | 3.72 (%) |
| Clasificación (S.U.C.S.) | GM |
| Descripción del suelo | Grava limosa con arena |
| Clasificación (AASHTO) | A-1-a (X) |
| Descripción | |

| | | |
|--|-----|--------------|
| | 2.2 | BUENO |
|--|-----|--------------|






Determinar el contenido de humedad de un suelo

Humedad: 2.21


contenido de sales solubles en suelos y aguas subterráneas.

Sales: 0.07

Anexo 31. Proctor modificado - afirmado

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m² (50000 pie-lb/pie²))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557



Teste: : Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela: : Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/tesis: : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
Ubicación: : Chiclayo, Lambayeque - Peru
Fecha de emisión: : Chiclayo, Noviembre del 2023

CANTERA: : LA VICTORIA - PATAPO
MUESTRA: : AFRMADO

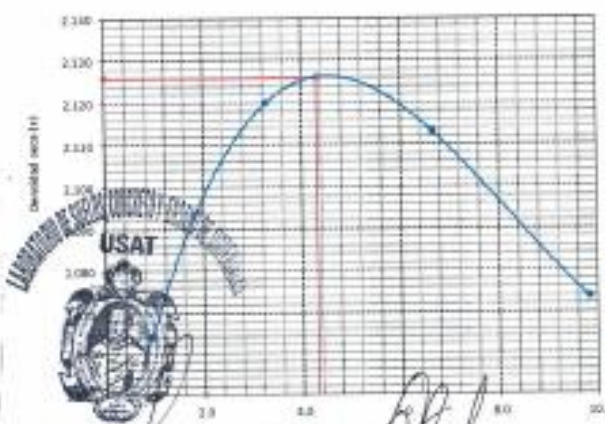
| Número de ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|
| Peso del suelo + molde | g | 10855.4 | 11082.2 | 11230.1 | 11280.4 |
| Peso del molde | g | 6438 | 6438 | 6438 | 6438 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g | 4427.4 | 4654.2 | 4792.1 | 4842.4 |
| Volumen del molde | cm ³ | 2126 | 2126 | 2126 | 2126 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ | 2.083 | 2.189 | 2.254 | 2.278 |


CONTENIDO DE HUMEDAD

| Nº recipiente | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g | 440.18 | 461.60 | 494.00 | 507.19 |
| Peso del suelo seco + tara | g | 436.96 | 449.00 | 467.10 | 487.40 |
| Peso de tara | g | 84.80 | 63.10 | 63.80 | 63.80 |
| Peso de agua | g | 3.2 | 12.6 | 26.9 | 20.7 |
| Peso de suelo seco | g | 352.1 | 385.9 | 403.3 | 403.6 |
| Contenido de agua | % | 0.9 | 3.3 | 6.7 | 9.8 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ | 2.064 | 2.120 | 2.113 | 2.074 |

| | | |
|------------------------------------|-------|-------------------|
| DENSIDAD MAXIMA SECA | 2.126 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 4.32 | % |

GRAFICO DEL PROCTOR





USAT
 Laboratorio de Suelos y Pavimentos


TECNICO DE LABORATORIO
 Henry
 Wladimir Oblinas
 Tec. Laboratorio USAT



Anexo 32. CBR - afirmado

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
M.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Ing. Civil : Carlos Wilber Muñoz Abad
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023



CANTERA: LA VICTORIA - PATAPO
MUESTRA: AFIRMADO

| COMPACTACIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---|
| EP Molde | A-1 | | A-2 | | A-3 | | | | | | | | | |
| EP Capa | 5 | | 5 | | 5 | | | | | | | | | |
| EP Golpes por capa | 56 | | 25 | | 12 | | | | | | | | | |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA | | | | | | | | | | | | | | |
| Condición | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | | | | | | | | |
| Peso molde + Suelo húmedo | 13325 | 13642 | 13294 | 13490 | 12671 | 12843 | | | | | | | | |
| Peso de molde (g) | 4033 | 4021 | 4064 | 4004 | 4043 | 4053 | | | | | | | | |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4704 | 4921 | 4460 | 4686 | 4218 | 4380 | | | | | | | | |
| Volumen del molde (cc) | 2110 | 2120 | 2112 | 2112 | 2119 | 2119 | | | | | | | | |
| Densidad húmeda (g/cc) | 2.230 | 2.321 | 2.107 | 2.219 | 1.996 | 2.071 | | | | | | | | |
| % de humedad | 4.35 | 5.39 | 4.31 | 5.49 | 4.34 | 5.35 | | | | | | | | |
| Densidad seca (g/cc) | 2.13 | 2.200 | 2.02 | 2.103 | 1.91 | 1.972 | | | | | | | | |
| HUMEDAD | | | | | | | | | | | | | | |
| Tarro N° | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | |
| Tarro + Suelo húmedo (g.) | 300.4 | 300.4 | 295.6 | 295.6 | 305.7 | 305.7 | | | | | | | | |
| Tarro + Suelo seco (g.) | 290.5 | 290.5 | 284 | 284 | 295.7 | 295.7 | | | | | | | | |
| Peso del Agua (g.) | 9.9 | 9.9 | 11.6 | 11.6 | 10.0 | 10.0 | | | | | | | | |
| Peso del tarro (g.) | 63.1 | 63.1 | 68.9 | 68.9 | 63.7 | 63.7 | | | | | | | | |
| Peso del suelo seco (g.) | 227.4 | 227.4 | 215.1 | 215.1 | 232.0 | 232.0 | | | | | | | | |
| % de humedad | 4.35 | 4.35 | 5.39 | 5.39 | 4.31 | 4.31 | | | | | | | | |
| Procentaje de Humedad (%) | 4.354 | 5.39 | 4.31 | 5.49 | 4.34 | 5.35 | | | | | | | | |
| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | | | |
| | | | | Pulg. | % | | Pulg. | % | | Pulg. | % | | | |
| 23/10/2023 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 24/10/2023 | 14.3 | 24 | 0.12 | 0.003 | | 0.15 | 0.004 | | 0.32 | 0.009 | | | | |
| 25/10/2023 | 14.3 | 48 | 1.25 | 0.031 | | 1.8 | 0.046 | | 1.35 | 0.034 | | | | |
| 26/10/2023 | 14.3 | 72 | 3.5 | 0.088 | | 3.4 | 0.089 | | 3.5 | 0.088 | | | | |
| 27/10/2023 | 14.3 | 96 | 4.1 | 0.105 | | 4.2 | 0.105 | | 4.2 | 0.106 | | | | |
| | | | 4.57 | 0.094 | 2.24 | 4.57 | 0.110 | 2.30 | 4.57 | 0.108 | 2.35 | | | |
| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
| PENETRACIÓN | TIEMPO | CARGA STAND | MOLDE N° A-1 | | | | MOLDE N° A-2 | | | | MOLDE N° A-3 | | | |
| | | | CARGA | CORRECCIÓN | | | CARGA | CORRECCIÓN | | | CARGA | CORRECCIÓN | | |
| mm. | psig. | LIBRAS | Libra/ pulg2 | Libra/ pulg2 | % | Libra/ pulg2 | Libra/ pulg2 | % | Libra/ pulg2 | Libra/ pulg2 | % | Libra/ pulg2 | Libra/ pulg2 | % |
| 0.000 | 0.000 | 0700 | 0 | 2 | | 0 | 2 | | 0 | 2 | | 0 | 2 | |
| 0.040 | 0.025 | 0730 | 51 | | | 98.7 | 39 | | 99 | 21 | | 99 | 21 | |
| 1.270 | 0.050 | 1130 | 140 | | | 179.4 | 67 | | 179 | 44 | | 179 | 44 | |
| 1.940 | 0.075 | 1730 | 200 | | | 258.7 | 97 | | 258 | 74 | | 258 | 74 | |
| 2.540 | 0.100 | 2000 | 300 | 710.9 | 71.1 | 350.0 | 132 | 40.70 | 350 | 103 | 420 | 295.5 | 29.5 | |
| 3.910 | 0.190 | 3000 | 400 | 1100 | 110 | 478.9 | 178 | 45.70 | 479 | 140 | 500 | 360 | 36 | |
| 5.080 | 0.300 | 4000 | 1500 | 1538.2 | 102.5 | 600.0 | 220 | 50.70 | 600 | 180 | 700 | 500 | 50 | |
| 6.390 | 0.350 | 5000 | 2000 | 1640 | 102 | 678.9 | 240 | 50.70 | 679 | 190 | 800 | 580 | 58 | |
| 7.620 | 0.300 | 6000 | 2500 | 2210 | 102 | 758.9 | 260 | 50.70 | 759 | 200 | 900 | 630 | 63 | |
| 10.160 | 0.400 | 8000 | 3500 | 3170 | 102 | 1078.9 | 360 | 50.70 | 1079 | 270 | 1100 | 780 | 78 | |
| 12.700 | 0.500 | 10000 | 5113 | 3760 | 102 | 1460 | 410 | 50.70 | 1460 | 370 | 1300 | 930 | 93 | |

Técnico : Carlos Weber Muñoz Abad
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con aferrado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2022

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

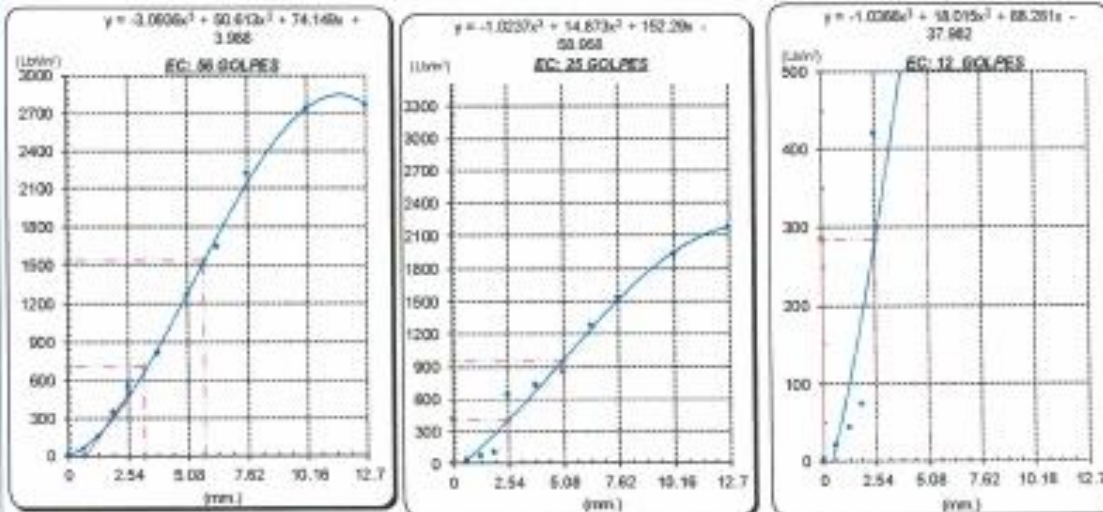


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

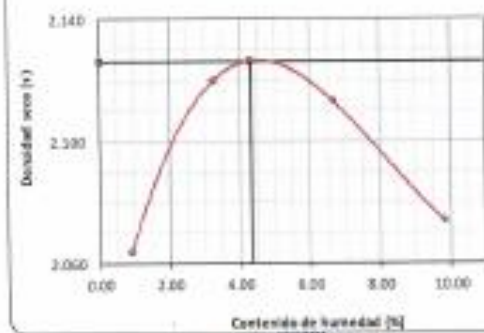
DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|--------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 2.126 g./cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 95% | 2.020 g./cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 4.32 % |

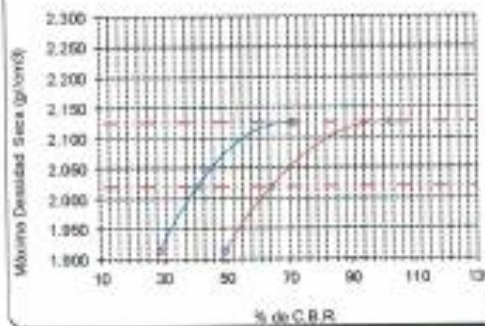
VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|------------------------|----------|----------|
| | 2.54 cm. | 5.08 cm. |
| C.B.R. AL 100 % M.O.S. | 71.0 % | 102 % |
| C.B.R. AL 95 % M.O.S. | 40.7 % | 64 % |

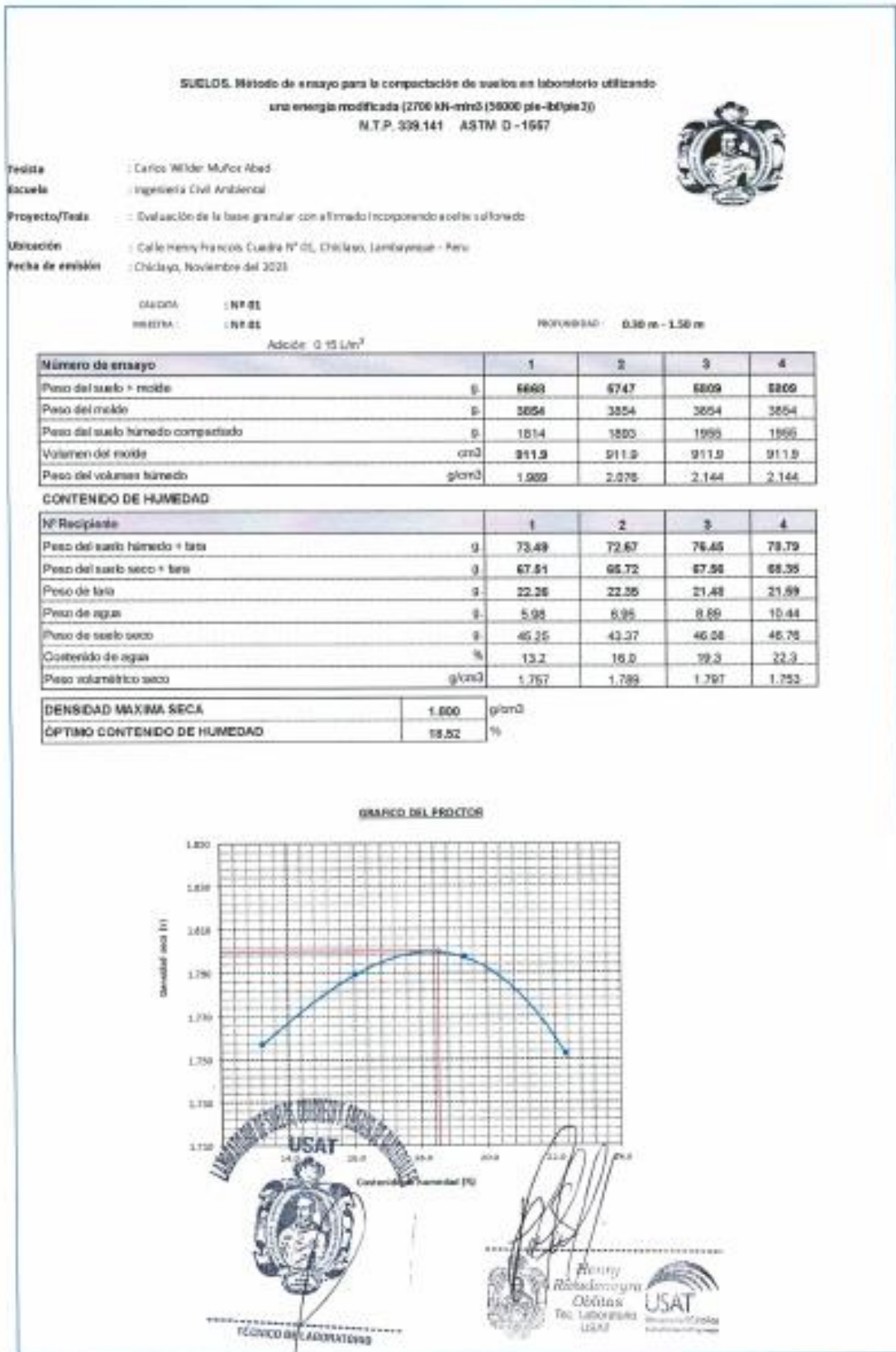
GRAFICO DEL PROCTOR



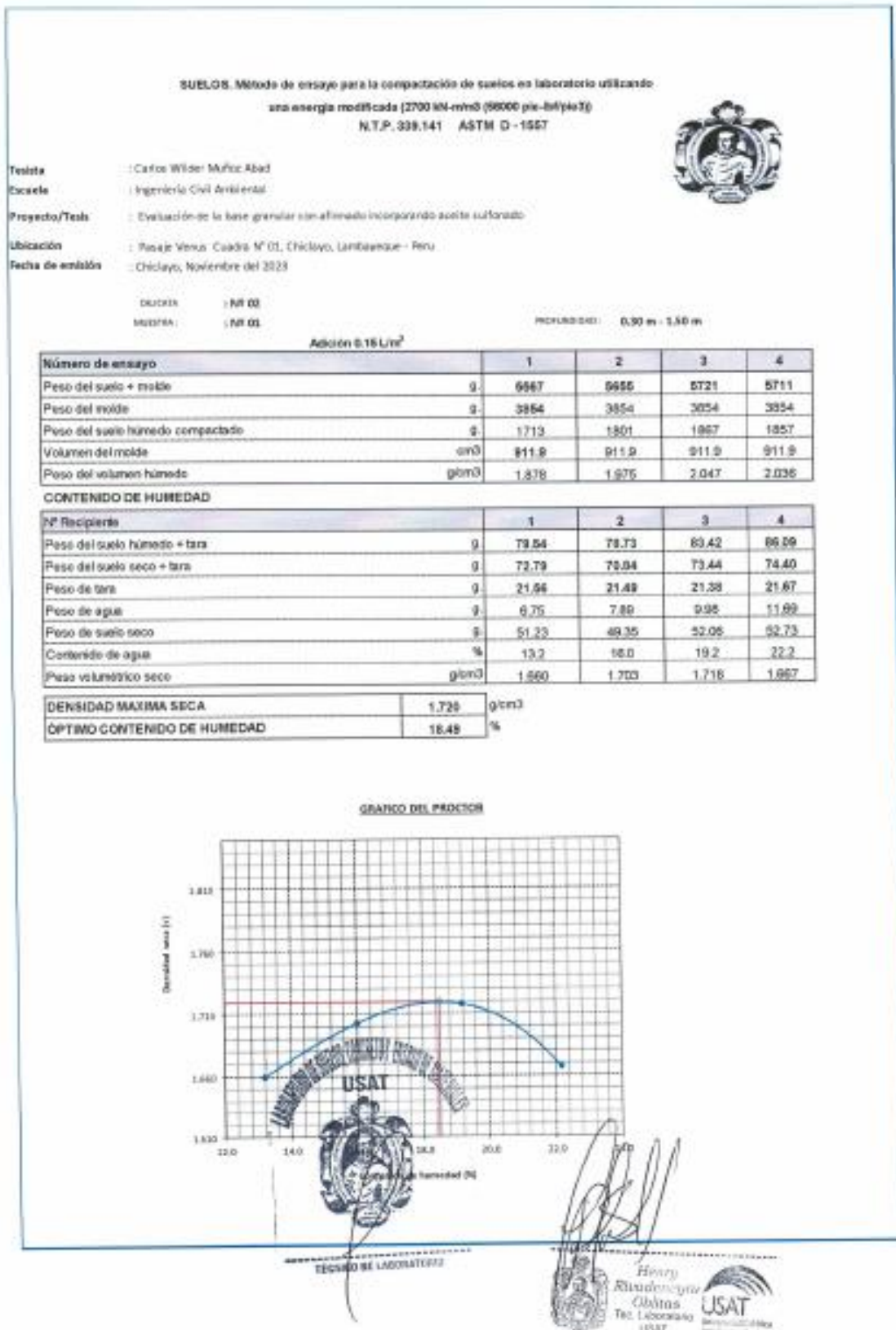
DETERMINACION DEL C.B.R.



Anexo 33. Proctor modificado experimental calicata 1 – muestra 1 (1^{era} adición - SR)



Anexo 34. Proctor modificado experimental calicata 2 – muestra 1 (1^{era} adición - SR)



Anexo 35. Proctor modificado experimental calicata 3 – muestra 1 (1^{era} adición - SR)

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (58000 pie-lbf/ft³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Testista : Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Teles : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite salfonado
Ubicación : Sion Juan Thomá Cuadro N°05, Chiclayo, Lambayeque - Peru
Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023

CAJONERA : N° 03
MUESTRA : N° 01
HONORARIO : 0.30 us - 1.50 us
Adición 0.15 L/m³

| Número de ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g | 5772 | 5863 | 5816 | 5816 |
| Peso del molde | g | 3854 | 3854 | 3854 | 3854 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g | 1918 | 2009 | 2062 | 2081 |
| Volumen del molde | cm ³ | 911.9 | 911.9 | 911.9 | 911.9 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ | 2.103 | 2.203 | 2.261 | 2.290 |

CONTENIDO DE HUMEDAD

| N° Recipiente | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g | 68.76 | 68.95 | 72.33 | 74.34 |
| Peso del suelo seco + tara | g | 63.41 | 61.8 | 64.13 | 64.71 |
| Peso de tara | g | 19.63 | 19.67 | 19.66 | 19.38 |
| Peso de agua | g | 5.35 | 6.28 | 8.2 | 9.63 |
| Peso de suelo seco | g | 43.78 | 41.83 | 44.58 | 45.33 |
| Contenido de agua | % | 12.2 | 15.0 | 18.4 | 21.2 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ | 1.874 | 1.916 | 1.910 | 1.884 |

| | | |
|------------------------------------|-------|-------------------|
| DENSIDAD MAXIMA SECA | 1.920 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 16.56 | % |


GRABO DEL PROCTOR

Henry Rosalva
 Cálculo
 Tec. Laboratorio
 USAT

TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 36. Proctor modificado experimental calicata 1 – muestra 1 (2^{da} adición - SR)

SUELOS, Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (98000 pie-lb/ft³))
N.T.P. 325.141 ASTM D - 1557



Titular: Carlos Wilber Muñoz Abad
Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Teoría: Evaluación de la base granular con alfilerado incorporando asfalto sulfonado
Ubicación: Calle Henry Francisco Cuadra N°05, Chiclayo, Lambayeque - Perú
Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

CELESTA: NF 03
PROFUNDIDAD: NF 03
PROFUNDIDAD: 0.30 m - 1.50 m
Adición 0.25 L/m³

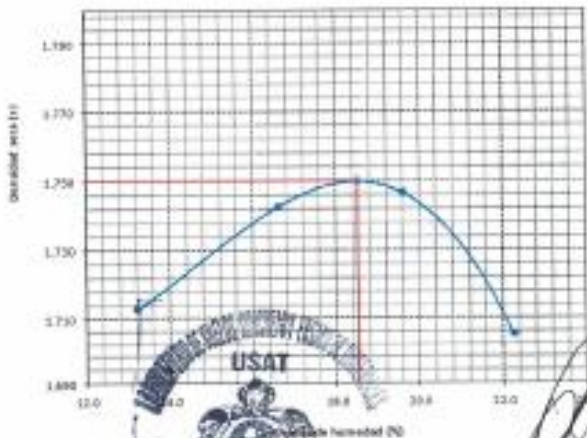
| Número de ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g | 9622 | 9707 | 9799 | 9756 |
| Peso del molde | g | 3954 | 3954 | 3954 | 3954 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g | 1768 | 1853 | 1905 | 1801 |
| Volumen del molde | cm ³ | 911.9 | 911.9 | 911.9 | 911.9 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ | 1.939 | 2.032 | 2.089 | 2.085 |


CONTENIDO DE HUMEDAD

| N° Recipiente | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g | 66.66 | 66.68 | 70.33 | 73.06 |
| Peso del suelo seco + tara | g | 61.14 | 69.41 | 62.14 | 63.67 |
| Peso de tara | g | 29.11 | 29.46 | 20.36 | 29.96 |
| Peso de agua | g | 5.42 | 6.47 | 8.19 | 9.49 |
| Peso de suelo seco | g | 41.03 | 38.95 | 41.78 | 42.61 |
| Contenido de agua | % | 13.2 | 16.6 | 19.6 | 22.2 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ | 1.713 | 1.743 | 1.747 | 1.725 |


| | | |
|------------------------------------|--------------|-------------------|
| DENSIDAD MAXIMA SECA | 1.760 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 13.62 | % |

GRAFICO DEL PROCTOR






RECTOR DE LABORATORIO




Henry Woodson Córdova
 Ing. Laboratorio USAT



USAT
 UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALAS

Anexo 37. Proctor modificado experimental calicata 2 – muestra 1 (2^{da} adición - SR)

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN·m/m³ (84000 pie·libra/ft³))
N.L.P. 339.141 ASTM D - 1557



Tedista : Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Tests : Evaluación de la base granular con el fin de incorporar aceite sulforado
Ubicación : Pasaje Venus Cuadra N° 01; Chiclayo, Lambayeque - Peru
Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023

USAT : NF 02
MUESTRA : NF 01 **PROFUNDIDAD** : 0.30 m - 1.30 m

Adición 0.25 Litro³

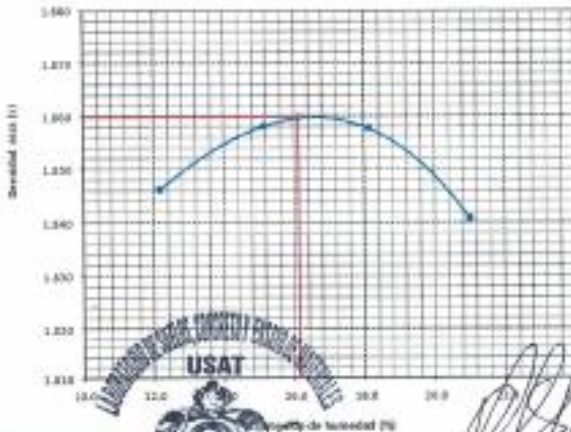
| Número de ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g | 5742 | 5926 | 6056 | 6086 |
| Peso del molde | g | 3854 | 3854 | 3854 | 3854 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g | 1888 | 1951 | 2001 | 2001 |
| Volumen del molde | cm ³ | 911.9 | 911.9 | 911.9 | 911.9 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ | 2.070 | 2.139 | 2.194 | 2.227 |


CONTENIDO DE HUMEDAD

| N° Recipiente | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g | 76.81 | 76.92 | 81.06 | 83.16 |
| Peso del suelo seco + tara | g | 70.67 | 69.66 | 71.76 | 72.22 |
| Peso de tara | g | 29.14 | 29.96 | 29.87 | 29.11 |
| Peso de agua | g | 6.14 | 7.36 | 9.31 | 10.94 |
| Peso de suelo seco | g | 50.53 | 48.6 | 51.38 | 52.11 |
| Contenido de agua | % | 12.2 | 15.1 | 18.1 | 21.0 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ | 1.849 | 1.858 | 1.858 | 1.841 |



| | | |
|------------------------------------|--------------|-------------------|
| DENSIDAD MAXIMA SECA | 1.980 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 16.13 | % |

GRÁFICO DEL PROCTOR






TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 38. Proctor modificado experimental calicata 3 – muestra 1 (2^{da} adición - SR)

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-metro (50000 pie-libra-ft))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557



Tecnia: : Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela: : Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Tests: : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando asfalto sul fonado
Ubicación: : Iron Juan Thomas Cuadra N° 05, Chiclayo, Lambayeque - Peru
Fecha de emisión: : Chiclayo, Noviembre del 2023

MOLE: : Nº 09 **MOLEADO:** : 0.30 m x 1.00 m
MUESTRA: : Nº 01 **Adición 0.25 L/m³**

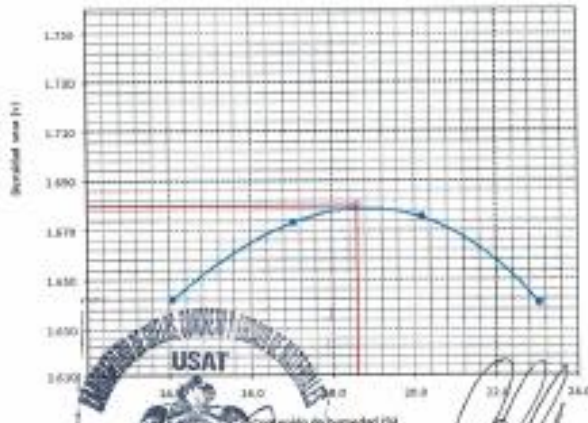
| Número de ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g | 5562 | 5540 | 5530 | 5555 |
| Peso del molde | g | 3254 | 3254 | 3254 | 3254 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g | 1708 | 1786 | 1336 | 1641 |
| Volumen del molde | cm ³ | 911.9 | 911.9 | 911.9 | 911.9 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ | 1.873 | 1.958 | 2.013 | 2.019 |


CONTENIDO DE HUMEDAD

| Nº Recipiente | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g | 70.25 | 69.46 | 74.29 | 74.64 |
| Peso del suelo seco + tara | g | 64.08 | 62.3 | 65.27 | 66.07 |
| Peso de tara | g | 29.23 | 29.37 | 29.69 | 29.64 |
| Peso de agua | g | 6.17 | 7.15 | 9.02 | 10.47 |
| Peso de suelo seco | g | 43.85 | 41.93 | 44.85 | 45.43 |
| Contenido de agua | % | 14.1 | 17.1 | 20.2 | 23.0 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ | 1.642 | 1.673 | 1.675 | 1.641 |


| | | |
|------------------------------------|--------------|-------------------|
| DENSIDAD MAXIMA SECA | 1.880 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 18.63 | % |

GRAFICO DEL PROCTOR



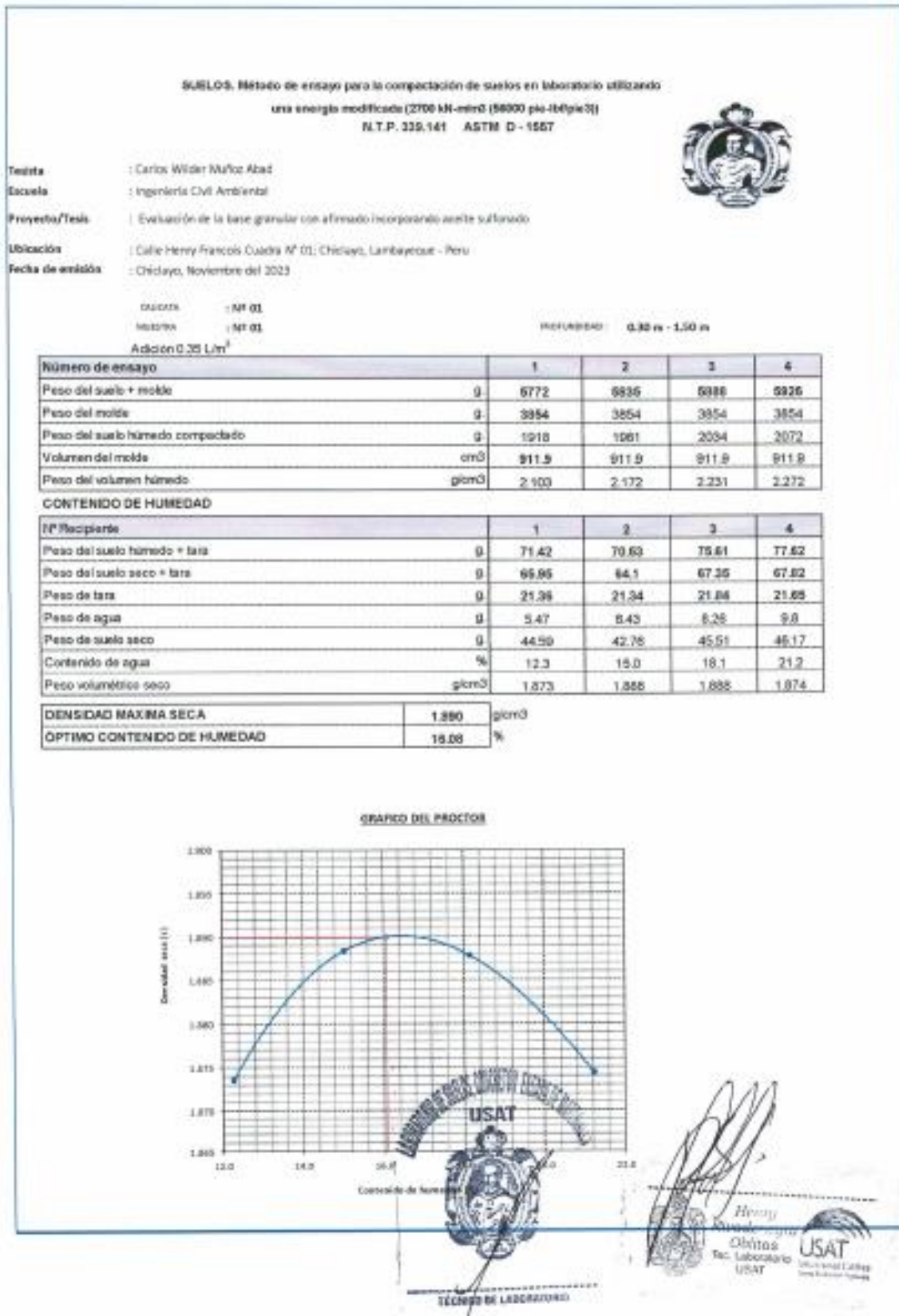


USAT
UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO



Henry Mendozaga Córdova
Henry Mendozaga Córdova
 Tec. Laboralista
 USAT

Anexo 39. Proctor modificado experimental calicata 1 – muestra 1 (3^{era} adición - SR)



Anexo 40. Proctor modificado experimental calicata 2 – muestra 1 (3^{era} adición - SR)

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m² (50000 pie-lbf/ps²))
N.T.P. 338.141 ASTM D - 1557

Técnico: Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Trabaja: Evaluación de la base granular con el método incorporando aceite sulfonado
Ubicación: Pasaje Venus Cuadra N° 05, Chiclayo, Lambayeque - Peru
Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

QUOTA: : Nº 02
MUESTRA: : Nº 01
PROFUNDIDAD: 0.90 m - 1.50 m
Adición 0.35 Litro

| Número de ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g | 6751 | 6918 | 6973 | 6992 |
| Peso del molde | g | 3854 | 3854 | 3854 | 3854 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g | 1897 | 1964 | 2019 | 2048 |
| Volumen del molde | cm ³ | 911.9 | 911.9 | 911.9 | 911.9 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ | 2.080 | 2.154 | 2.214 | 2.246 |

CONTENIDO DE HUMEDAD

| Nº Recipiente | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g | 70.42 | 69.79 | 73.62 | 75.72 |
| Peso del suelo seco + tara | g | 65.72 | 64 | 65.5 | 66.75 |
| Peso de tara | g | 21.23 | 21.49 | 20.16 | 20.68 |
| Peso de agua | g | 4.7 | 5.79 | 7.52 | 8.67 |
| Peso de suelo seco | g | 44.49 | 42.52 | 45.34 | 46.07 |
| Contenido de agua | % | 10.6 | 13.6 | 16.6 | 19.5 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ | 1.882 | 1.896 | 1.899 | 1.880 |

| | | |
|------------------------------------|--------------|-------------------|
| DENSIDAD MAXIMA SECA | 1.900 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 15.87 | % |


GRÁFICO DEL PROCTOR

Henry Rivas
 Ingeniero Civil
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 Universidad San Agustín de Arequipa

Anexo 41. Proctor modificado experimental calicata 3 – muestra 1 (3^{era} adición - SR)

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m² (50000 pie-lbf/ft²))
N.T.P. 308.141 ASTM D - 1557



Técnico : Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con afilado incorporando aceite sulfonado
Ubicación : Jiron Juan Torres Cuadro N° 05, Chiclayo, Lambayeque - Peru
Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023

CUICKTA : N° 03
MUESTRA : N° 03
PROFUNDIDAD : 0,30 m - 1,50 m
Adición 0,35 Litro³

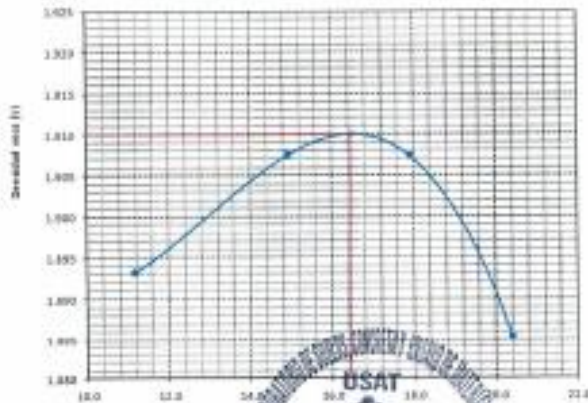
| Número de ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g | 5773 | 5853 | 5905 | 5924 |
| Peso del molde | g | 3854 | 3854 | 3854 | 3854 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g | 1919 | 1999 | 2051 | 2070 |
| Volumen del molde | cm ³ | 911,9 | 911,9 | 911,9 | 911,9 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ | 2,104 | 2,192 | 2,249 | 2,270 |


CONTENIDO DE HUMEDAD


| N° Recipiente | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g | 54,16 | 53,03 | 47,84 | 49,37 |
| Peso del suelo seco + tara | g | 50,89 | 47,38 | 46,56 | 46,89 |
| Peso de tara | g | 19,63 | 19,62 | 19,97 | 19,33 |
| Peso de agua | g | 4,47 | 5,65 | 7,29 | 8,48 |
| Peso de suelo seco | g | 40,06 | 37,88 | 40,68 | 41,56 |
| Contenido de agua | % | 11,2 | 14,9 | 17,9 | 20,6 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ | 1,893 | 1,807 | 1,807 | 1,885 |


| | | |
|------------------------------------|--------------|-------------------|
| DENSIDAD MAXIMA SECA | 1,910 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 15,46 | % |

GRANCO DEL PROCTOR










USAT
UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALAS
TECNICO DE LABORATORIO


Henry
Rivadeneira
Obitos
TEC. LABORATORIO
USAT



TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 42. Proctor modificado experimental calicata 1 – muestra 1 (4^{ta} adición - SR)

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-metro (88000 pie-libras))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557



Tecnista: : Carlos Wilder Muñoz Alvar
Escuela: : Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Trab: : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando acrílico sulfonado
Ubicación: : Calle Henry Francisco Cuadra N° 25, Chiclayo, Lambayeque - Peru
Fecha de emisión: : Chiclayo, Noviembre del 2023

CLICATA: : NF 05
MUESTRA: : NF 05
PROFUNDIDAD: : 0.30 m - 1.50 m
Añadido: 0.45 Litro³

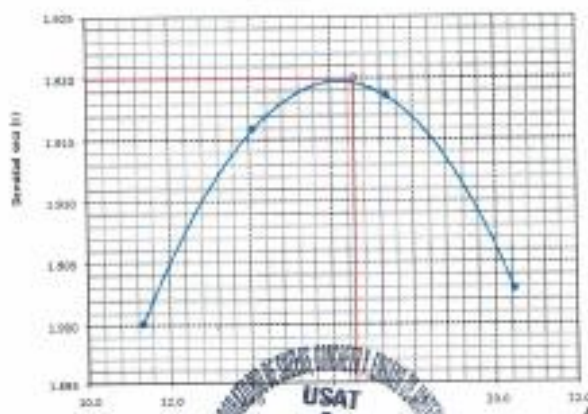
| Número de ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g | 5793 | 6847 | 5907 | 5944 |
| Peso del molde | g | 3854 | 3854 | 3854 | 3854 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g | 1929 | 1993 | 2053 | 2090 |
| Volumen del molde | cm ³ | 911.9 | 911.9 | 911.9 | 911.9 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ | 2.115 | 2.186 | 2.251 | 2.292 |

CONTENIDO DE HUMEDAD

| N° Recipiente | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g | 68.76 | 68.09 | 72.35 | 74.34 |
| Peso del suelo seco + tara | g | 63.76 | 62.14 | 64.63 | 65.01 |
| Peso de tara | g | 19.63 | 19.87 | 19.56 | 19.39 |
| Peso de agua | g | 5 | 5.95 | 7.8 | 9.33 |
| Peso de suelo seco | g | 44.13 | 42.27 | 44.98 | 45.63 |
| Contenido de agua | % | 11.3 | 14.1 | 17.34 | 20.4 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ | 1.900 | 1.916 | 1.919 | 1.903 |

| | | |
|------------------------------------|-------|-------------------|
| DENSIDAD MAXIMA SECA | 1.928 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 16.56 | % |

GRÁFICO DEL PROCTOR




USAT
 Centro de Investigación y Desarrollo
 Universidad San Agustín de Arequipa



 Henry Rueda Cárdenas
 Ceballos
 Ing. Laboratorio USAT


USAT
 Universidad San Agustín de Arequipa

TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 43. Proctor modificado experimental calicata 2 – muestra 1 (4^{ta} adición - SR)

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-mm² (59000 psi-ft²))
N.T.P. 338.141 ASTM D - 1557



Teñista : Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Tests : Evaluación de la base granular con a finísimo incorporando asfalto sulforado
Ubicación : Pasaje Venus Cuesta N° 03, Chiclayo, Lambayeque - Peru
Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023

GRABAR : NF 02
HAUTAR : NF 01
 Adición 0.45 L/m² mostrador : 0.30 m - 1.50 m

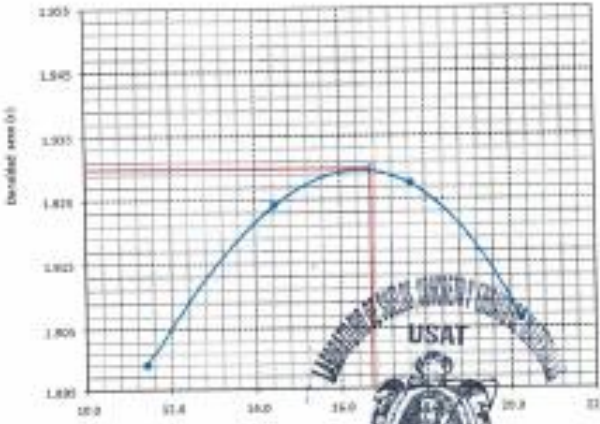
| Número de ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g | 5783 | 5882 | 5922 | 5844 |
| Peso del molde | g | 3654 | 3654 | 3654 | 3654 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g | 1929 | 2028 | 2068 | 2090 |
| Volumen del molde | cm ³ | 911.9 | 911.9 | 911.9 | 911.9 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ | 2.115 | 2.222 | 2.268 | 2.292 |


CONTENIDO DE HUMEDAD



| N° Recipiente | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g | 77.03 | 76.30 | 81.35 | 83.81 |
| Peso del suelo seco + tara | g | 71.32 | 69.55 | 72.38 | 73.36 |
| Peso de tara | g | 21.21 | 21.23 | 21.66 | 21.69 |
| Peso de agua | g | 5.71 | 6.95 | 8.97 | 10.45 |
| Peso de suelo seco | g | 50.11 | 48.32 | 50.82 | 51.67 |
| Contenido de agua | % | 11.4 | 14.4 | 17.65 | 20.2 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ | 1.869 | 1.924 | 1.928 | 1.908 |

| | | |
|------------------------------------|-------|-------------------|
| DENSIDAD MAXIMA SECA | 1.936 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 16.73 | % |

GRABO DEL PROCTOR








 Hecho en
 Arequipa a 19 de
 Noviembre del 2023
 Rec. Laboratorio
 USAT

RECIBO DE LABORATORIO

Anexo 44. Proctor modificado experimental calicata 3 – muestra 1 (4^{ta} adición - SR)

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN·m/m³ [50000 pie·lb/ft³])
N.T.P. 330.141 ASTM D - 1557



Técnico : Carlos Wilber Muñoz Abad
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con el fin de incorporar escoria sulfonada
 Ubicación : Iron Juan Thomas Cuadro N° 05, Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023

CALICATA : M 03
 MUESTRA : M 01
 Adición 0.45 L/m³

ESPESOR DE LA CALICATA: 0.30 m - 1.50 m

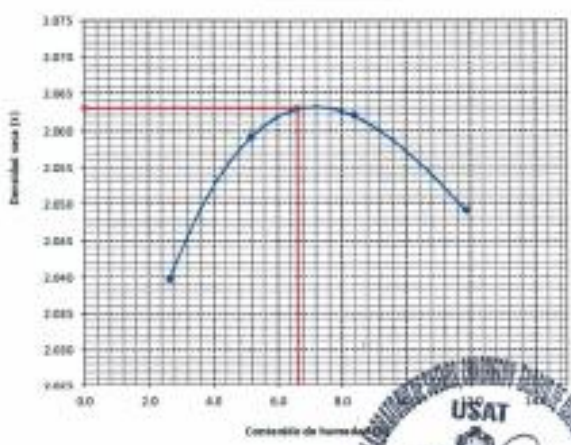
| Número de ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g | 5763 | 5829 | 5892 | 5944 |
| Peso del molde | g | 3854 | 3854 | 3854 | 3854 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g | 1909 | 1975 | 2038 | 2090 |
| Volumen del molde | cm ³ | 911.9 | 911.9 | 911.9 | 911.9 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ | 2.092 | 2.166 | 2.235 | 2.292 |


CONTENIDO DE HUMEDAD

| N° Recipiente | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------|-------|--------|--------|--------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g | 545.1 | 582.9 | 547.3 | 581.1 |
| Peso del suelo seco + tara | g | 531.7 | 564.8 | 506.6 | 521.8 |
| Peso de tara | g | 23.40 | 22.54 | 21.58 | 21.61 |
| Peso de agua | g | 13.4 | 28.1 | 40.7 | 59.3 |
| Peso de suelo seco | g | 508.3 | 542.26 | 485.02 | 500.19 |
| Contenido de agua | % | 2.6 | 5.2 | 8.39 | 11.9 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ | 2.040 | 2.059 | 2.062 | 2.048 |


| | | |
|------------------------------------|--------------|-------------------|
| DENSIDAD MAXIMA SECA | 2.063 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 6.99 | % |


GRAFICO DEL PROCTOR





Henry Abundecero Obillos
 Tec. Laboratorio USAT






USAT
 TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 45. CBR experimental calicata 1 – muestra 1 (1^{era} adición - SR)

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testata : Carlin Wilder Muñoz Abad
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Testa : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación : Calle Henry Francois Cuadra N° 03, Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023



CALICATA : : N° 01
 MUESTRA : : N° 01
 PROFUNDIDAD : 0.30 m - 1.50 m
 Adición 0.15 Litros

| COMPACTACIÓN | | | | | | |
|---------------------------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
| Nº Molde | A-10 | | A-11 | | A-12 | |
| Nº Carga | 5 | | 5 | | 5 | |
| Nº Cargas por capa | 56 | | 25 | | 12 | |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA | | | | | | |
| | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado |
| Peso molde + Suelo húmedo | 12905 | 12925 | 12971 | 12969 | 12975 | 13090 |
| Peso de molde (g) | 7749 | 7749 | 7755 | 7755 | 8884 | 8806 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4956 | 4896 | 4316 | 4905 | 4091 | 4244 |
| Volumen del molde (cc) | 3133 | 3133 | 3124 | 3124 | 3118 | 3118 |
| Densidad húmeda (g/cc) | 2.136 | 2.277 | 2.030 | 2.188 | 1.921 | 2.004 |
| % de humedad | 18.63 | 19.91 | 18.63 | 20.72 | 18.58 | 19.84 |
| Densidad seca (g/cc) | 1.80 | 1.889 | 1.71 | 1.796 | 1.62 | 1.675 |

| HUMEDAD | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--|
| Tarro N° | - | | - | | - | | - | | - | | - | | - | |
| Tarro + Suelo húmedo (gr.) | 88.56 | 88.95 | 88.95 | 88.98 | 88.29 | 88.29 | 87.79 | 87.79 | 84.36 | 84.38 | 83.72 | 107.72 | 107.72 | |
| Tarro + Suelo seco (gr.) | 78.47 | 78.47 | 85.55 | 85.55 | 84.78 | 84.78 | 84.88 | 84.89 | 72.13 | 72.13 | 85.75 | 85.75 | | |
| Peso del Agua (gr.) | 10.5 | 10.5 | 12.5 | 12.5 | 11.6 | 11.6 | 12.9 | 12.9 | 9.2 | 9.2 | 14.0 | 14.0 | | |
| Peso del tarro (gr.) | 22.15 | 22.15 | 22.63 | 22.63 | 22.49 | 22.49 | 22.67 | 22.67 | 22.45 | 22.45 | 32.63 | 32.63 | | |
| Peso del suelo seco (gr.) | 56.3 | 56.3 | 62.9 | 62.9 | 62.2 | 62.2 | 62.2 | 62.2 | 49.7 | 49.7 | 71.1 | 71.1 | | |
| % de humedad | 18.63 | 18.63 | 19.91 | 19.91 | 18.63 | 18.63 | 20.72 | 20.72 | 18.58 | 18.58 | 19.84 | 19.84 | | |
| Promedio de Humedad (%) | 18.63 | | 19.91 | | 18.63 | | 20.72 | | 18.58 | | 19.84 | | | |

| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------------|------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|-----------|-------|
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | |
| | | | | Pulg. | % | | Pulg. | % | | Pulg. | % |
| 23/10/2023 | 14.3 | 0 | 8 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 |
| 24/10/2023 | 14.3 | 24 | 8.33 | 0.006 | 0.13 | 0.004 | 0.004 | 0.13 | 0.004 | 0.004 | 0.004 |
| 25/10/2023 | 14.3 | 48 | 1.49 | 0.006 | 1.25 | 0.001 | 0.001 | 1.25 | 0.004 | 0.004 | 0.004 |
| 26/10/2023 | 14.3 | 72 | 5 | 0.125 | 5.38 | 0.036 | 0.036 | 8.31 | 0.158 | 0.158 | 0.158 |
| 27/10/2023 | 14.3 | 96 | 10 | 0.250 | 10.39 | 0.259 | 0.259 | 10.39 | 0.280 | 0.280 | 0.280 |
| | | | 4.57 | total | 5.47 | 4.57 | total | 5.87 | 4.57 | total | 5.89 |

| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|--------|-------------|---------------|------------|--------|---------------|------------|--------|---------------|------------|--|
| PENETRACIÓN | | TIEMPO | CARGA STAND | MOLDE N° A-10 | | | MOLDE N° A-11 | | | MOLDE N° A-12 | | |
| | | | | CARGA | CORRECCIÓN | | CARGA | CORRECCIÓN | | CARGA | CORRECCIÓN | |
| mm. | psig. | | Libras | Libras | % | Libras | Libras | % | Libras | Libras | % | |
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0.640 | 0.025 | 0.000 | 22 | 22 | 38.6 | 13 | 13 | 18.6 | 9 | 9 | 12.9 | |
| 1.270 | 0.050 | 0.000 | 34 | 34 | 45.1 | 17 | 17 | 25.1 | 15 | 15 | 20.7 | |
| 1.910 | 0.075 | 0.000 | 47 | 47 | 77.4 | 23 | 23 | 56.3 | 23 | 23 | 31.6 | |
| 2.540 | 0.100 | 2.000 | 70 | 70 | 123.0 | 30 | 30 | 85.2 | 35 | 35 | 47.5 | |
| 3.190 | 0.150 | 3.000 | 100 | 100 | 169.7 | 40 | 40 | 130.8 | 51 | 51 | 68.0 | |
| 5.080 | 0.200 | 4.000 | 150 | 150 | 240.8 | 60 | 60 | 184.7 | 72 | 72 | 95.9 | |
| 6.350 | 0.250 | 5.000 | 147 | 147 | 219.6 | 58 | 58 | 219.6 | 86 | 86 | 114.5 | |
| 7.920 | 0.300 | 6.000 | 176 | 176 | 320.6 | 74 | 74 | 268.4 | 104 | 104 | 138.4 | |
| 10.160 | 0.400 | 8.000 | 250 | 250 | 380.6 | 100 | 100 | 290.7 | 113 | 113 | 150.8 | |
| 12.700 | 0.500 | 10.000 | 345 | 345 | 450.4 | 131 | 131 | 362.6 | 142 | 142 | 188.4 | |

Tecnia : Celso Wilder Muñoz Alcedo
 Ecasala : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con almirado incorporando acedite sulfonado
 Ubicación : Calle Henry Francoa Guardia N° 01, Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2022

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.345 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

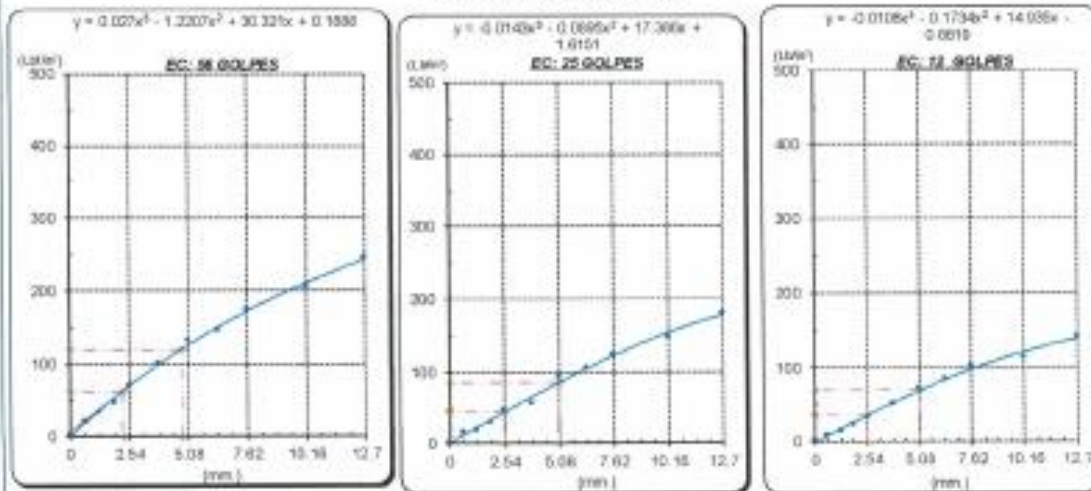


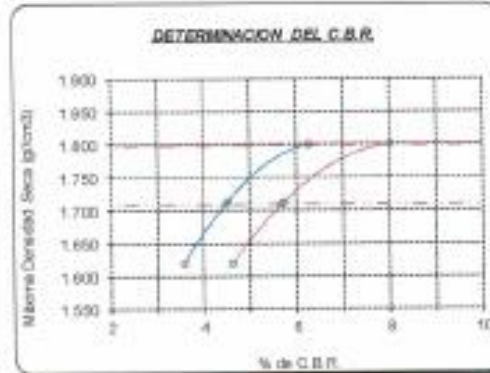
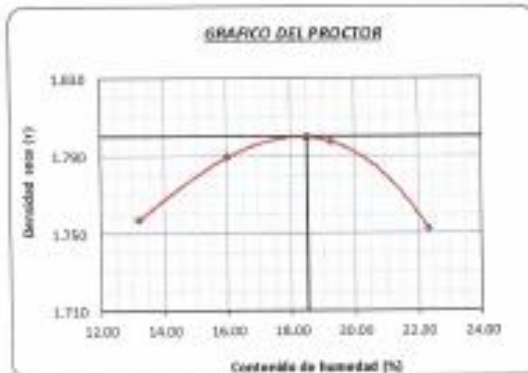
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 1.800 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 95% | 1.710 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 18.32 % |

VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|------------------------|----------|----------|
| | 2.94 cm. | 5.06 cm. |
| C.B.R. AL 100 % M.D.S. | 62 % | 80 % |
| C.B.R. AL 95 % M.D.S. | 45 % | 57 % |




Henry Rivas
 Henry Rivas
 Celso Wilder Muñoz Alcedo
 Tercer Laboratorio
 USAT

Anexo 46. CBR experimental calicata 2 – muestra 1 (1^{era} adición - SR)

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Técnico : Carlos Wilder Muñoz Abad
 Especialidad : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tests : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación : Pajaje Venas. Casita N° 01, Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023



CALICATA : : NP 02
 MUESTRA : : NP 01

Profundidad : 0.30 m - 1.50 m
 Adición 0.15 L/m³

| COMPACTACIÓN | | | | | | |
|---------------------------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
| N° Molde | A-1 | | A-2 | | A-3 | |
| | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| N° Capas | 56 | | 25 | | 12 | |
| N° Capas por capa | 56 | | 25 | | 12 | |
| CONDICION DE LA MUESTRA | | | | | | |
| | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado |
| Peso molde + Suelo húmedo | 12842 | 13165 | 12894 | 13060 | 12228 | 12556 |
| Peso de molde (g) | 8621 | 8621 | 8804 | 8804 | 8455 | 8453 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4221 | 4484 | 4090 | 4256 | 3773 | 4103 |
| Volúmen del molde (cc) | 3330 | 3120 | 3312 | 3112 | 3128 | 3113 |
| Densidad húmeda (g/cc) | 2.036 | 2.115 | 1.897 | 2.045 | 1.834 | 1.929 |
| % de humedad | 18.40 | 18.94 | 19.70 | 19.34 | 18.49 | 19.31 |
| Densidad seca (g/cc) | 1.72 | 1.78 | 1.63 | 1.69 | 1.55 | 1.625 |

| HUMEDAD | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Tarso N° | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| Tarso + Suelo húmedo (g) | 86.12 | 89.12 | 87.98 | 87.98 | 86.81 | 86.81 | 87.53 | 87.53 | 91.50 | 91.50 | 107.28 | 107.28 |
| Tarso + Suelo seco (g) | 78.89 | 78.68 | 85.96 | 85.96 | 85.28 | 85.28 | 85.35 | 85.35 | 72.38 | 72.30 | 83.50 | 83.50 |
| Peso del Agua (g) | 10.4 | 10.4 | 12.0 | 12.0 | 11.5 | 11.5 | 12.2 | 12.2 | 9.2 | 9.2 | 15.8 | 15.8 |
| Peso del tarso (g) | 22.26 | 22.26 | 22.46 | 22.46 | 22.96 | 22.96 | 22.37 | 22.37 | 22.54 | 22.54 | 32.15 | 32.15 |
| Peso del suelo seco (g) | 56.4 | 56.4 | 63.5 | 63.5 | 62.3 | 62.3 | 63.0 | 63.0 | 49.8 | 49.8 | 71.4 | 71.4 |
| % de humedad | 18.40 | 18.40 | 18.94 | 18.94 | 18.50 | 18.50 | 19.34 | 19.34 | 18.40 | 18.40 | 19.31 | 19.31 |
| Procentaje de Humedad (%) | 18.40 | | 18.94 | | 18.50 | | 19.34 | | 18.40 | | 19.31 | |

| EXPANSION | | | | | | | | | | |
|------------|------|------------|------|------------|---|------|------------|---|------|------------|
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION |
| | | | | Pulg | % | | Pulg | % | | |
| 23/10/2023 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24/10/2023 | 14.3 | 24 | 8.33 | 0.006 | | 8.15 | 0.004 | | 8.12 | 0.003 |
| 25/10/2023 | 14.3 | 48 | 8.45 | 0.006 | | 8.25 | 0.004 | | 8.31 | 0.004 |
| 26/10/2023 | 14.3 | 72 | 8 | 0.125 | | 8.35 | 0.134 | | 8.39 | 0.156 |
| 27/10/2023 | 14.3 | 96 | 8 | 0.250 | | 8.38 | 0.259 | | 8.21 | 0.260 |
| | | | 8.57 | total 5.47 | | 8.57 | total 5.67 | | 8.21 | total 5.50 |

| PENETRACION | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|-------------|--------------|------------|-------|-------|--------------|-------|-------|------------|--------------|----|--|--|
| PENETRACION | TIEMPO | CARGA STAND | MOLDE N° A-1 | | | | MOLDE N° A-2 | | | | MOLDE N° A-3 | | | |
| | | | CARGA | CORRECCION | | CARGA | CORRECCION | | CARGA | CORRECCION | | | | |
| | | | | Libr | % | | Libr | % | | Libr | % | | | |
| mm | psig | LIBRAS | Libr | % | Libr | % | Libr | % | Libr | % | Libr | % | | |
| 0.000 | 0.000 | 0100 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | | |
| 0.640 | 0.025 | 0200 | 1.6 | | 30.4 | 14 | | 21.1 | 10 | | 14.6 | 7 | | |
| 1.270 | 0.050 | 400 | 96.9 | | 70.1 | 29 | | 44.6 | 19 | | 30.9 | 15 | | |
| 1.910 | 0.075 | 700 | 113 | | 101.4 | 40 | | 65.7 | 27 | | 46.6 | 23 | | |
| 2.540 | 0.100 | 1000 | 181.9 | 9.4 | 138.5 | 54 | 9.4 | 88.6 | 35 | 36.3 | 3.5 | | | |
| 3.170 | 0.150 | 1500 | 221 | | 190.7 | 75 | | 127.1 | 49 | | | | | |
| 3.810 | 0.200 | 2000 | 259.9 | 7.9 | 234.4 | 92 | 7.2 | 157.2 | 60 | 67.3 | 4.5 | | | |
| 4.450 | 0.250 | 2500 | 340.9 | | 303.0 | 118 | | 200.2 | 80 | | | | | |
| 5.090 | 0.300 | 3000 | 431.8 | | 352.9 | 138 | | 238.3 | 94 | | | | | |
| 5.730 | 0.400 | 4000 | 533.9 | | 381.6 | 150 | | 271.0 | 106 | | | | | |
| 6.370 | 0.500 | 5000 | 533.9 | 10 | 481 | 181 | | 332.6 | 130 | | | | | |

Tesis: Carlos Wilder Muñoz Abad
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con almeado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación: Pasaje Venus, Cuadro N° 01, Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 399.145 / ASTM D-1883

GRÁFICO CARGA - PENETRACIÓN

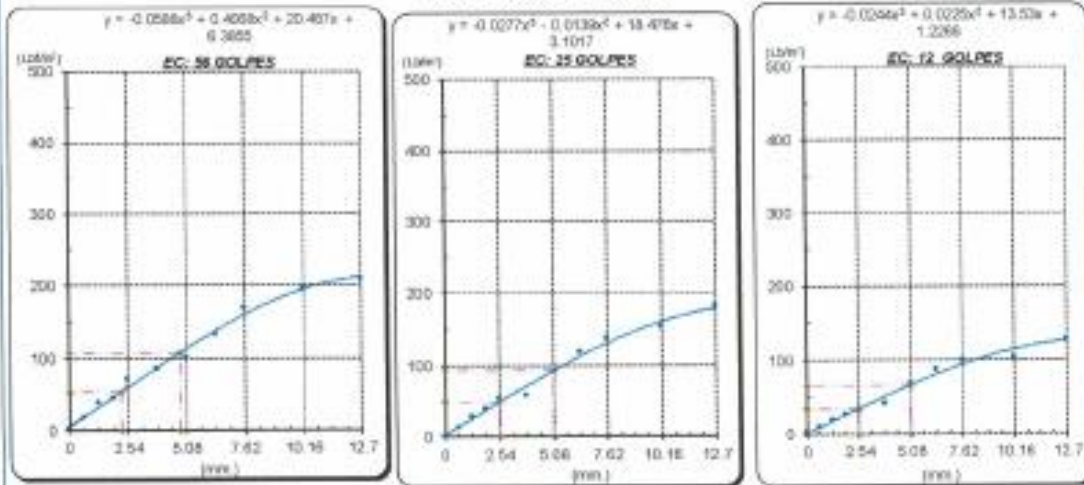


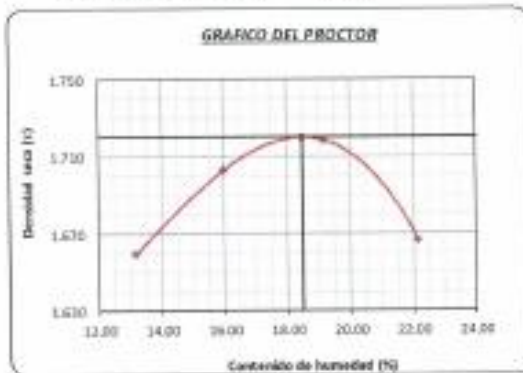
GRÁFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%: 1.720 g/cm³
 DENSIDAD SECA AL 90%: 1.534 g/cm³
 OPTIMO CONT. DE HUMEDAD: 15.42 %

VALOR DEL C.B.R.


2.54 cm: 5.4 %
 6.90 cm: 7.2 %
 C.B.R. AL 100 % M.D.S.: 5.4 %
 C.B.R. AL 95 % M.D.S.: 5.0 %



Anexo 47. CBR experimental calicata 3 – muestra 1 (1^{era} adición - SR)

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.345 / ASTM D-1883

Técnico : Carlos Wilder Muñoz Abad
 Especialidad : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tests : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación : Iron Juan Thomas Cuadra N°05, Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023



CALICATA : N° 03
 MUESTRA : N° 03
 PROFUNDIDAD : 0.30 m - 1.50 m
 Adición 0.15 L/m³

| COMPACTACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---------------|------------|---------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|-----------|--------------|-------------------------|-------------------------|------|--------------|-------------------------|-------------------------|-----|
| N° Molde | A-4 | | A-5 | | A-6 | | | | | | | | | | |
| N° Capas | 5 | | 5 | | 5 | | | | | | | | | | |
| N° Golpes por capa | 56 | | 25 | | 12 | | | | | | | | | | |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sin Saturated | Saturated | Sin Saturated | Saturated | Sin Saturated | Saturated | | | | | | | | | |
| Peso molde + Suelo húmedo | 12883 | 12815 | 13054 | 13090 | 12135 | 12386 | | | | | | | | | |
| Peso de molde (g) | 7943 | 7943 | 8736 | 8736 | 7860 | 7940 | | | | | | | | | |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4750 | 4872 | 4518 | 4352 | 4285 | 4510 | | | | | | | | | |
| Volumen del molde (cc) | 2122 | 2122 | 2125 | 2125 | 2122 | 2122 | | | | | | | | | |
| Densidad húmeda (g/cc) | 2.238 | 2.293 | 2.126 | 2.043 | 2.015 | 2.115 | | | | | | | | | |
| % de humedad | 16.56 | 17.25 | 16.90 | 17.83 | 16.54 | 17.19 | | | | | | | | | |
| Densidad seca (g/cc) | 1.92 | 1.968 | 1.82 | 1.861 | 1.73 | 1.825 | | | | | | | | | |
| HUMEDAD | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tarro N° | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | |
| Tarro + Suelo húmedo (gr.) | 68.40 | 68.40 | 77.07 | 77.07 | 75.35 | 75.35 | | | | | | | | | |
| Tarro + Suelo seco (gr.) | 61.56 | 61.56 | 68.76 | 68.76 | 67.34 | 67.34 | | | | | | | | | |
| Peso del Agua (gr.) | 6.8 | 6.8 | 8.3 | 8.3 | 7.8 | 7.8 | | | | | | | | | |
| Peso del tarro (gr.) | 30.25 | 30.25 | 30.58 | 30.58 | 30.37 | 30.37 | | | | | | | | | |
| Peso del suelo seco (gr.) | 41.3 | 41.3 | 48.2 | 48.2 | 47.2 | 47.2 | | | | | | | | | |
| % de humedad | 16.56 | 16.56 | 17.25 | 17.25 | 16.90 | 16.90 | | | | | | | | | |
| Promedio de Humedad (%) | 16.56 | 17.25 | 16.90 | 17.83 | 16.54 | 17.19 | | | | | | | | | |
| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA | HORA | TIEMPO hr. | DIAL | | | EXPANSIÓN | | | DIAL | | | EXPANSIÓN | | | |
| | | | DIAL | EXPANSIÓN | % | DIAL | EXPANSIÓN | % | DIAL | EXPANSIÓN | % | DIAL | EXPANSIÓN | % | |
| 23/10/2023 | 14:3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 24/10/2023 | 14:3 | 24 | 8.29 | 0.036 | | 8.18 | 0.034 | | 8.12 | 0.034 | | 8.12 | 0.034 | | |
| 25/10/2023 | 14:3 | 48 | 1.49 | 0.036 | | 1.25 | 0.031 | | 1.35 | 0.034 | | 1.35 | 0.034 | | |
| 26/10/2023 | 14:3 | 72 | 8 | 0.125 | | 5.39 | 0.134 | | 6.21 | 0.198 | | 6.21 | 0.198 | | |
| 27/10/2023 | 14:3 | 96 | 18 | 0.250 | | 10.38 | 0.259 | | 11.38 | 0.280 | | 11.38 | 0.280 | | |
| | | | 4.57 | total | 5.47 | 4.57 | total | 5.67 | 4.57 | total | 5.67 | 4.57 | total | 5.67 | |
| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | |
| PENETRACIÓN | | TIEMPO | CARGA STAND. | MOLDE N° A-4 | | | | MOLDE N° A-5 | | | | MOLDE N° A-6 | | | |
| mm. | psi | seg. | LBR/ft ² | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | |
| | | | | Lect. Dial | Líbr. pulg ² | Líbr. pulg ² | % | Lect. Dial | Líbr. pulg ² | Líbr. pulg ² | % | Lect. Dial | Líbr. pulg ² | Líbr. pulg ² | % |
| 0.000 | 0.000 | 010" | | 0 | 2 | | | 0 | 2 | | | 0 | 2 | | |
| 0.645 | 0.025 | 020" | | 54.3 | 15 | | | 42.2 | 15 | | | 30.2 | 14 | | |
| 1.270 | 0.050 | 100" | | 113.6 | 30 | | | 95.5 | 30 | | | 62.3 | 30 | | |
| 1.910 | 0.075 | 130" | | 142 | 45 | | | 128.7 | 50 | | | 100.8 | 40 | | |
| 2.540 | 0.100 | 200" | | 250 | 75 | 6.9 | | 140.4 | 65 | 6.01 | | 120.5 | 45 | 46.3 | 4.6 |
| 3.810 | 0.150 | 300" | | 374 | 105 | 11.7 | | 201.5 | 95 | 8.01 | | 152.2 | 63 | | |
| 5.080 | 0.200 | 400" | | 498 | 135 | | | 278 | 125 | | | 202.2 | 87 | 60.6 | 6.5 |
| 6.350 | 0.250 | 500" | | 574 | 150 | | | 370 | 135 | | | 271.4 | 121 | | |
| 7.620 | 0.300 | 600" | | 640.4 | 165 | | | 430.5 | 155 | | | 398.5 | 156 | | |
| 10.980 | 0.400 | 800" | | 776.6 | 205 | | | 499.7 | 190 | | | 455.2 | 179 | | |
| 12.700 | 0.500 | 1000" | | 874.1 | 235 | | | 520.9 | 205 | | | 490.4 | 193 | | |

Tesis: Carlos Wiler Muñoz Abad
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con aferrado incorporando aceite sulfurado
 Ubicación: Jirón Juan Thomas Cusado N°05, Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.F. 339.345 / ASTM D-1583

GRAFICO CARGA - PENETRACION

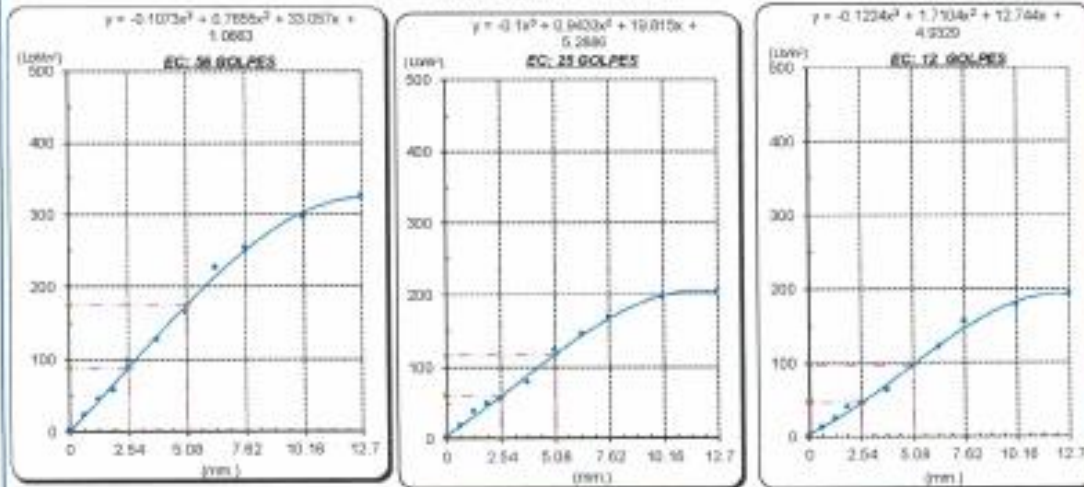


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

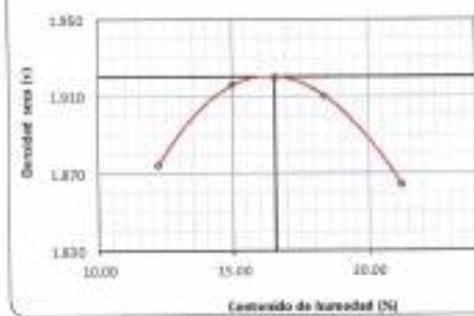
DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 1.500 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 95% | 1.824 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 16.50 % |

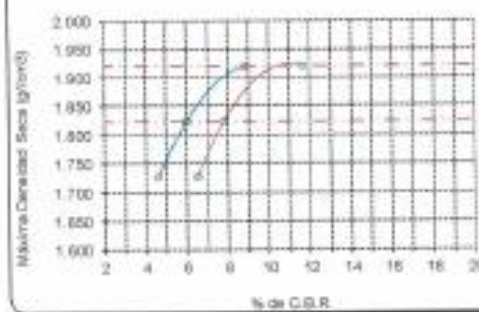
VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|------------------------|----------|--------|
| 2.54 cm. | 5.66 cm. | |
| C.B.R. AL 100 % M.D.S. | 83 % | 11.7 % |
| C.B.R. AL 95 % M.D.S. | 8.0 % | 7.8 % |

GRAFICO DEL PROCTOR




DETERMINACION DEL C.B.R.



Anexo 48. CBR experimental calicata 1 – muestra 1 (2^{da} adición - SR)

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Teste : Carlos Wilder Muñoz Abad
 Nivel : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Teste : Evaluación de la base granular con afirmado incorporado acorte sulfonado
 Ubicación : Calle Henry François Cusida N°01, Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023



CALICATA : Nº 01
 MUESTRA : Nº 01 PROFUNDIDAD : 0.30 m - 1.50 m
 Adición 0.25 Lm³

| COMPACTACIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------------|---------------------|--------------|------------------------|------------------------|----------|--------------|------------------------|------------------------|-----------|--------------|------------------------|------------------------|----|
| Nº Molde | A-7 | | A-8 | | A-9 | | | | | | | | | |
| | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | | | | | | | |
| Nº golpes por capa | 56 | | 25 | | 12 | | | | | | | | | |
| CONDICION DE LA MUESTRA | | | | | | | | | | | | | | |
| | Rta Saturado | Saturado | Rta Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | | | | | | | | |
| Peso molde + Suelo húmedo | 12245 | 12415 | 12079 | 12272 | 11795 | 11958 | | | | | | | | |
| Peso de molde (g) | 7881 | 7855 | 7861 | 7903 | 7816 | 7833 | | | | | | | | |
| Peso del agua húmeda (g) | 4360 | 4560 | 4176 | 4369 | 3967 | 4122 | | | | | | | | |
| Volumen del molde (cc) | 2117 | 2117 | 2119 | 2119 | 2125 | 2125 | | | | | | | | |
| Densidad húmeda (g/cc) | 2.074 | 2.154 | 1.971 | 2.002 | 1.807 | 1.940 | | | | | | | | |
| % de humedad | 18.52 | 19.69 | 18.52 | 19.05 | 18.52 | 19.46 | | | | | | | | |
| Densidad seca (g/cc) | 1.75 | 1.800 | 1.66 | 1.720 | 1.57 | 1.624 | | | | | | | | |
| HUMEDAD | | | | | | | | | | | | | | |
| Tarso Nº | | | | | | | | | | | | | | |
| Tarso + Suelo húmedo (gr.) | 78.79 | 78.79 | 85.25 | 85.25 | 83.97 | 83.97 | | | | | | | | |
| Tarso + Suelo seco (gr.) | 68.18 | 68.18 | 74.76 | 74.76 | 74.25 | 74.25 | | | | | | | | |
| Peso del Agua (gr.) | 8.6 | 8.6 | 10.5 | 10.5 | 9.7 | 9.7 | | | | | | | | |
| Peso del tarso (gr.) | 21.55 | 21.55 | 21.49 | 21.49 | 21.18 | 21.18 | | | | | | | | |
| Peso del suelo seco (gr.) | 49.6 | 49.6 | 53.3 | 53.3 | 52.5 | 52.5 | | | | | | | | |
| % de humedad | 18.52 | 18.52 | 19.69 | 19.69 | 18.52 | 18.52 | | | | | | | | |
| Preparado de Humedad (%) | 18.515 | 18.69 | 18.52 | 18.52 | 18.05 | 18.52 | | | | | | | | |
| EXPANSION | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | | | |
| | | | | Pulg. | % | | Pulg. | % | | Pulg. | % | | | |
| 23/10/2023 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 24/10/2023 | 14.3 | 24 | 8.22 | 0.006 | | 8.15 | 0.004 | 8.12 | 0.003 | | | | | |
| 25/10/2023 | 14.3 | 48 | 1.45 | 0.036 | | 1.26 | 0.031 | 1.26 | 0.034 | | | | | |
| 26/10/2023 | 14.3 | 72 | 3 | 0.125 | | 3.35 | 0.136 | 3.31 | 0.136 | | | | | |
| 27/10/2023 | 14.3 | 96 | 18 | 0.250 | | 19.39 | 0.239 | 19.39 | 0.239 | | | | | |
| | | | 4.97 | total | 5.47 | 4.57 | total | 5.67 | 4.57 | total | 5.89 | | | |
| PENETRACION | | | | | | | | | | | | | | |
| PENETRACION | TIEMPO | CARGA STAND. | MOLDE Nº A-7 | | | | MOLDE Nº A-8 | | | | MOLDE Nº A-9 | | | |
| | | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | | CARGA | | CORRECCION | |
| mm. | pulg. | Lbs/ft ² | Lect. Dial | Lbs/ pulg ² | Lbs/ pulg ² | % | Lect. Dial | Lbs/ pulg ² | Lbs/ pulg ² | % | Lect. Dial | Lbs/ pulg ² | Lbs/ pulg ² | % |
| 0.000 | 0.000 | 0507 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | |
| 0.040 | 0.002 | 0707 | 4 | 4 | 36.4 | 16 | 36.4 | 16 | 36.4 | 16 | 36.4 | 16 | 36.4 | 16 |
| 1.270 | 0.050 | 1507 | 1 | 41 | 85.1 | 37 | 85.1 | 37 | 85.1 | 37 | 85.1 | 37 | 85.1 | 37 |
| 1.910 | 0.075 | 1707 | 150.2 | 150.2 | 97.9 | 35 | 97.9 | 35 | 97.9 | 35 | 97.9 | 35 | 97.9 | 35 |
| 2.640 | 0.100 | 2007 | 195.9 | 195.9 | 185.9 | 73 | 185.9 | 73 | 185.9 | 73 | 185.9 | 73 | 185.9 | 73 |
| 3.010 | 0.120 | 2307 | 244.0 | 244.0 | 232.1 | 90 | 232.1 | 90 | 232.1 | 90 | 232.1 | 90 | 232.1 | 90 |
| 5.080 | 0.200 | 4007 | 395.0 | 395.0 | 254.7 | 64 | 254.7 | 64 | 254.7 | 64 | 254.7 | 64 | 254.7 | 64 |
| 6.350 | 0.250 | 5207 | 451.5 | 451.5 | 309.6 | 68 | 309.6 | 68 | 309.6 | 68 | 309.6 | 68 | 309.6 | 68 |
| 7.620 | 0.300 | 6907 | 505.0 | 505.0 | 387.2 | 76 | 387.2 | 76 | 387.2 | 76 | 387.2 | 76 | 387.2 | 76 |
| 10.160 | 0.400 | 8907 | 585.0 | 585.0 | 447.0 | 77 | 447.0 | 77 | 447.0 | 77 | 447.0 | 77 | 447.0 | 77 |
| 12.700 | 0.500 | 10307 | 611.0 | 611.0 | 464.6 | 76 | 464.6 | 76 | 464.6 | 76 | 464.6 | 76 | 464.6 | 76 |

Título: Carretera Wilfredo Muñoz Abast
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con alfilerado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación: Calle Henry Francisco Cuadra N°01, Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

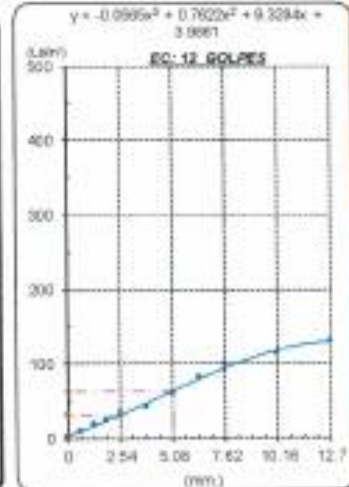
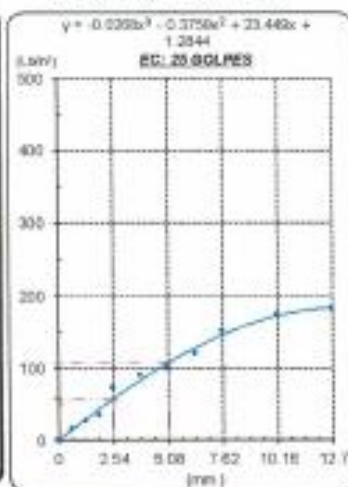
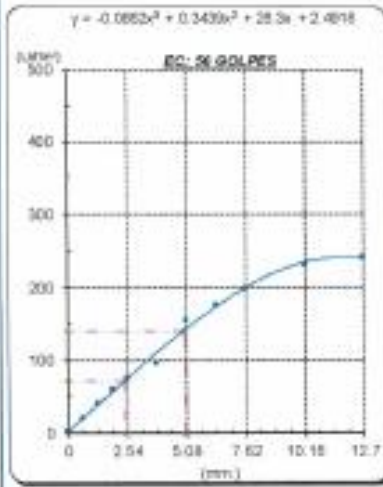


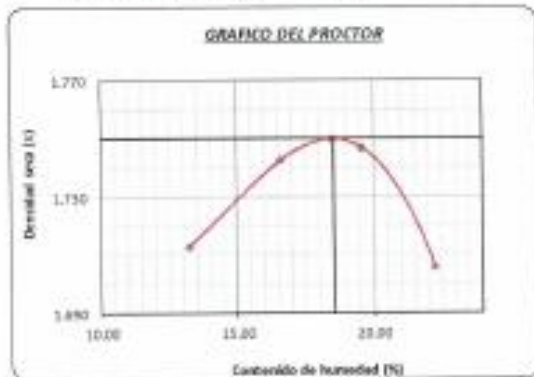
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 1.790 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 98% | 1.683 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 18.52 % |

VALOR DEL C.B.R.


| | 2.54 cm. | 5.08 cm. |
|------------------------|----------|----------|
| C.B.R. AL 100 % M.D.S. | 7.2 % | 9.4 % |
| C.B.R. AL 98 % M.D.S. | 5.8 % | 7.1 % |



Anexo 49. CBR experimental calicata 2 – muestra 1 (2^{da} adición - SR)

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testa : Carlos Wilder Muñoz Abad
 Ecole : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporado aceite sulfonado
 Ubicación : Pasaje Venus Cuadra N° 01; Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023



CALICATA : N° 02
 MUESTRA : N° 01
 Adición 0.25 L/m³


PROFUNDIDAD : 0.30 m - 1.50 m

| COMPACTACIÓN | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| N° Molde | A-10 | | A-11 | | A-12 | |
| N° Capas | 5 | | 5 | | 5 | |
| N° Golpes por caja | 66 | | 26 | | 12 | |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA | | | | | | |
| | Sin Sulfonado | Sulfonado | Sin Sulfonado | Sulfonado | Sin Sulfonado | Sulfonado |
| Peso molde + Suelo húmedo | 12957 | 12542 | 12129 | 12072 | 12905 | 13236 |
| Peso de molde (g) | 7969 | 7749 | 7355 | 7295 | 8066 | 8030 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4988 | 4793 | 4774 | 4777 | 4839 | 4430 |
| Volumen del molde (cc) | 2188 | 2133 | 2124 | 2124 | 2138 | 2118 |
| Densidad húmeda (kg/m ³) | 2.280 | 2.247 | 2.250 | 2.247 | 2.265 | 2.092 |
| % de humedad | 16.14 | 17.45 | 16.53 | 16.80 | 16.21 | 21.02 |
| Densidad seca (g/cc) | 1.95 | 1.913 | 1.77 | 1.933 | 1.97 | 1.738 |

| HUMEDAD | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Tarso N° | - | | - | | - | | - | | - | | - | |
| Tarso + Suelo húmedo (gr.) | 83.55 | 83.55 | 81.44 | 81.44 | 88.62 | 88.62 | 88.88 | 88.88 | 75.23 | 75.23 | 108.57 | 108.57 |
| Tarso + Suelo seco (gr.) | 74.89 | 74.89 | 80.93 | 80.93 | 79.81 | 79.81 | 79.82 | 79.82 | 67.82 | 67.82 | 88.65 | 88.65 |
| Peso del Agua (gr.) | 8.7 | 8.7 | 10.5 | 10.5 | 9.8 | 9.8 | 11.0 | 11.0 | 7.0 | 7.0 | 13.0 | 13.0 |
| Peso del tarso (gr.) | 21.25 | 21.25 | 20.99 | 20.99 | 20.48 | 20.48 | 20.40 | 20.40 | 20.67 | 20.67 | 20.44 | 20.44 |
| Peso del suelo seco (gr.) | 53.6 | 53.6 | 60.2 | 60.2 | 58.3 | 58.3 | 59.4 | 59.4 | 47.0 | 47.0 | 66.2 | 66.2 |
| % de humedad | 16.14 | 16.14 | 17.45 | 17.45 | 16.53 | 16.53 | 16.80 | 16.80 | 16.21 | 16.21 | 21.02 | 21.02 |
| Promedio de Humedad (%) | 16.145 | | 17.45 | | 16.53 | | 16.80 | | 16.21 | | 21.02 | |

| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------------|------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|-----------|-------|
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | |
| | | | | Pulg. | % | | Pulg. | % | | Pulg. | % |
| 23/10/2023 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24/10/2023 | 14.3 | 24 | 8.22 | 0.036 | 8.15 | 0.034 | 8.12 | 0.032 | 8.12 | 0.032 | 8.12 |
| 25/10/2023 | 14.3 | 48 | 1.45 | 0.036 | 1.25 | 0.031 | 1.28 | 0.034 | 1.28 | 0.034 | 1.28 |
| 26/10/2023 | 14.3 | 72 | 9 | 0.125 | 5.35 | 0.134 | 8.31 | 0.158 | 8.31 | 0.158 | 8.31 |
| 27/10/2023 | 14.3 | 96 | 16 | 0.250 | 10.38 | 0.259 | 10.38 | 0.260 | 10.38 | 0.260 | 10.38 |
| | | | 4.57 | total | 5.47 | 4.57 | total | 5.67 | 4.57 | total | 5.99 |

| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|--------|----------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------|---------------|-------------------------|-------------------------|-----|---------------|-------------------------|-------------------------|---|
| PENETRACIÓN | | TIEMPO | CARGA STAND. | MOLDE N° A-10 | | | | MOLDE N° A-11 | | | | MOLDE N° A-12 | | | |
| | | | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | |
| | | | | Lect. Dial | Líbr. pulg ² | Líbr. pulg ² | % | Lect. Dial | Líbr. pulg ² | Líbr. pulg ² | % | Lect. Dial | Líbr. pulg ² | Líbr. pulg ² | % |
| mm. | pulg. | | Líbr/ft ² | | | | | | | | | | | | |
| 0.000 | 0.000 | 007 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 0.540 | 0.025 | 097 | 84 | 34 | 49.6 | 21 | 35.4 | 16 | 26.2 | 35.4 | 16 | 26.2 | 35.4 | | |
| 1.170 | 0.050 | 197 | 168 | 67 | 116.7 | 46 | 75.1 | 30 | 52.4 | 75.1 | 30 | 52.4 | | | |
| 1.890 | 0.075 | 297 | 252 | 97 | 173.0 | 66 | 111.4 | 46 | 75.1 | 111.4 | 46 | 75.1 | | | |
| 2.540 | 0.100 | 397 | 330.8 | 12.3 | 211.7 | 83 | 144.3 | 57 | 95.2 | 144.3 | 57 | 95.2 | | | |
| 3.615 | 0.150 | 497 | 415.3 | 16.1 | 260.5 | 109 | 180.7 | 71 | 120.7 | 180.7 | 71 | 120.7 | | | |
| 5.080 | 0.200 | 607 | 578.9 | 22.0 | 349.6 | 146 | 254.1 | 118 | 197.3 | 254.1 | 118 | 197.3 | | | |
| 6.960 | 0.250 | 707 | 730.5 | 28.0 | 430.8 | 174 | 310.6 | 143 | 240.6 | 310.6 | 143 | 240.6 | | | |
| 7.620 | 0.300 | 807 | 857.5 | 34.5 | 522.6 | 203 | 368.6 | 150 | 268.6 | 368.6 | 150 | 268.6 | | | |
| 10.180 | 0.400 | 977 | 1064.0 | 45.0 | 621.5 | 246 | 432.8 | 170 | 290.6 | 432.8 | 170 | 290.6 | | | |
| 12.300 | 0.500 | 1077 | 1038.2 | 50.0 | 660.0 | 263 | 451.6 | 177 | 300.6 | 451.6 | 177 | 300.6 | | | |



Tesista: Carlos Wilder Muñoz Abad
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfurado
 Ubicación: Pasaje Versus Cuadra N° 01, Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2022

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 329.345 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

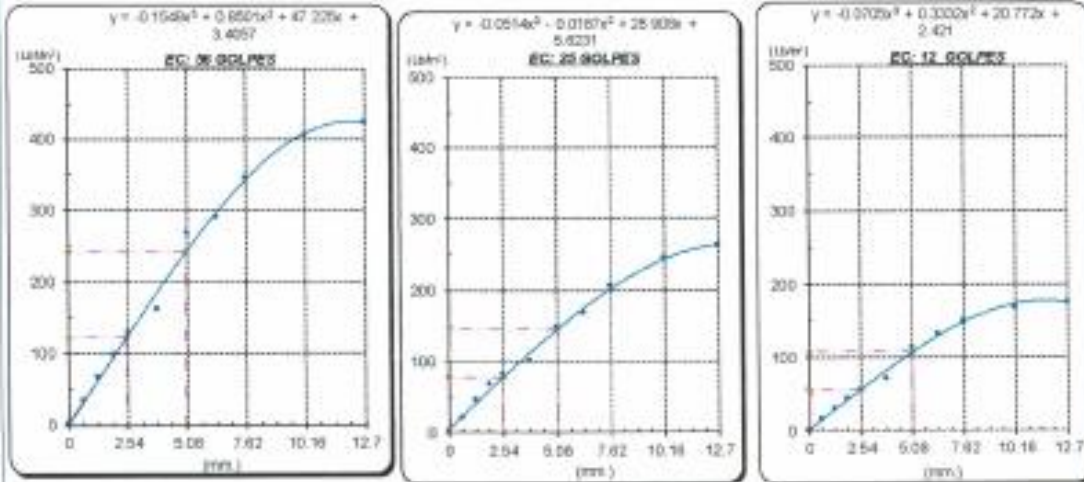


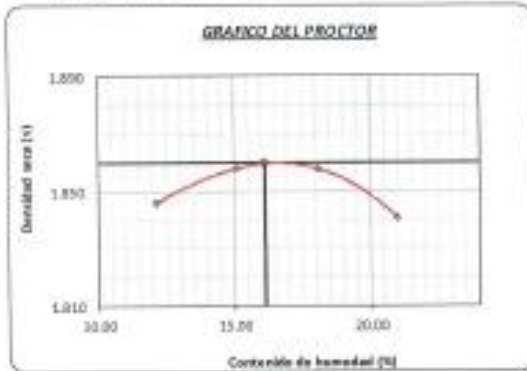
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 1.940 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 95% | 1.367 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 10.13 % |

VALOR DEL C.B.R.


| | | |
|-----------------------|----------|----------|
| | 2.64 cm. | 6.98 cm. |
| C.B.R. AL 100% M.D.S. | 12.3 % | 10.2 % |
| C.B.R. AL 95% M.D.S. | 7.81 % | 5.7 % |



Anexo 50. CBR experimental calicata 3 – muestra 1 (2^{da} adición - SR)


Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 399.145 / ASTM D-1883

Técnico : Carlos Wilder Muñoz Abad
 Asista : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación : Avon Juan Thomas Cuadra N° 05, Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023



CALICATA : : Nº 03
 MUESTRA : : Nº 01
 Adición 0.25 Litro³
 PROFUNDIDAD : 0.30 m - 1.50 m

| COMPACTACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------|-------------|--------------|-----------|------------|----------|--------------|-------|------------|-----------|--------------|-----|------------|---|--|--|
| Nº Molde | A-1 | | A-2 | | A-3 | | | | | | | | | | | |
| Nº Capas | 5 | | 5 | | 5 | | | | | | | | | | | |
| Nº Golpes por capa | 56 | | 25 | | 12 | | | | | | | | | | | |
| CONDICION DE LA MUESTRA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Seco | Saturado | Seco | Saturado | Seco | Saturado | | | | | | | | | | |
| Peso molde + Suelo húmedo | 12846 | 13647 | 12891 | 12972 | 12243 | 12444 | | | | | | | | | | |
| Peso de molde (g) | 8621 | 8621 | 8604 | 8604 | 8453 | 8453 | | | | | | | | | | |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4225 | 4446 | 3667 | 4168 | 3790 | 3991 | | | | | | | | | | |
| Volumen del molde (cc) | 2112 | 2120 | 2112 | 2112 | 2113 | 2113 | | | | | | | | | | |
| Densidad húmeda (g/cc) | 1.999 | 2.097 | 1.740 | 1.973 | 1.794 | 1.890 | | | | | | | | | | |
| % de humedad | 18.64 | 19.50 | 18.61 | 20.61 | 19.95 | 19.41 | | | | | | | | | | |
| Densidad seca (g/cc) | 1.64 | 1.750 | 1.60 | 1.634 | 1.61 | 1.563 | | | | | | | | | | |
| HUMEDAD | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tarso Nº | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | |
| Tarso + Suelo húmedo (gr.) | 78.11 | 78.11 | 77.71 | 77.71 | 76.34 | 76.34 | | | | | | | | | | |
| Tarso + Suelo seco (gr.) | 62.43 | 62.43 | 68.35 | 68.35 | 67.58 | 67.58 | | | | | | | | | | |
| Peso del Agua (gr.) | 7.7 | 7.7 | 9.4 | 9.4 | 8.6 | 8.6 | | | | | | | | | | |
| Peso del tarso (gr.) | 21.22 | 21.22 | 20.36 | 20.36 | 20.91 | 20.91 | | | | | | | | | | |
| Peso del suelo seco (gr.) | 41.2 | 41.2 | 48.0 | 48.0 | 47.0 | 47.0 | | | | | | | | | | |
| % de humedad | 18.64 | 18.64 | 19.50 | 19.50 | 18.61 | 18.61 | | | | | | | | | | |
| Presión de Humedad (%) | 18.036 | 19.50 | 18.61 | 20.31 | 18.65 | 19.41 | | | | | | | | | | |
| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | | | | | |
| | | | | Pulg | % | | Pulg | % | | Pulg | % | | | | | |
| 23/10/2023 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| 24/10/2023 | 14.3 | 24 | 8.22 | 0.008 | | 8.15 | 0.034 | 8.12 | 0.035 | | | | | | | |
| 25/10/2023 | 14.3 | 48 | 1.45 | 0.036 | | 1.25 | 0.031 | 1.35 | 0.034 | | | | | | | |
| 26/10/2023 | 14.3 | 72 | 5 | 0.135 | | 5.35 | 0.134 | 6.31 | 0.156 | | | | | | | |
| 27/10/2023 | 14.3 | 96 | 16 | 0.250 | | 16.38 | 0.250 | 16.38 | 0.280 | | | | | | | |
| | | | 4.57 | total | 5.47 | 4.57 | total | 4.57 | total | 5.60 | | | | | | |
| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PENETRACIÓN | TIEMPO | CARGA STAND | MOLDE Nº A-1 | | | | MOLDE Nº A-2 | | | | MOLDE Nº A-3 | | | | | |
| | | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | | |
| | | | Libr | kgf | Libr | % | Libr | kgf | Libr | % | Libr | kgf | Libr | % | | |
| mm. | pulg. | LMF102 | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.006 | 0.000 | 0.007 | 6 | 2 | | | 0 | | | 6 | 2 | | | | | |
| 0.640 | 0.025 | 0.307 | 130.2 | 51 | | | 100 | | | 48.7 | 21 | | | | | |
| 1.270 | 0.050 | 1.147 | 152.2 | 60 | | | 5 | | | 74.5 | 30 | | | | | |
| 1.910 | 0.075 | 1.307 | 185.3 | 72 | | | 0 | | | 100.2 | 41 | | | | | |
| 2.540 | 0.100 | 2.007 | 430.4 | 166 | 84.0 | 8.5 | | 161.8 | 1.20 | 24.5 | 10 | | | | | |
| 3.180 | 0.150 | 2.297 | 450.6 | 177 | | | | 230.3 | | 19.8 | | | | | | |
| 5.080 | 0.200 | 4.707 | 470.8 | 184.6 | 172.5 | 11.5 | | 324.6 | | 32.3 | | | | | | |
| 6.350 | 0.250 | 5.007 | 510.8 | 201 | | | | 383.4 | | 36.6 | | | | | | |
| 7.620 | 0.300 | 6.007 | 532.8 | 210 | | | | 418.0 | | 39.3 | | | | | | |
| 10.180 | 0.400 | 8.007 | 574.8 | 227 | | | | 456.1 | | 51.5 | | | | | | |
| 12.700 | 0.500 | 10.007 | 610.6 | 242 | | | | 494.0 | | 52.0 | | | | | | |



Telista: Carlos Wilder Muñoz Abad
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con almidón incorporando aceite sustentado
 Ubicación: Avon Juan Thomas Cuadro N° 05, Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. I Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

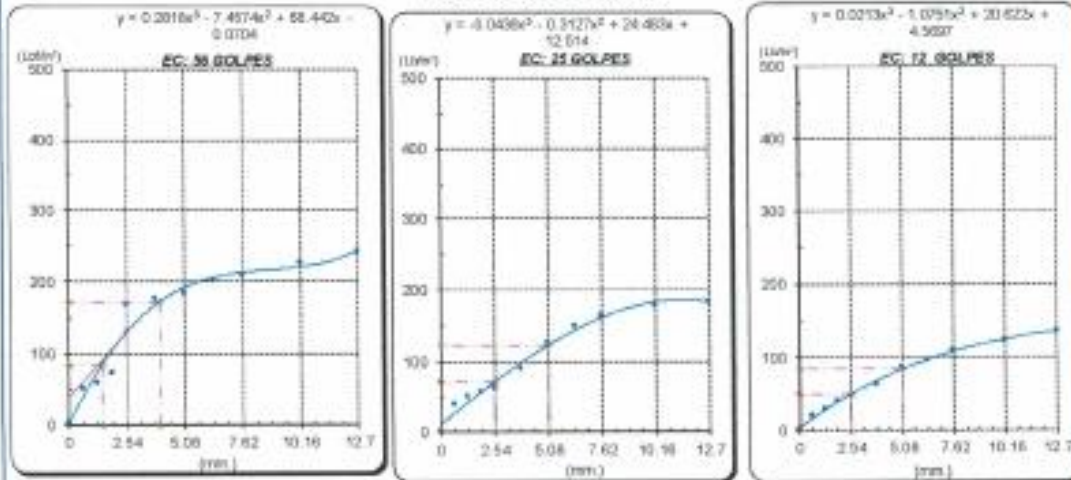


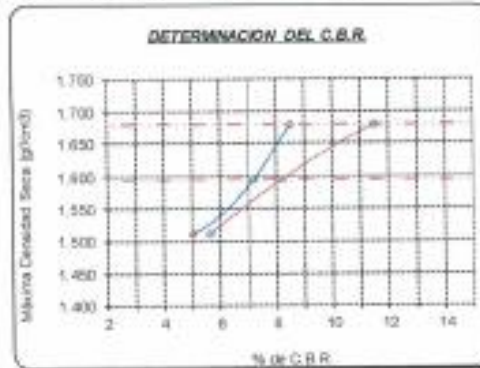
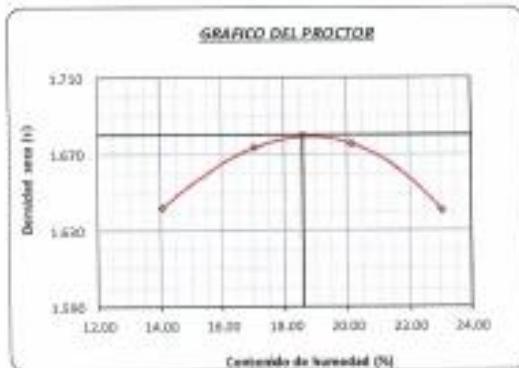
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 1.680 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 96% | 1.595 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 18.00 % |

VALOR DEL C.B.R.


| | | |
|-----------------------|----------|----------|
| | 3.64 cm. | 5.06 cm. |
| C.B.R. AL 100% M.D.S. | 8.5 % | 11.5 % |
| C.B.R. AL 96% M.D.S. | 7.21 % | 8.2 % |



Anexo 51. CBR experimental calicata 1 – muestra 1 (3^{era} adición - SR)

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
M.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Técnico : Carlos Wilder Muñiz Abad
 Especialidad : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Trabaja : Evaluación de la base granular con afirmado incorporado aceite sulfonado
 Ubicación : Calle Henry Francisco Cuadra N° 01, Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023



Calicata : : N° 01
 Muestra : : N° 01
 Adición 0.35 Litro³ PROFUNDIDAD : 0.30 m - 1.50 m

| COMPACTACIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|------------|-------------|--------------|-------------|------------|-------------|
| N° Molde | A-4 | | A-5 | | A-6 | | | | | | | | | |
| | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | | | | | | | |
| N° Golpes por capa | 56 | | 25 | | 12 | | | | | | | | | |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | | | | | | | | |
| Peso molde + Suelo húmedo | 12590 | 12767 | 13188 | 13468 | 12851 | 13084 | | | | | | | | |
| Peso de molde (g) | 7840 | 7840 | 8788 | 8736 | 7860 | 7840 | | | | | | | | |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4857 | 4924 | 4400 | 4730 | 4211 | 4624 | | | | | | | | |
| Volumen del molde (cc) | 3122 | 3122 | 3333 | 3125 | 2381 | 2132 | | | | | | | | |
| Densidad húmeda (g/cc) | 2.195 | 2.500 | 2.095 | 2.226 | 1.975 | 2.122 | | | | | | | | |
| % de humedad | 16.00 | 17.49 | 16.00 | 18.93 | 16.00 | 18.25 | | | | | | | | |
| Densidad seca (g/cc) | 1.90 | 1.975 | 1.90 | 1.876 | 1.70 | 1.790 | | | | | | | | |
| HUMEDAD | | | | | | | | | | | | | | |
| Tarro N° | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | |
| Tarro + Suelo húmedo (g.) | 82.89 | 82.1 | 80.16 | 80.16 | 80.1 | 80.1 | | | | | | | | |
| Tarro + Suelo seco (g.) | 73.65 | 73.65 | 78.05 | 78.05 | 78.73 | 78.73 | | | | | | | | |
| Peso del Agua (g.) | 8.4 | 8.4 | 10.3 | 10.3 | 9.4 | 9.4 | | | | | | | | |
| Peso del tarro (g.) | 21.25 | 21.25 | 20.89 | 20.89 | 20.44 | 20.44 | | | | | | | | |
| Peso del suelo seco (g.) | 52.4 | 52.4 | 59.0 | 59.0 | 58.3 | 58.3 | | | | | | | | |
| % de humedad | 16.00 | 16.00 | 17.49 | 17.49 | 16.00 | 16.00 | | | | | | | | |
| Promedio de Humedad (%) | 16.00 | 17.49 | 16.00 | 18.03 | 16.00 | 16.23 | | | | | | | | |
| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | EXPANSIÓN | | EXPANSIÓN | | EXPANSIÓN | | | | | | | |
| | | | DIAL | Paqg | % | DIAL | Paqg | % | | | | | | |
| 30/10/2023 | 14.3 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| 31/10/2023 | 14.3 | 24 | 8.23 | 0.029 | 0.35 | 0.004 | 0.32 | 0.003 | | | | | | |
| 01/11/2023 | 14.3 | 48 | 1.85 | 0.036 | 1.35 | 0.031 | 1.35 | 0.034 | | | | | | |
| 03/11/2023 | 14.3 | 72 | 5 | 0.125 | 8.35 | 0.134 | 8.31 | 0.158 | | | | | | |
| 05/11/2023 | 14.3 | 96 | 93 | 0.200 | 93.38 | 0.259 | 18.38 | 0.260 | | | | | | |
| | | | 4.57 | total | 5.47 | 4.57 | 32.8 | 5.67 | | | | | | |
| | | | | | | | 6.57 | total | | | | | | |
| | | | | | | | | 5.89 | | | | | | |
| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
| PENETRACIÓN | TIEMPO | CARGA STAND. | MOLDE N° A-4 | | | | MOLDE N° A-5 | | | | MOLDE N° A-6 | | | |
| | | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | |
| | | | Lect. Dial | Libr. pulg2 | Lect. Dial | Libr. pulg2 | Lect. Dial | Libr. pulg2 | Lect. Dial | Libr. pulg2 | Lect. Dial | Libr. pulg2 | Lect. Dial | Libr. pulg2 |
| 0.000 | 0.000 | 0707 | 9 | 2 | 9 | 2 | 9 | 2 | 9 | 2 | 9 | 2 | | |
| 0.640 | 0.025 | 0707 | 5 | 35 | 53.3 | 26 | 5 | 35 | 53.3 | 26 | 5 | 35 | | |
| 1.280 | 0.050 | 1107 | 165.3 | 30 | 112.8 | 45 | 165.3 | 30 | 112.8 | 45 | 165.3 | 30 | | |
| 1.920 | 0.075 | 1707 | 267.5 | 30 | 142.4 | 50 | 267.5 | 30 | 142.4 | 50 | 267.5 | 30 | | |
| 2.560 | 0.100 | 2007 | 348.4 | 30 | 188.2 | 77 | 348.4 | 30 | 188.2 | 77 | 348.4 | 30 | | |
| 3.200 | 0.150 | 2707 | 437.8 | 30 | 285.6 | 100 | 437.8 | 30 | 285.6 | 100 | 437.8 | 30 | | |
| 3.840 | 0.200 | 4207 | 610.6 | 30 | 488.6 | 150 | 610.6 | 30 | 488.6 | 150 | 610.6 | 30 | | |
| 4.480 | 0.250 | 5107 | 713.2 | 284 | 625.7 | 200 | 713.2 | 284 | 625.7 | 200 | 713.2 | 284 | | |
| 5.120 | 0.300 | 6107 | 825.6 | 300 | 692.2 | 250 | 825.6 | 300 | 692.2 | 250 | 825.6 | 300 | | |
| 5.760 | 0.400 | 8107 | 1049.9 | 350 | 727.8 | 291 | 1049.9 | 350 | 727.8 | 291 | 1049.9 | 350 | | |
| 6.400 | 0.500 | 12107 | 1094.5 | 440 | 790.7 | 304 | 1094.5 | 440 | 790.7 | 304 | 1094.5 | 440 | | |

Tesis: Carlos Wilder Muñoz Abed
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación: Calle Henry Francisco Cuesta N° 01, Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1583

GRAFICO CARGA - PENETRACION

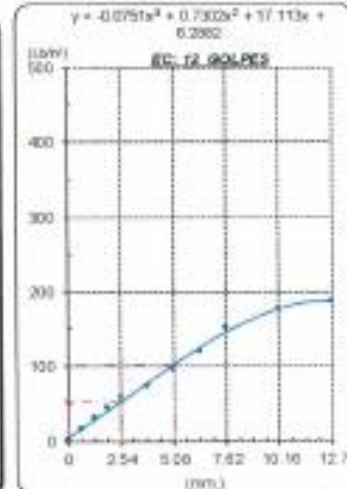
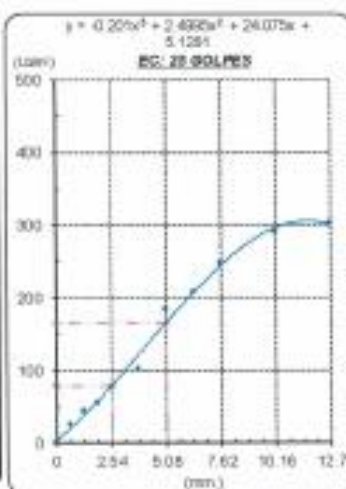
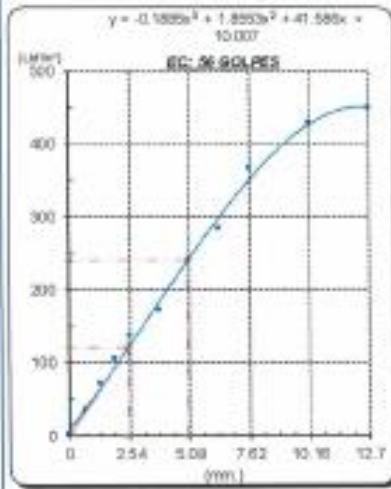


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

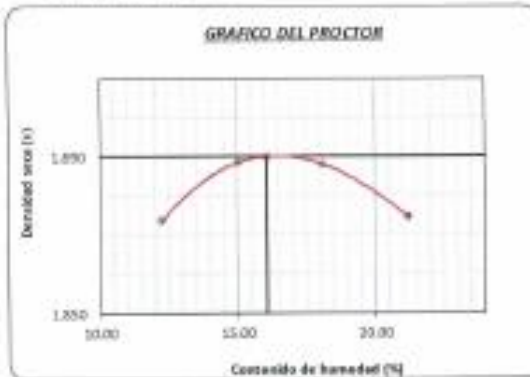
DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 1.800 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 95% | 1.796 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 16.00 % |

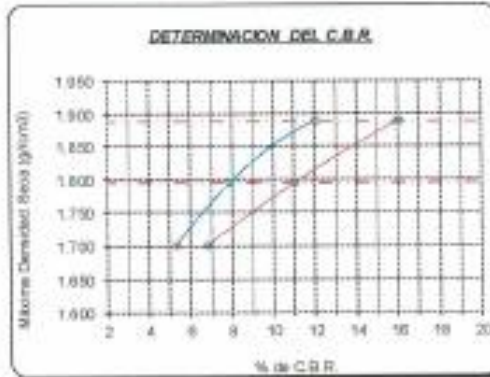
VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|-----------------------|----------|----------|
| | 2.54 cm. | 5.00 cm. |
| C.B.R. AL 100% M.D.S. | 12.0 % | 16.0 % |
| C.B.R. AL 96% M.D.S. | 7.90 % | 11.0 % |

GRAFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DEL C.B.R.




Henry
 Riverón
 Ojeda
 C.M. S. S.
 T.C. Laboratorio
 USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 52. CBR experimental calicata 2 – muestra 1 (3^{era} adición - SR)

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testa : Carlos Wilder Muñoz Abad
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
 Laboratorio : Pasaje Venus Cuadra N° 05, Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023



CIRCULAR : N° 02
 MUESTRA : N° 01
 PROFUNDIDAD : 0.30 m - 1.50 m
 Adición 0.35 Lm³

| COMPACTACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------------|---------------------|--------------|--------------|-------------------------|-------------------------|-------|--------------|-------------------------|-------------------------|-------|--------------|-------------------------|-------------------------|---|
| N° Molde | A-7 | | A-8 | | A-9 | | | | | | | | | | |
| N° Capa | 5 | | 5 | | 5 | | | | | | | | | | |
| N° Golpes por capa | 56 | | 25 | | 12 | | | | | | | | | | |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | | | | | | | | | |
| Peso molde + Suelo húmedo | 12996 | 12794 | 13335 | 12568 | 12939 | 12337 | | | | | | | | | |
| Peso de molde (g) | 7865 | 7865 | 7983 | 7903 | 7888 | 7820 | | | | | | | | | |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4931 | 4929 | 4402 | 4665 | 4210 | 4505 | | | | | | | | | |
| Volumen del molde (cc) | 2117 | 2117 | 2118 | 2119 | 2125 | 2125 | | | | | | | | | |
| Densidad húmeda (g/cc) | 2.302 | 2.333 | 2.080 | 2.202 | 1.981 | 2.122 | | | | | | | | | |
| % de humedad | 15.87 | 17.04 | 15.06 | 17.61 | 15.87 | 18.48 | | | | | | | | | |
| Densidad seca (g/cc) | 1.90 | 1.993 | 1.61 | 1.872 | 1.71 | 1.791 | | | | | | | | | |
| HUMEDAD | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tarro N° | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | |
| Tarro + Suelo húmedo (gr.) | 82.77 | 82.77 | 91.31 | 91.31 | 89.89 | 89.93 | | | | | | | | | |
| Tarro + Suelo seco (gr.) | 74.45 | 74.45 | 81.34 | 81.24 | 80.68 | 80.68 | | | | | | | | | |
| Peso del Agua (gr.) | 8.3 | 8.3 | 10.1 | 10.1 | 9.3 | 9.3 | | | | | | | | | |
| Peso del tarro (gr.) | 32.03 | 32.03 | 32.15 | 32.15 | 32.36 | 32.36 | | | | | | | | | |
| Peso del suelo seco (gr.) | 52.4 | 52.4 | 66.1 | 66.1 | 58.3 | 58.3 | | | | | | | | | |
| % de humedad | 15.87 | 15.87 | 17.04 | 17.04 | 15.96 | 15.96 | | | | | | | | | |
| Promedio de humedad (%) | 15.872 | | 17.04 | | 15.89 | | | | | | | | | | |
| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | DIAL | | | EXPANSIÓN | | | DIAL | | | EXPANSIÓN | | | |
| | | | mm | mm | % | mm | mm | % | mm | mm | % | mm | mm | % | |
| 30/10/2023 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 31/10/2023 | 14.3 | 24 | 6.22 | 0.026 | 0.026 | 6.18 | 0.024 | 0.024 | 6.12 | 0.023 | 0.023 | 6.08 | 0.022 | 0.022 | |
| 01/11/2023 | 14.3 | 48 | 1.49 | 0.026 | 0.026 | 1.39 | 0.025 | 0.025 | 1.29 | 0.024 | 0.024 | 1.19 | 0.023 | 0.023 | |
| 02/11/2023 | 14.3 | 72 | 5 | 0.125 | 0.125 | 5.35 | 0.134 | 0.134 | 6.31 | 0.158 | 0.158 | 6.31 | 0.158 | 0.158 | |
| 03/11/2023 | 14.3 | 96 | 18 | 0.350 | 0.350 | 18.38 | 0.209 | 0.209 | 18.38 | 0.280 | 0.280 | 18.38 | 0.280 | 0.280 | |
| | | | 4.57 | total | 5.47 | 4.57 | total | 5.67 | 4.57 | total | 5.67 | 4.57 | total | 5.67 | |
| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | |
| PENETRACIÓN | TIEMPO | STAND. | CARGA | MOLDE N° A-7 | | | | MOLDE N° A-8 | | | | MOLDE N° A-9 | | | |
| | | | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | |
| | | | | Lect. Dial | Líbr. pulg ² | Líbr. pulg ² | % | Lect. Dial | Líbr. pulg ² | Líbr. pulg ² | % | Lect. Dial | Líbr. pulg ² | Líbr. pulg ² | % |
| mm. | pulg | Lbs/in ² | | | | | | | | | | | | | |
| 0.000 | 0.000 | 050* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0.040 | 0.025 | 070* | 90.0 | 36 | 36 | 85.7 | 27 | 27 | 26.9 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | |
| 1.210 | 0.080 | 130* | 150.0 | 75 | 75 | 149.9 | 40 | 40 | 149.9 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | |
| 1.810 | 0.075 | 170* | 273.3 | 109 | 109 | 188.3 | 74 | 74 | 173 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | |
| 2.340 | 0.100 | 200* | 357.8 | 143 | 143 | 238.3 | 93 | 93 | 153.7 | 60 | 60 | 53.2 | 5.3 | 5.3 | |
| 3.810 | 0.180 | 300* | 449.1 | 180 | 180 | 294.9 | 118 | 118 | 192.4 | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 | |
| 5.080 | 0.200 | 400* | 590.3 | 236 | 236 | 350.6 | 140 | 140 | 248.9 | 98 | 98 | 102.2 | 6.8 | 6.8 | |
| 6.280 | 0.250 | 500* | 730.8 | 292 | 292 | 439.1 | 176 | 176 | 302.4 | 122 | 122 | 122 | 122 | 122 | |
| 7.620 | 0.300 | 600* | 926.7 | 371 | 371 | 593.4 | 237 | 237 | 366.6 | 156 | 156 | 156 | 156 | 156 | |
| 10.160 | 0.400 | 800* | 1173.3 | 470 | 470 | 758.8 | 303 | 303 | 463.4 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | |
| 12.700 | 0.500 | 1000* | 1319.1 | 496 | 496 | 711.8 | 284 | 284 | 451.7 | 189 | 189 | 189 | 189 | 189 | |

Técnico: Carlos Wilder Muñoz Abad
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con firmeado (recuperación aceite sulfonado)
 Ubicación: Pasaje Venus Cuadra N° 05, Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

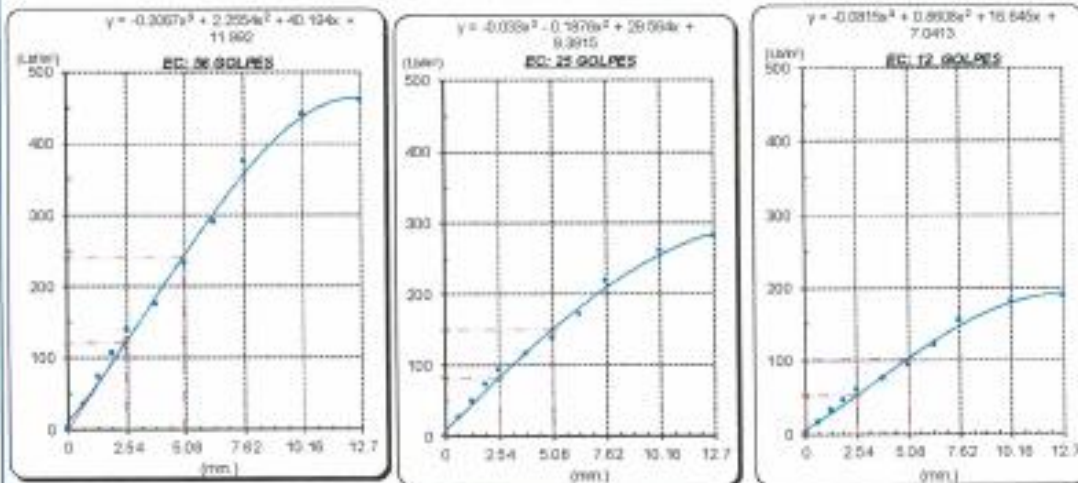


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

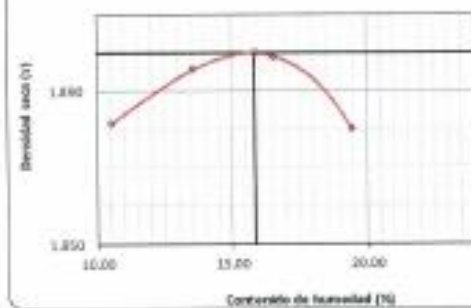
DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 1.900 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 95% | 1.825 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 15.97 % |

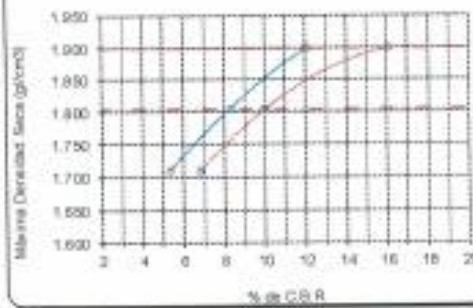
VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|------------------------|---------|---------|
| | 2.64 cm | 5.68 cm |
| C.B.R. AL 100 % M.D.S. | 10.0 % | 10.0 % |
| C.B.R. AL 95 % M.D.S. | 8.27 % | 10.0 % |

GRAFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DEL C.B.R.




Henry Rindonegro Obispo
 Tel. Labor: 054 414 1000
 USAT

Anexo 53. CBR experimental calicata 3 – muestra 1 (3^{era} adición - SR)

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1683

Técnico : Carlos Wilder Muñoz Abad
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación : IIRON Juan Thomas Cuadra N° 05, Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023



CALICATA : : NP 03
 MUESTRA : : NP 01
 PROFUNDIDAD : 0.30 m - 1.00 m
 Adición 0.35 Lm³

| COMPACTACIÓN | | | | | | |
|---------------------------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
| Nº Molde | A-10 | | A-11 | | A-12 | |
| Nº Capas | 5 | | 5 | | 5 | |
| Nº Golpes por capa | 56 | | 25 | | 12 | |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado |
| Peso molde + Suelo húmedo | 12484 | 12773 | 12544 | 12469 | 12647 | 13331 |
| Peso de molde (g) | 7949 | 7749 | 7788 | 7795 | 8809 | 8606 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4745 | 5024 | 4856 | 4714 | 4241 | 4525 |
| Volumen del molde (cc) | 2133 | 2133 | 2124 | 2124 | 2119 | 2118 |
| Densidad húmeda (g/cc) | 2.225 | 2.365 | 2.283 | 2.219 | 2.002 | 2.139 |
| % de humedad | 16.46 | 17.85 | 16.46 | 17.90 | 16.46 | 18.68 |
| Densidad seca (g/cc) | 1.91 | 1.998 | 1.91 | 1.881 | 1.72 | 1.797 |

| HUMEDAD | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Tarso Nº | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| Tarso + Suelo húmedo (gr.) | 82.30 | 82.30 | 80.97 | 80.97 | 89.88 | 89.88 | 90.51 | 90.51 | 74.98 | 74.98 | 109.32 | 109.32 |
| Tarso + Suelo seco (gr.) | 73.67 | 73.67 | 80.44 | 80.44 | 80.28 | 80.28 | 79.97 | 79.97 | 67.45 | 67.45 | 87.79 | 87.79 |
| Peso del agua (gr.) | 8.6 | 8.6 | 10.5 | 10.5 | 9.6 | 9.6 | 10.5 | 10.5 | 7.5 | 7.5 | 12.5 | 12.5 |
| Peso del tarso (gr.) | 21.25 | 21.25 | 21.46 | 21.46 | 21.95 | 21.95 | 21.37 | 21.37 | 21.89 | 21.69 | 21.44 | 21.44 |
| Peso del suelo seco (gr.) | 52.4 | 52.4 | 59.0 | 59.0 | 58.3 | 58.3 | 58.6 | 58.6 | 45.8 | 45.8 | 65.4 | 65.4 |
| % de humedad | 16.46 | 16.46 | 17.65 | 17.65 | 16.46 | 16.46 | 17.90 | 17.90 | 16.46 | 16.46 | 18.00 | 18.68 |
| Incremento de Humedad (%) | - | - | 16.463 | 17.65 | - | - | 16.46 | 17.90 | - | - | 16.46 | 18.68 |

| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------------|------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| FECHA | HORA | TIEMPO Hh. | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | |
| | | | | Polg. | % | | Polg. | % | | Polg. | % |
| 30/10/2023 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 31/10/2023 | 14.3 | 24 | 8.22 | 0.006 | | 8.15 | 0.004 | | 8.12 | 0.003 | |
| 01/11/2023 | 14.3 | 48 | 1.45 | 0.036 | | 1.29 | 0.031 | | 1.35 | 0.034 | |
| 02/11/2023 | 14.3 | 72 | 3 | 0.125 | | 3.35 | 0.134 | | 3.51 | 0.156 | |
| 03/11/2023 | 14.3 | 96 | 18 | 0.250 | | 10.35 | 0.250 | | 13.38 | 0.280 | |
| | | | 4.37 | total | 5.47 | 4.37 | total | 5.67 | 4.37 | total | 5.69 |

| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------------|---------------|------------------------|------------------------|-----|---------------|------------------------|------------------------|---|---------------|------------------------|------------------------|---|
| PENETRACIÓN | TIEMPO | CARGA STAND. | BOLDE Nº A-99 | | | | BOLDE Nº A-11 | | | | BOLDE Nº A-12 | | | |
| | | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | |
| | | | Lect. Dial | Lbs/ pulg ² | Lbs/ pulg ² | % | Lect. Dial | Lbs/ pulg ² | Lbs/ pulg ² | % | Lect. Dial | Lbs/ pulg ² | Lbs/ pulg ² | % |
| 0.000 | 0.000 | 0700 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 0.640 | 0.025 | 0730 | 92 | 37 | 57.1 | 37 | 17 | | | | | | | |
| 1.279 | 0.050 | 1700 | 132.9 | 75 | 121.9 | 46 | 35 | | | | | | | |
| 1.918 | 0.075 | 1730 | 202.7 | 111 | 193.1 | 75 | 49 | | | | | | | |
| 2.558 | 0.100 | 2700 | 369.5 | 141 | 252.0 | 106 | 63 | 57.5 | 5.8 | | | | | |
| 3.810 | 0.150 | 3700 | 463.4 | 161 | 296.7 | 126 | 72 | | | | | | | |
| 5.080 | 0.200 | 4700 | 610.4 | 241 | 390.8 | 157 | 102 | 110.2 | 7.3 | | | | | |
| 6.360 | 0.250 | 5700 | 758.8 | 302 | 490.2 | 177 | 128 | | | | | | | |
| 7.620 | 0.300 | 6700 | 959.6 | 360 | 598.0 | 207 | 149 | | | | | | | |
| 10.160 | 0.400 | 8700 | 1113.3 | 439 | 699.4 | 274 | 190 | | | | | | | |
| 12.700 | 0.500 | 10700 | 1151.4 | 476 | 792.3 | 316 | 196 | | | | | | | |

Tesis: Carlos Wilder Muñoz Alad
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con el método incorporando aceite sulfurado
 Ubicación: Jrón Juan Thomas Cuesta N° 05, Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRÁFICO CARGA - PENETRACIÓN

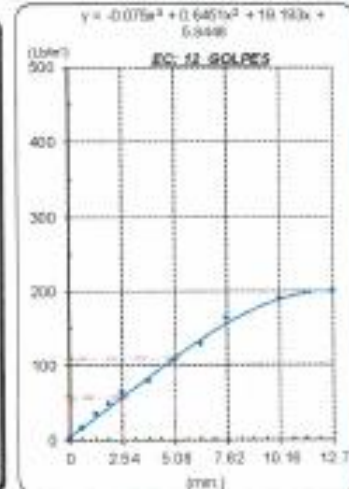
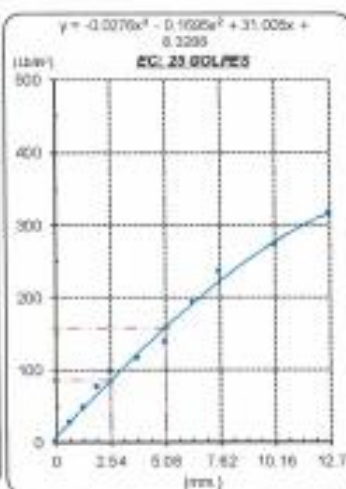
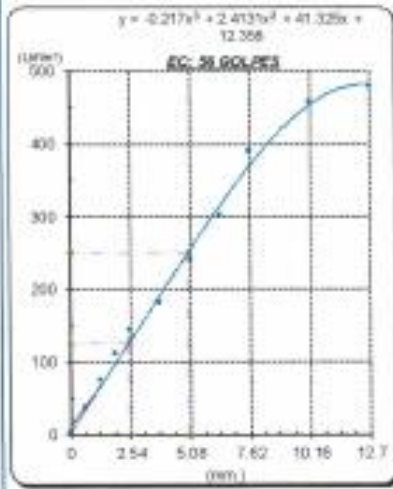


GRÁFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

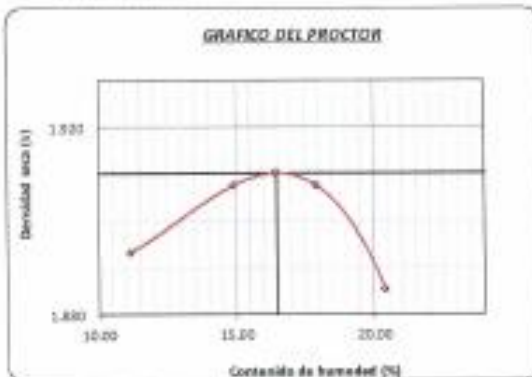
DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 1.070 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 95% | 1.015 g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 15.42 % |

VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|------------------------|----------|----------|
| | 3.54 cm. | 5.08 cm. |
| C.B.R. AL 100 % M.D.S. | 12.5 % | 16.6 % |
| C.B.R. AL 95 % M.D.S. | 8.55 % | 10.5 % |

GRÁFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DEL C.B.R.





 Henry Rivas Rivas
 Obispo
 Tec. Laboratorio
 USAT

Anexo 54. CBR experimental calicata 1 – muestra 1 (4^{ta} adición - SR)

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Técnico : Carlos Wálder Muñoz Abad
 Disciplina : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación : Calle Henry Francois Cuadra N° 01, Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023



CAJALATA : N° 01
 MUESTRA : N° 01
 Adición 0.45 L/m³ PROFUNDIDAD: 0.30 m - 1.50 m

| COMPACTACIÓN | | | | | | |
|---------------------------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
| Nº Molde | A-1 | | A-2 | | A-3 | |
| Nº Golpes | 5 | | 5 | | 5 | |
| Nº Golpes por capa | 56 | | 25 | | 12 | |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado |
| Peso molde + Suelo húmedo | 13366 | 13573 | 13295 | 13572 | 13268 | 13076 |
| Peso de molde (g) | 8821 | 8821 | 8804 | 8804 | 8453 | 8453 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4745 | 4952 | 4491 | 4768 | 4766 | 4572 |
| Volumen del molde (cc) | 2120 | 2120 | 2122 | 2112 | 2113 | 2113 |
| Densidad húmeda (g/cc) | 2.238 | 2.336 | 2.120 | 2.258 | 2.254 | 2.168 |
| % de humedad | 16.56 | 17.99 | 16.56 | 19.03 | 16.54 | 21.56 |
| Densidad seca (g/cc) | 1.92 | 1.990 | 1.82 | 1.897 | 1.73 | 1.780 |

| HUMEDAD | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tarso Nº | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Tarso + Suelo húmedo (gr) | 68.40 | 68.48 | 77.87 | 77.01 | 75.35 | 75.35 | 76.44 | 76.44 | 61.34 | 61.34 | 69.88 | 69.88 |
| Tarso + Suelo seco (gr) | 61.56 | 61.56 | 68.48 | 68.48 | 67.53 | 67.53 | 67.49 | 67.49 | 55.61 | 55.61 | 74.38 | 74.38 |
| Peso del Agua (gr) | 6.8 | 6.8 | 9.4 | 8.5 | 7.8 | 7.8 | 8.9 | 8.9 | 5.7 | 5.7 | 11.8 | 11.8 |
| Peso del tarso (gr) | 20.25 | 20.25 | 20.59 | 20.59 | 20.37 | 20.37 | 20.49 | 20.49 | 20.07 | 20.07 | 20.55 | 20.55 |
| Peso del suelo seco (gr) | 41.3 | 41.3 | 47.9 | 47.9 | 47.2 | 47.2 | 47.0 | 47.0 | 34.6 | 34.6 | 53.8 | 53.8 |
| % de humedad | 16.56 | 16.56 | 17.99 | 17.99 | 16.56 | 16.56 | 19.03 | 19.03 | 16.54 | 16.54 | 21.56 | 21.56 |
| Promedio de Humedad (%) | 16.56 | | 17.99 | | 16.56 | | 19.03 | | 16.54 | | 21.56 | |

| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------------|-----------|-------|------|-----------|-------|------|-----------|-------|------|---|
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | EXPANSIÓN | | | EXPANSIÓN | | | EXPANSIÓN | | | |
| | | | DIAL | Pulg | % | DIAL | Pulg | % | DIAL | Pulg | % | |
| 30/10/2023 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 31/10/2023 | 14.3 | 24 | 6.22 | 0.026 | | 6.15 | 0.024 | | 6.12 | 0.023 | | |
| 01/11/2023 | 14.3 | 48 | 1.45 | 0.036 | | 1.25 | 0.031 | | 1.25 | 0.034 | | |
| 03/11/2023 | 14.3 | 72 | 5 | 0.125 | | 5.35 | 0.134 | | 6.31 | 0.159 | | |
| 05/11/2023 | 14.3 | 96 | 10 | 0.250 | | 10.38 | 0.259 | | 15.38 | 0.390 | | |
| | | | 4.57 | total | 5.47 | 4.57 | total | 5.67 | 4.57 | total | 5.69 | |

| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------------|-----------|------------|-----|--------------|-----------|------------|-------|--------------|-----------|------------|------|-------|
| PENETRACIÓN | TIEMPO | STAND. | CARGA | MOLDE Nº A-1 | | | | MOLDE Nº A-2 | | | | MOLDE Nº A-3 | | | | |
| | | | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | |
| | | | | Lect. Dial | Líq. pAg2 | Líq. pAg2 | % | Lect. Dial | Líq. pAg2 | Líq. pAg2 | % | Lect. Dial | Líq. pAg2 | Líq. pAg2 | % | |
| 0.000 | 0.000 | 000* | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 0.640 | 0.025 | 030* | 98 | 33 | 10.6 | 299.2 | 28 | 98 | 33 | 10.6 | 299.2 | 28 | 98 | 33 | 10.6 | 299.2 |
| 1.270 | 0.050 | 150* | 212 | 75 | 12.6 | 624.3 | 60 | 212 | 75 | 12.6 | 624.3 | 60 | 212 | 75 | 12.6 | 624.3 |
| 1.910 | 0.075 | 170* | 282.1 | 94 | 15.6 | 193.5 | 79 | 282.1 | 94 | 15.6 | 193.5 | 79 | 282.1 | 94 | 15.6 | 193.5 |
| 2.540 | 0.100 | 250* | 384.8 | 126 | 21.0 | 249.9 | 97 | 384.8 | 126 | 21.0 | 249.9 | 97 | 384.8 | 126 | 21.0 | 249.9 |
| 3.180 | 0.150 | 350* | 481.0 | 158 | 26.3 | 340.4 | 130 | 481.0 | 158 | 26.3 | 340.4 | 130 | 481.0 | 158 | 26.3 | 340.4 |
| 5.090 | 0.200 | 450* | 574.6 | 190 | 31.7 | 390.3 | 150 | 574.6 | 190 | 31.7 | 390.3 | 150 | 574.6 | 190 | 31.7 | 390.3 |
| 6.350 | 0.250 | 500* | 782.5 | 254 | 42.3 | 519.0 | 200 | 782.5 | 254 | 42.3 | 519.0 | 200 | 782.5 | 254 | 42.3 | 519.0 |
| 7.620 | 0.300 | 600* | 896.0 | 306 | 50.8 | 671.5 | 260 | 896.0 | 306 | 50.8 | 671.5 | 260 | 896.0 | 306 | 50.8 | 671.5 |
| 10.180 | 0.400 | 800* | 1156.6 | 399 | 66.3 | 786.4 | 315 | 1156.6 | 399 | 66.3 | 786.4 | 315 | 1156.6 | 399 | 66.3 | 786.4 |
| 12.700 | 0.500 | 1000* | 1203.6 | 491 | 81.8 | 852.8 | 344 | 1203.6 | 491 | 81.8 | 852.8 | 344 | 1203.6 | 491 | 81.8 | 852.8 |

Tecnia: Carlos Wilder Muñoz Abad
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con aferrado incorporando aceite asfáltico
 Ubicación: Calle Henry Francisco Cuadra N° 01, Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. I Diagrama de penetración

N.T.F. 339.145 / ASTM D-1883

GRÁFICO CARGA - PENETRACIÓN

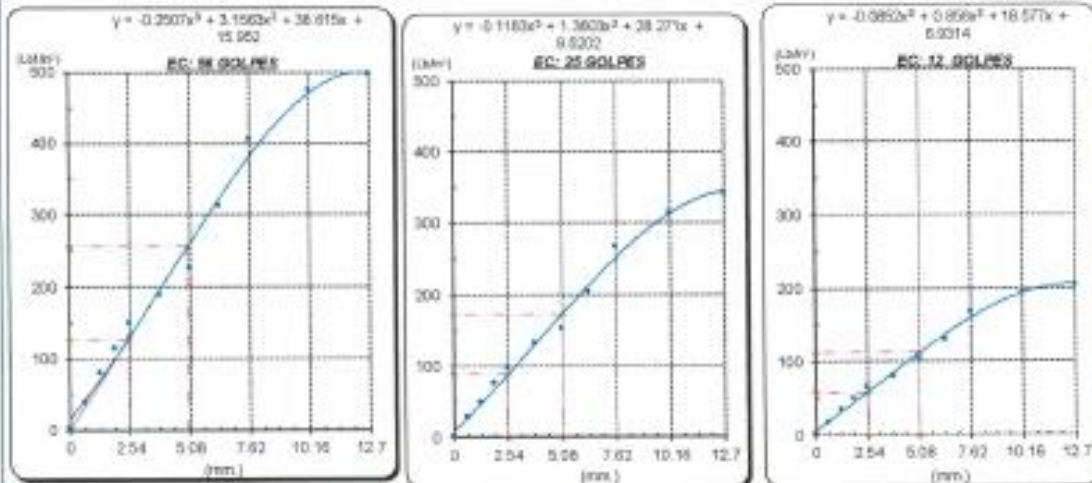


GRÁFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

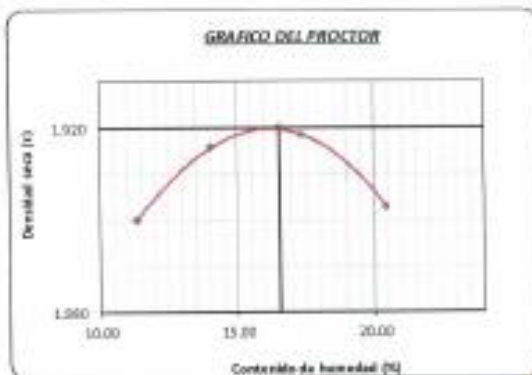
DATOS DEL PROYECTO

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 1.920 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 95% | 1.854 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 16.66 % |

VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|------------------------|----------|----------|
| | 2.54 cm. | 5.08 cm. |
| C.B.R. AL 100 % M.D.E. | 12.6 % | 17.1 % |
| C.B.R. AL 95 % M.D.E. | 8.62 % | 11.5 % |

GRÁFICO DEL PROYECTO



DETERMINACION DEL C.B.R.



Henry Ramírez
 Henry Ramírez
 Chiclayo
 Tec. Laboratorio
 USAT



Anexo 55. CBR experimental calicata 2 – muestra 1 (4^{ta} adición - SR)

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. J Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tecnia : Carlos Wilder Muñoz Abad
Especialidad : Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Título : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfurado
Ubicación : Pasaje Venus Cuadra N° 01, Chiclayo, Lambayeque - Peru
Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023

CALICATA : : N° 02
MUESTRA : : N° 01
Profundidad : 0.30 m - 1.50 m
Adición 0.45 Lm³

| COMPACTACIÓN | | | | | | |
|---------------------------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
| Nº Molde | A-4 | | A-5 | | A-6 | |
| Nº Capas | 5 | | 5 | | 5 | |
| Nº Golpes por capa | 56 | | 26 | | 12 | |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado |
| Peso molde + Suelo húmedo | 12623 | 12671 | 13325 | 13572 | 12163 | 12505 |
| Peso de molde (g) | 7893 | 7543 | 8738 | 8738 | 7890 | 7890 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4730 | 5028 | 4587 | 4834 | 4273 | 4615 |
| Volumen del molde (cc) | 1129 | 2122 | 2118 | 2125 | 2132 | 2150 |
| Densidad húmeda (g/cc) | 2.259 | 2.369 | 2.169 | 2.275 | 2.003 | 2.167 |
| % de humedad | 15.73 | 15.04 | 17.74 | 19.19 | 16.75 | 21.64 |
| Densidad seca (g/cc) | 1.93 | 2.007 | 1.83 | 1.909 | 1.74 | 1.907 |

| HUMEDAD | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tarso Nº | A-4 | | A-5 | | A-6 | | A-4 | | A-5 | | A-6 | |
| Tarso + Suelo húmedo (gr) | 68.23 | 68.23 | 75.98 | 75.98 | 73.86 | 73.86 | 75.27 | 75.27 | 68.73 | 68.73 | 65.89 | 65.89 |
| Tarso + Suelo seco (gr) | 61.34 | 61.34 | 68.36 | 68.36 | 67.58 | 67.58 | 67.27 | 67.27 | 64.95 | 64.95 | 64.28 | 64.28 |
| Peso del Agua (gr) | 6.9 | 6.9 | 6.6 | 6.6 | 6.3 | 6.3 | 8.0 | 8.0 | 3.8 | 3.8 | 11.6 | 11.6 |
| Peso del tarso (gr) | 20.95 | 20.95 | 20.98 | 20.98 | 20.96 | 20.96 | 20.37 | 20.37 | 20.44 | 20.44 | 20.51 | 20.51 |
| Peso del suelo seco (gr) | 41.2 | 41.2 | 47.8 | 47.8 | 46.6 | 46.6 | 46.9 | 46.9 | 34.5 | 34.5 | 53.6 | 53.6 |
| % de humedad | 16.73 | 16.73 | 13.84 | 13.84 | 13.74 | 13.74 | 18.19 | 18.19 | 16.75 | 16.75 | 21.64 | 21.64 |
| Promedio de Humedad (%) | 16.73 | | 13.84 | | 13.74 | | 18.19 | | 16.75 | | 21.64 | |

| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------------|------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|-----------|-------|--|
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | |
| | | | | Pulg | % | | Pulg | % | | Pulg | % | |
| 30/10/2023 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 31/10/2023 | 14.3 | 24 | 0.22 | 0.006 | 0.15 | 0.004 | 0.12 | 0.003 | 0.12 | 0.003 | 0.003 | |
| 01/11/2023 | 14.3 | 48 | 1.45 | 0.036 | 1.25 | 0.031 | 1.25 | 0.034 | 1.25 | 0.034 | 0.034 | |
| 02/11/2023 | 14.3 | 72 | 9 | 0.125 | 3.35 | 0.134 | 6.31 | 0.156 | 6.31 | 0.156 | 0.156 | |
| 03/11/2023 | 14.3 | 96 | 16 | 0.250 | 16.86 | 0.259 | 16.39 | 0.280 | 16.39 | 0.280 | 0.280 | |
| | | | 4.57 | total | 5.47 | total | 5.67 | total | 4.57 | total | 5.06 | |

| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------------|--------------|------------------------|------------------------|-------|--------------|------------------------|------------------------|------|--------------|------------------------|------------------------|---|
| PENETRACIÓN | TIEMPO | CARGA STAND. | MOLDE Nº A-4 | | | | MOLDE Nº A-5 | | | | MOLDE Nº A-6 | | | |
| | | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | |
| | | | Lect. Dial | Lbs/ pulg ² | Lbs/ pulg ² | % | Lect. Dial | Lbs/ pulg ² | Lbs/ pulg ² | % | Lect. Dial | Lbs/ pulg ² | Lbs/ pulg ² | % |
| 0.000 | 0.000 | 000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 0.040 | 0.025 | 020 | 92.7 | 3.9 | 177.0 | 20 | 0.8 | 40.9 | 1.7 | 20.4 | 0.9 | 3.7 | | |
| 1.230 | 0.050 | 500 | 195.9 | 7.8 | 177.0 | 40 | 1.6 | 81.8 | 3.4 | 20.4 | 0.9 | 3.7 | | |
| 1.910 | 0.075 | 750 | 289.2 | 11.2 | 177.0 | 69 | 2.8 | 123.0 | 4.9 | 20.4 | 0.9 | 3.7 | | |
| 2.540 | 0.100 | 1000 | 376.6 | 14.2 | 177.0 | 94 | 3.8 | 161.0 | 6.3 | 20.4 | 0.9 | 3.7 | | |
| 3.910 | 0.150 | 1500 | 470.4 | 18.8 | 177.0 | 127 | 5.1 | 201.1 | 8.0 | 20.4 | 0.9 | 3.7 | | |
| 5.090 | 0.200 | 2000 | 648.4 | 25.7 | 177.0 | 146 | 5.8 | 274.0 | 10.8 | 20.4 | 0.9 | 3.7 | | |
| 6.390 | 0.250 | 2500 | 767.2 | 30.3 | 177.0 | 158 | 6.3 | 334.0 | 13.1 | 20.4 | 0.9 | 3.7 | | |
| 7.630 | 0.300 | 3000 | 974.0 | 39.6 | 177.0 | 169 | 6.7 | 426.7 | 17.0 | 20.4 | 0.9 | 3.7 | | |
| 10.160 | 0.400 | 4000 | 1128.0 | 45.1 | 177.0 | 185 | 7.4 | 490.4 | 19.7 | 20.4 | 0.9 | 3.7 | | |
| 12.700 | 0.500 | 5000 | 1176.8 | 48.0 | 177.0 | 191.7 | 7.6 | 511.6 | 20.1 | 20.4 | 0.9 | 3.7 | | |

Título: Carlos Wilder Muñoz Abad
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con aferrado incorporando aceite sulfurado
 Ubicación: Pasaje Varas Cuadra N° 01, Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

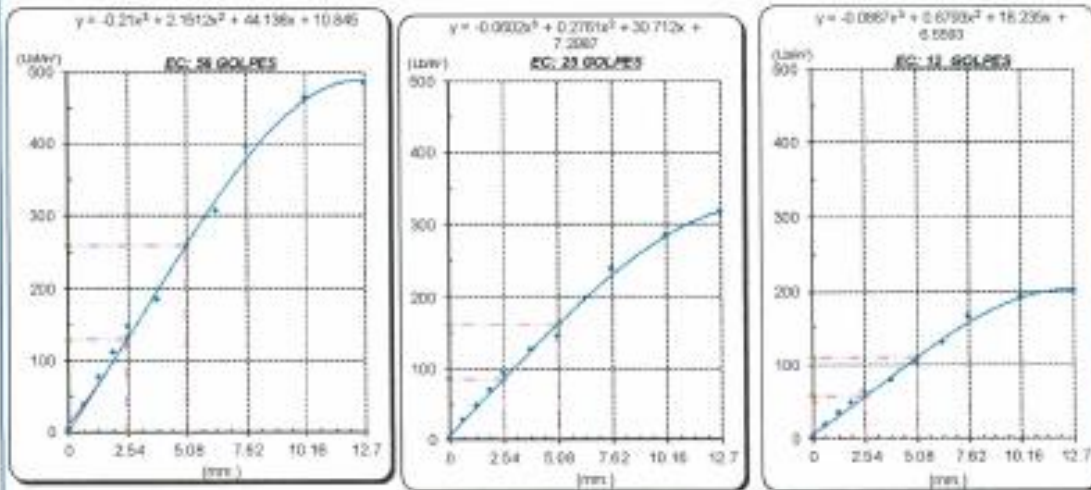


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

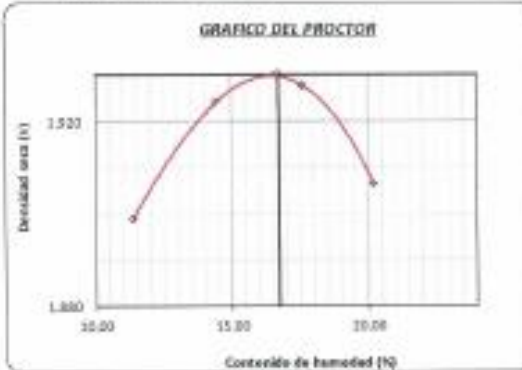
DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 1.230 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 95% | 1.534 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 16.73 % |

VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|-----------------------|----------|----------|
| | 2.84 cm. | 6.68 cm. |
| C.B.R. AL 100% M.O.S. | 10.0 % | 17.3 % |
| C.B.R. AL 95% M.O.S. | 9.61 % | 16.8 % |

GRAFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DEL C.B.R.




Henry Rivas
 Ingeniero Civil
 Tec. Laboratorio USAT

Anexo 56. CBR experimental calicata 3 – muestra 1 (4^{ta} adición - SR)

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.F. 339.145 / ASTM D-1883




Técnico : Carlos Wilder Muñoz Ábad
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfurado
Ubicación : Jiron Juan Thomas Cuadra N° 05, Chiclayo, Lambayeque - Peru
Fecha de ensayo : Chiclayo, Noviembre del 2023



CALICATA : **Nº 03**
 MUESTRA : **Nº 01**
 Adición 0.45 Litro³

Profundidad : 0.30 m - 1.50 m

| COMPACTACIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|----------|--------------|------------|------------|-----------|--------------|------------|------------|---|
| Nº Molde | A-7 | | A-8 | | A-9 | | | | | | | | | |
| Nº Capa | 5 | | 5 | | 5 | | | | | | | | | |
| Nº Golpes por capa | 56 | | 25 | | 12 | | | | | | | | | |
| CONDICION DE LA MUESTRA | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | | | | | | | | |
| Peso molde + Suelo húmedo | 12511 | 12715 | 12338 | 12551 | 12895 | 12864 | | | | | | | | |
| Peso de molde (g) | 7855 | 7855 | 7561 | 7603 | 7828 | 7828 | | | | | | | | |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4656 | 4860 | 4427 | 4648 | 4207 | 4336 | | | | | | | | |
| Volumen del molde (cc) | 2117 | 2117 | 2119 | 2119 | 2125 | 2125 | | | | | | | | |
| Densidad húmeda (g/cc) | 2.199 | 2.296 | 2.086 | 2.189 | 1.980 | 2.059 | | | | | | | | |
| % de humedad | 6.61 | 7.66 | 6.60 | 7.40 | 6.60 | 7.33 | | | | | | | | |
| Densidad seca (g/cc) | 2.08 | 2.128 | 1.99 | 2.042 | 1.89 | 1.918 | | | | | | | | |
| HUMEDAD | | | | | | | | | | | | | | |
| Tarro Nº | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | |
| Tarro + Suelo húmedo (gr.) | 76.40 | 76.40 | 74.33 | 74.33 | 73.99 | 73.99 | | | | | | | | |
| Tarro + Suelo seco (gr.) | 67.29 | 67.29 | 70.36 | 70.36 | 70.83 | 70.83 | | | | | | | | |
| Peso del Agua (gr.) | 3.1 | 3.1 | 3.9 | 3.9 | 3.2 | 3.2 | | | | | | | | |
| Peso del tarro (gr.) | 20.21 | 20.21 | 20.34 | 20.34 | 22.93 | 22.93 | | | | | | | | |
| Peso del suelo seco (gr.) | 47.1 | 47.1 | 50.0 | 50.0 | 47.9 | 47.9 | | | | | | | | |
| % de humedad | 6.61 | 6.61 | 7.66 | 7.66 | 6.60 | 6.60 | | | | | | | | |
| Promedio de Humedad (%) | 6.603 | 7.26 | 6.60 | 6.60 | 7.40 | 6.60 | | | | | | | | |
| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA | HORA | TIEMPO hr. | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | | | |
| | | | | Pulg | % | | Pulg | % | | Pulg | % | | | |
| 30/10/2023 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 31/10/2023 | 14.3 | 26 | 0.22 | 0.000 | 0.00 | 0.15 | 0.004 | 0.13 | 0.003 | | | | | |
| 01/11/2023 | 14.3 | 48 | 1.48 | 0.036 | 0.03 | 1.25 | 0.031 | 1.35 | 0.034 | | | | | |
| 02/11/2023 | 14.3 | 72 | 5 | 0.125 | 0.12 | 5.35 | 0.134 | 6.31 | 0.158 | | | | | |
| 03/11/2023 | 14.3 | 96 | 10 | 0.250 | 0.25 | 10.36 | 0.259 | 12.26 | 0.290 | | | | | |
| | | | 4.57 | total | 5.47 | 4.57 | total | 5.67 | 4.57 | total | 5.60 | | | |
| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
| PENETRACIÓN | TIEMPO | CARGA STAND. | MOLDE Nº A-7 | | | | MOLDE Nº A-8 | | | | MOLDE Nº A-9 | | | |
| | | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | |
| | | | Libr. Ouz | Libr. pulg | Libr. pulg | % | Libr. Ouz | Libr. pulg | Libr. pulg | % | Libr. Ouz | Libr. pulg | Libr. pulg | % |
| 0.000 | 0.000 | 000" | 0 | 2 | | | 0 | | 0 | 2 | | | | |
| 0.640 | 0.025 | 050" | 88.3 | 35 | | | 75.6 | 31 | 50.5 | 21 | | | | |
| 1.275 | 0.050 | 100" | 185.3 | 72 | | | 153.6 | 62 | 94.3 | 38 | | | | |
| 1.910 | 0.075 | 150" | 271.6 | 106 | | | 187.6 | 76 | 134.9 | 53 | | | | |
| 2.540 | 0.100 | 200" | 350.6 | 137 | 124.3 | 12.4 | 263.6 | 107 | 176.6 | 69 | 6.3 | | | |
| 3.175 | 0.150 | 300" | 440.9 | 173 | | | 340.0 | 137 | 215.6 | 86 | 4.3 | | | |
| 3.810 | 0.200 | 400" | 638.2 | 253.2 | 250.9 | 16.7 | 385.6 | 155 | 276.6 | 109 | 7.7 | | | |
| 4.445 | 0.250 | 500" | 734.2 | 293 | | | 513.6 | 207 | 345.6 | 138 | 6.3 | | | |
| 5.080 | 0.300 | 600" | 846.5 | 384 | | | 612.8 | 243 | 439.6 | 176 | 6.3 | | | |
| 5.715 | 0.400 | 800" | 1107.6 | 495 | | | 729.9 | 293 | 506.6 | 199 | 6.3 | | | |
| 6.350 | 0.500 | 1000" | 1154.5 | 476 | | | 805.6 | 323 | 526.6 | 207 | | | | |

Tesis : Carlos Wilder Muñoz Abad
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con albedo incorporando aceite sulfurado
 Ubicación : Jr. Juan Thomas Guadri N° 05, Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

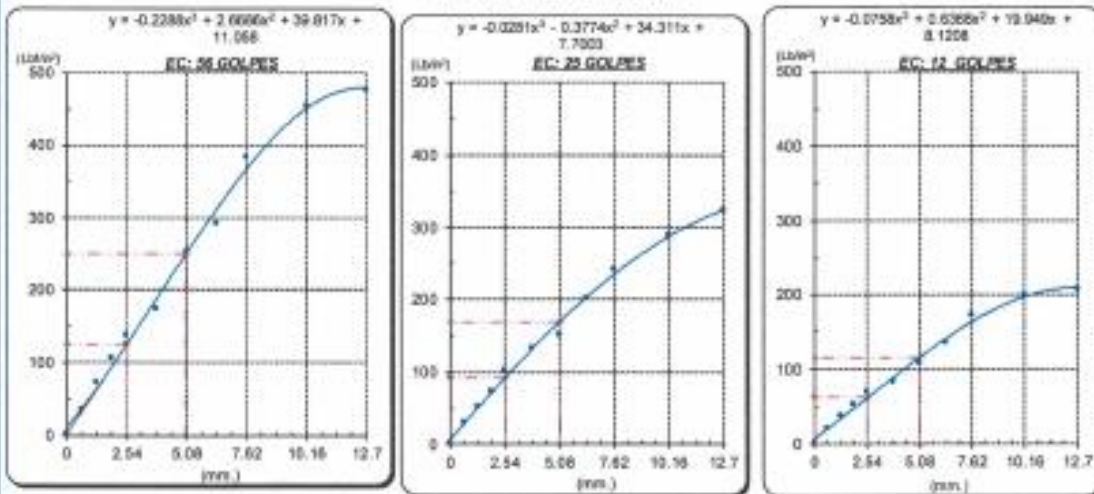


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

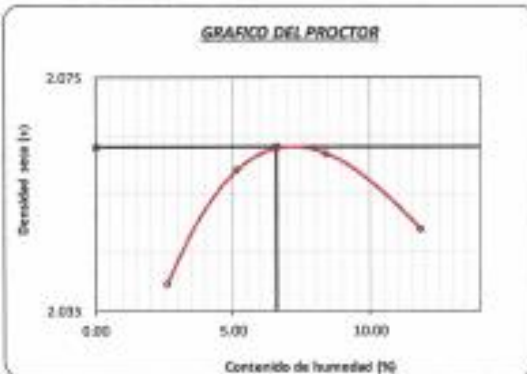
DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 2.063 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 95% | 1.960 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 6.60 % |

VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|------------------------|----------|----------|
| | 2.54 cm. | 5.08 cm. |
| C.B.R. AL 100 % M.D.S. | 12.4 % | 16.7 % |
| C.B.R. AL 95 % M.D.S. | 9.19 % | 11.2 % |

GRAFICO DEL PROCTOR




DETERMINACION DEL C.B.R.



Henry Rivas de la Cruz
 Obtuvo
 Tec. Laboratorio
 USAT

Anexo 57. Proctor modificado experimental calicata 1 – muestra 1 (1^{era} adición - BG)

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m² (58000 pie-lbf/ft²))
N.T.P. 338.141 ASTM D - 1557



Técnico: Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/tesis: Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
Ubicación: Chiclayo, Lambayeque - Peru
Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2013

CANTERA: LA VICTORIA - PATAPO
MUESTRA: N° 01 - AFIRMADO
 Adición 0.15 L/m²

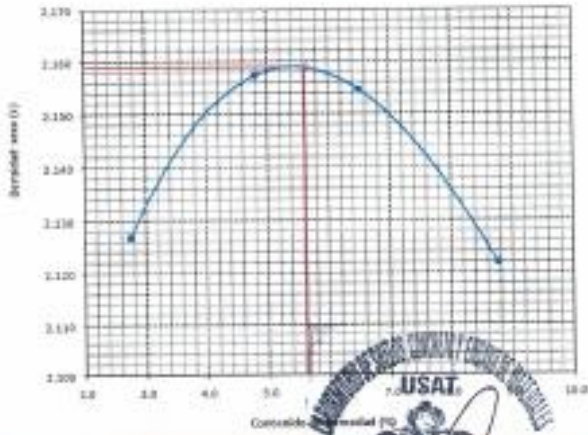
| Número de ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g | 11083 | 11245 | 11317 | 11344 |
| Peso del molde | g | 6438 | 6438 | 6438 | 6438 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g | 4645 | 4807 | 4879 | 4906 |
| Volumen del molde | cm ³ | 2126 | 2126 | 2126 | 2126 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ | 2.185 | 2.261 | 2.285 | 2.308 |

CONTENIDO DE HUMEDAD

| N° Recipiente | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g | 445.1 | 466.6 | 494.0 | 507.1 |
| Peso del suelo seco + tara | g | 435.5 | 448.1 | 487.7 | 471.4 |
| Peso de tara | g | 84.80 | 83.10 | 83.80 | 83.80 |
| Peso de agua | g | 9.6 | 18.5 | 26.3 | 35.7 |
| Peso de suelo seco | g | 350.7 | 365 | 403.9 | 407.6 |
| Contenido de agua | % | 2.7 | 4.8 | 6.51 | 8.8 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ | 2.127 | 2.157 | 2.156 | 2.122 |

| | | |
|------------------------------------|-------|-------------------|
| DENSIDAD MAXIMA SECA | 2.159 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 5.63 | % |

GRÁFICO DEL PROCTOR








REGISTRO DE LABORATORIO



Hecho y firmado en
 Chiclayo
 el día 11 de Noviembre del 2013
 USAT

Anexo 58. Proctor modificado experimental calicata 2 – muestra 1 (1^{era} adición - BG)

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-metro (58000 pie-libras))
N.T.P. 319.141 ASTM D - 1557



Tecnicista: Carlos Wilber Nuñez Abad
Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
Ubicación: Chiclayo, Lambayeque - Peru
Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

CANTON: LA VICTORIA - PATAPO
MUESTRA: NF 02 - ARRIMADO
PROFUNDIDAD: 0.30 m - 1.50 m
Adición 0.15 L/m³

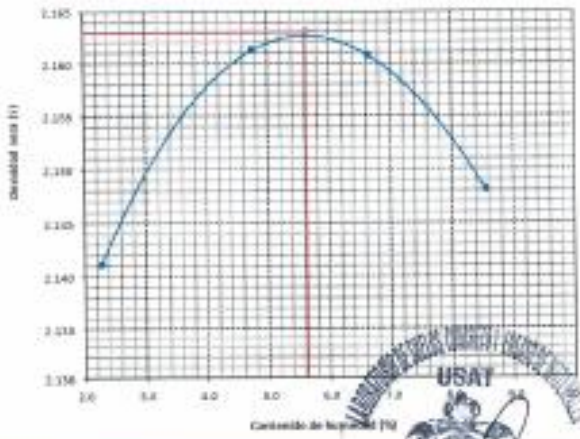
| Número de ensayo | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g 11093 | 11291 | 11337 | 11396 |
| Peso del molde | g 6438 | 6438 | 6438 | 6438 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g 4655 | 4853 | 4899 | 4957 |
| Volumen del molde | cm ³ 2126 | 2126 | 2126 | 2126 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ 2.189 | 2.284 | 2.304 | 2.332 |


CONTENIDO DE HUMEDAD

| Nº Recipiente | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g 430.1 | 455.5 | 458.9 | 455.3 |
| Peso del suelo seco + tara | g 422.5 | 438.1 | 443.7 | 434.4 |
| Peso de tara | g 86.80 | 89.50 | 84.30 | 85.70 |
| Peso de agua | g 7.5 | 17.5 | 25.2 | 31.5 |
| Peso de suelo seco | g 335.7 | 368.6 | 379.4 | 368.7 |
| Contenido de agua | % 2.3 | 4.7 | 6.84 | 8.5 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ 2.141 | 2.161 | 2.161 | 2.148 |

| | | |
|------------------------------------|--------------|-------------------------|
| DENSIDAD MAXIMA SECA | 2.163 | g/cm³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 5.83 | % |

GRAFICO DEL PROCTOR







Henry Rosendo Jim Obitos
 Tec. Laboratorio USAT


USAT
 TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 59. Proctor modificado experimental calicata 3 – muestra 1 (1^{era} adición - BG)

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m² (58000 pie-lbf/pie²))
N.T.P. 338.141 ASTM D - 1557



Técnico: Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Tests: Evaluación de la base granular con afirmado incorporando acrílico sulfonado
Ubicación: Chiclayo, Lambayeque - Perú
Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

CANTINA: LA VICTORIA - PATAPO
PROFUNDIDAD: 0.90 m - 1.50 m
ADICIÓN: NF 05 - AFIRMADO
Adición: 0.15 L/m³

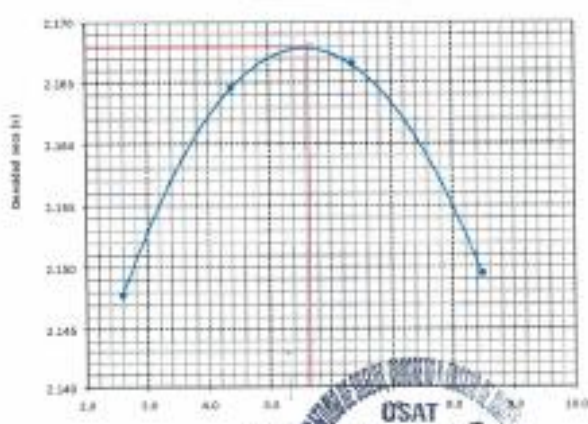
| Número de ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g | 11122 | 11241 | 11337 | 11399 |
| Peso del molde | g | 6438 | 6438 | 6438 | 6438 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g | 4684 | 4803 | 4899 | 4957 |
| Volumen del molde | cm ³ | 2126 | 2126 | 2126 | 2126 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ | 2.203 | 2.259 | 2.304 | 2.332 |

CONTENIDO DE HUMEDAD

| Nº Recipiente | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g | 410.6 | 426.9 | 434.9 | 456.5 |
| Peso del suelo seco + tara | g | 402.6 | 411.1 | 419.4 | 426.4 |
| Peso de tara | g | 68.90 | 72.40 | 76.40 | 70.10 |
| Peso de agua | g | 8.1 | 14.8 | 21.5 | 30.1 |
| Peso de suelo seco | g | 313.6 | 338.5 | 338 | 355.3 |
| Contenido de agua | % | 2.6 | 4.4 | 6.38 | 8.5 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ | 2.148 | 2.165 | 2.167 | 2.150 |


| | | |
|------------------------------------|-------|-------------------|
| DENSIDAD MÁXIMA SECA | 2.188 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 5.66 | % |

GRÁFICO DEL PROCTOR




Anexo 60. Proctor modificado experimental calicata 1 – muestra 1 (2^{da} adición - BG)

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-mm² (50000 pie-lbf/pie²))
N.T.P. 399.141 ASTM D - 1557



Tecido : Carlos-Wilber Muñoz Abad
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Trab : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfurado
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque - Perú
Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2025

CANTERA : LA VICTORIA - PATAFO
MUESTRA : Nº 01 - AFIRMADO
PROFUNDIDAD : 0,30 m - 1,50 m
Adición 0,25 L/m³

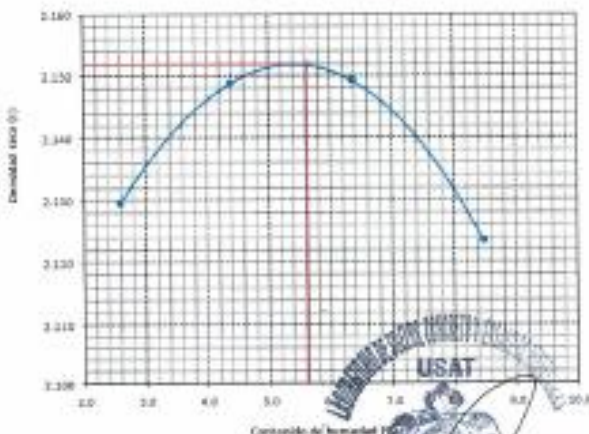
| Número de ensayo | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g 11002 | 11206 | 11298 | 11336 |
| Peso del molde | g 6438 | 6436 | 6436 | 6436 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g 4944 | 4768 | 4900 | 4897 |
| Volumen del molde | cm ³ 2126 | 2126 | 2126 | 2126 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ 2,184 | 2,243 | 2,296 | 2,303 |


CONTENIDO DE HUMEDAD


| Nº Recipiente | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g 410,6 | 428,9 | 434,3 | 466,5 |
| Peso del suelo seco + tara | g 402,5 | 411,1 | 413,4 | 426,4 |
| Peso de tara | g 88,80 | 72,80 | 75,40 | 70,10 |
| Peso de agua | g 8,1 | 14,8 | 21,5 | 30,1 |
| Peso de suelo seco | g 313,6 | 338,5 | 338 | 355,3 |
| Contenido de agua | % 2,6 | 4,4 | 6,36 | 8,5 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ 2,129 | 2,149 | 2,149 | 2,123 |

| | | |
|------------------------------------|-------|-------------------|
| DENSIDAD MAXIMA SECA | 2,162 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 5,63 | % |

GRANCO DEL PROCTOR





USAT
 Laboratorio de Suelos
 Calle L. 1004PATAFO
 Chiclayo - Perú


TELADO DE LABORATORIO

Anexo 61. Proctor modificado experimental calicata 2 – muestra 1 (2^{da} adición - BG)

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kWh-m³ (56000 pie-lb/ft³))
N.T.P. 309.141 ASTM D - 1557



Tesis: Carlos Wilber Muñoz Abad
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite salfonado
 Ubicación: Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

CANTIDAD : LA VICTORIA - PATAPO
 MUESTRA : N° 02 - AFIRMADO
 Adición 0.25 Litro

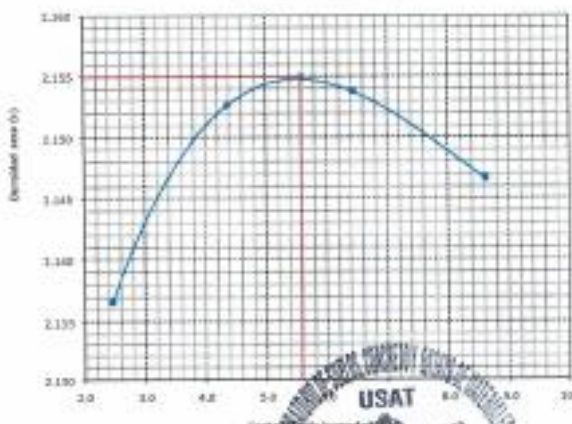
| Número de ensayo | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g 11092 | 11214 | 11312 | 11386 |
| Peso del molde | g 6436 | 6436 | 6436 | 6436 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g 4654 | 4778 | 4874 | 4950 |
| Volumen del molde | cm ³ 2126 | 2126 | 2126 | 2126 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ 2.189 | 2.246 | 2.289 | 2.332 |


CONTENIDO DE HUMEDAD



| N° Recipiente | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g 452.3 | 432.9 | 429.8 | 429.8 |
| Peso del suelo seco + tara | g 443.5 | 416.1 | 406.4 | 401.4 |
| Peso de tara | g 86.20 | 76.60 | 76.30 | 71.90 |
| Peso de agua | g 6.6 | 14.8 | 21.4 | 28.4 |
| Peso de suelo seco | g 359.3 | 339.5 | 330.1 | 329.5 |
| Contenido de agua | % 2.5 | 4.4 | 6.46 | 8.6 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ 2.137 | 2.153 | 2.154 | 2.147 |

| | | |
|-----------------------------|-------|-------------------|
| DENSIDAD MAXIMA SECA | 2.166 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 5.57 | % |

GRAFICO DEL PROCTOR





TECNICO LABORATORIO

Anexo 62. Proctor modificado experimental calicata 3 – muestra 1 (2^{da} adición - BG)

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m² (54000 pie-lb/ft²))
N.T.P. 309.141 ASTM D - 1557

Tecnia: Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Tests: Evaluación de la base granular con afirmado incorporando asfalto sulfonado
Ubicación: Chiriquo, Lambayeque - Peru
Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

CANTINA: LA VICTORIA - PATAPO
MUESTRA: NY 08 - Afirmado
Adición 0.25 Litro

| Número de ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g | 11105 | 11228 | 11324 | 11388 |
| Peso del molde | g | 6438 | 6438 | 6438 | 6438 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g | 4667 | 4790 | 4886 | 4951 |
| Volumen del molde | cm ³ | 2128 | 2126 | 2125 | 2128 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ | 2.195 | 2.253 | 2.298 | 2.329 |

CONTENIDO DE HUMEDAD

| N° Recipiente | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g | 462.5 | 428.3 | 438.9 | 461.6 |
| Peso del suelo seco + tara | g | 483.7 | 414.1 | 416.4 | 421.4 |
| Peso de tara | g | 60.38 | 75.40 | 75.20 | 72.66 |
| Peso de agua | g | 8.8 | 15.2 | 22.5 | 30.2 |
| Peso de suelo seco | g | 395.4 | 334.7 | 341.2 | 358.8 |
| Contenido de agua | % | 2.4 | 4.5 | 6.59 | 8.4 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ | 2.144 | 2.155 | 2.156 | 2.148 |

| | | |
|------------------------------------|-------|-------------------|
| DENSIDAD MÁXIMA SECA | 2.157 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 6.65 | % |

GRANCO DEL PROCTOR


USAT
UNIVERSIDAD DEL PERÚ

Henry Rosendo Reyna Obitos
 Ing. Civil, Laboratorio USAT

TELÉFONO LABORATORIO

Anexo 63. Proctor modificado experimental calicata 1 – muestra 1 (3^{era} adición - BG)

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kWh/m³) (56000 pie-lbf/ft³)
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557



Tecnicista: Carlos Wilder Muñoz Alvar
Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
Ubicación: Chiclayo, Lambayeque - Peru
Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

DIRECCIÓN: LA VICTORIA - PATATEO
MUESTRA: Nº 05 - AFIRMADO
Adición 0.35 L/m³

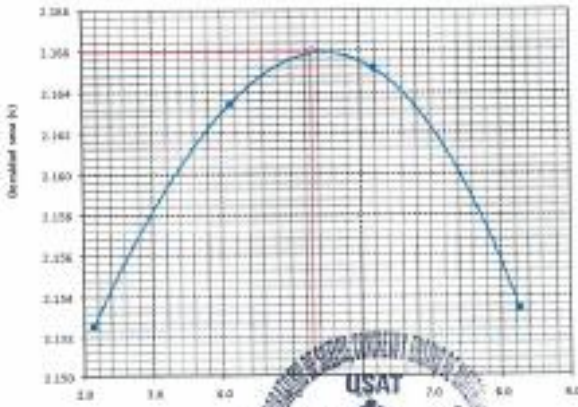
| Número de ensayo | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g 11112 | 11227 | 11326 | 11394 |
| Peso del molde | g 6438 | 6438 | 6435 | 6435 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g 4674 | 4789 | 4891 | 4959 |
| Volumen del molde | cm ³ 2126 | 2126 | 2126 | 2126 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ 2.198 | 2.253 | 2.299 | 2.331 |


CONTENIDO DE HUMEDAD

| Nº Recipiente | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g 496.3 | 457.2 | 455.8 | 481.3 |
| Peso del suelo seco + tara | g 487.7 | 423.1 | 433.4 | 459.4 |
| Peso de tara | g 84.70 | 80.90 | 71.48 | 72.90 |
| Peso de agua | g 8.6 | 14.1 | 22.4 | 31.9 |
| Peso de suelo seco | g 403 | 342.2 | 362 | 386.5 |
| Contenido de agua | % 2.1 | 4.1 | 6.19 | 8.3 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ 2.183 | 2.163 | 2.165 | 2.153 |

| | | |
|------------------------------------|-------|-------------------|
| DENSIDAD MÁXIMA SECA | 2.188 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 5.30 | % |

GRÁFICO DEL PROCTOR






USAT
Unidad de Servicios de Análisis de Suelos

TECNICO DE LABORATORIO


 Henry Rivas
 Técnico de Laboratorio
 USAT

Anexo 64. Proctor modificado experimental calicata 2 – muestra 1 (3^{era} adición - BG)

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-mm² (56000 pie-lbf/ft²))
N.T.P. 338.141 ASTM D - 1557



Titular: Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con afirmado incorporando acrílico sulfonado
Ubicación: Chiclayo, Lambayeque - Perú
Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

CANTERA: LA VICTORIA - PATAPO
MUESTRA: N° 02 - AFIRWADO
 Adición 0.35 l/m³

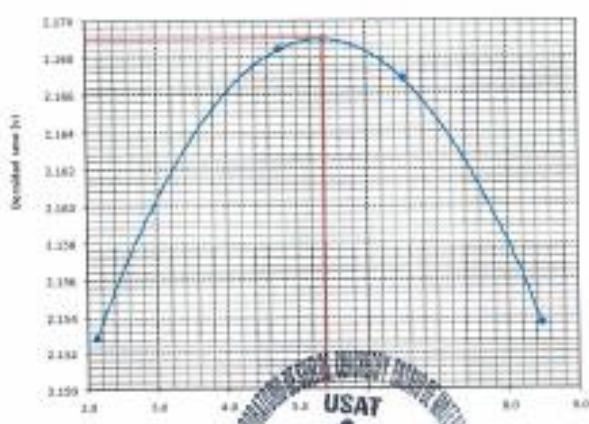
| Número de ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g | 11112 | 11267 | 11345 | 11405 |
| Peso del molde | g | 6438 | 6436 | 6438 | 6436 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g | 4674 | 4829 | 4907 | 4967 |
| Volumen del molde | cm ³ | 2126 | 2126 | 2126 | 2126 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ | 2.196 | 2.271 | 2.308 | 2.336 |

CONTENIDO DE HUMEDAD

| N° Recipiente | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------|-------|-------|--------|--------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g | 608.5 | 487.9 | 431.6 | 462.8 |
| Peso del suelo seco + tara | g | 497.7 | 469.4 | 409.8 | 432.4 |
| Peso de tara | g | 82.60 | 79.60 | 79.38 | 73.86 |
| Peso de agua | g | 8.8 | 16.5 | 21.8 | 30.4 |
| Peso de suelo seco | g | 415.1 | 389.5 | 336.45 | 358.47 |
| Contenido de agua | % | 2.1 | 4.7 | 6.52 | 8.5 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ | 2.193 | 2.166 | 2.167 | 2.154 |

| | | |
|------------------------------------|-------|-------------------|
| DENSIDAD MÁXIMA SECA | 2.169 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 5.38 | % |

GRABADO DEL PROCTOR





USAT
 LABORATORIO NACIONAL DE INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHICLAYO
 TÉCNICO DE LABORATORIO


 Henry Rosadente y Obando
 Téc. LABORATORIO
 USAT
 LABORATORIO NACIONAL DE INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHICLAYO

Anexo 65. Proctor modificado experimental calicata 3 – muestra 1 (3^{era} adición - BG)

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-metro (58000 pie-lbf/pie³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557



Técnico: Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Teoría: Evaluación de la base granular con el método incorporando aceite sulfonado
Ubicación: Chiclayo, Lambayeque - Perú
Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

cliente: LA VICTORIA - PATAPO
muestra: N° 03 - ARRIMADO

Adición 0.35 L/m³

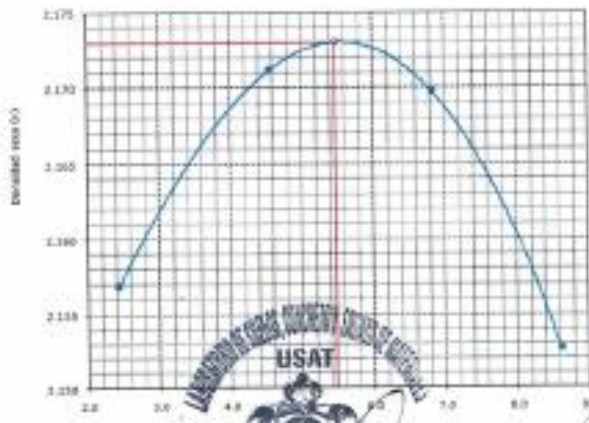
| Número de ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g | 11135 | 11284 | 11385 | 11499 |
| Peso del molde | g | 6436 | 6436 | 6436 | 6436 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g | 4697 | 4828 | 4928 | 4971 |
| Volumen del molde | cm ³ | 2126 | 2126 | 2126 | 2126 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ | 2.209 | 2.270 | 2.315 | 2.338 |


CONTENIDO DE HUMEDAD

| N° Recipiente | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g | 493.8 | 459.7 | 449.5 | 476.3 |
| Peso del suelo seco + tara | g | 454.7 | 434.5 | 425.5 | 443.5 |
| Peso de tara | g | 89.60 | 79.60 | 74.20 | 74.60 |
| Peso de agua | g | 9.1 | 16.2 | 24 | 31.8 |
| Peso de suelo seco | g | 374.1 | 355.9 | 351.3 | 368.9 |
| Contenido de agua | % | 2.4 | 4.6 | 6.83 | 8.6 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ | 2.157 | 2.171 | 2.170 | 2.153 |


| | | |
|------------------------------------|-------|-------------------|
| DENSIDAD MAXIMA SECA | 2.173 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 5.47 | % |

GRAFICO DEL PROCTOR






TECNICO DE LABORATORIO




Henry Rosendo
Código
N° Laboratorio
USAT



Anexo 66. Proctor modificado experimental calicata 1 – muestra 1 (4^{ta} adición - BG)

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (3700 kN-m/m² (86000 pie-lb/pe²))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557



Tecilita : Carlos Wilder Muñoz Alard
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite siliconado
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023

CANTIDAD : LA VICTORIA - PATAPO
 MUESTRA : NI 01 - AFRMADO
 Adición 0.45 l/m³

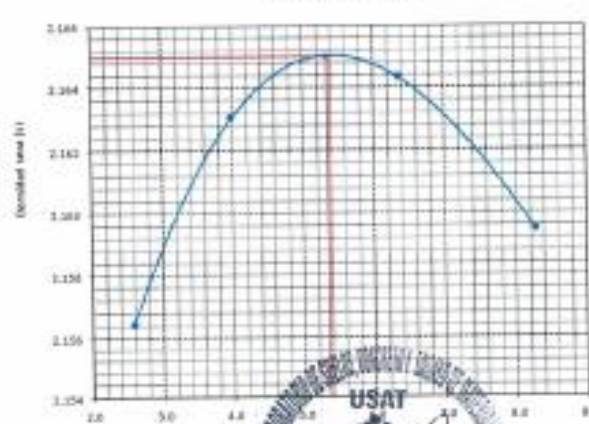
| Número de ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g | 11141 | 11220 | 11332 | 11409 |
| Peso del molde | g | 6438 | 6438 | 6438 | 6438 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g | 4703 | 4782 | 4894 | 4971 |
| Volumen del molde | cm ³ | 2126 | 2126 | 2126 | 2126 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ | 2.212 | 2.249 | 2.302 | 2.338 |

CONTENIDO DE HUMEDAD

| NI Recipiente | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g | 472.6 | 462.9 | 460.9 | 468.8 |
| Peso del suelo seco + tara | g | 462.7 | 438.5 | 429.5 | 438.5 |
| Peso de tara | g | 79.50 | 77.49 | 76.30 | 72.40 |
| Peso de agua | g | 9.9 | 14.4 | 22.4 | 30.3 |
| Peso de suelo seco | g | 383.2 | 361.1 | 352.2 | 366.1 |
| Contenido de agua | % | 2.6 | 4.0 | 6.36 | 8.3 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ | 2.156 | 2.163 | 2.164 | 2.159 |


| | | |
|-----------------------------|-------|-------------------|
| DENSIDAD MAXIMA SECA | 2.166 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 6.36 | % |

GRANCO DEL PROCTOR






TÉCNICO DE LABORATORIO


 Henry
 Rivas
 Obispo
 Tec. Laboratorio
 USAT

Anexo 67. Proctor modificado experimental calicata 2 – muestra 1 (4^{ta} adición - BG)

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-cm² (50000 pie-lbf/ft²))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557



Tecnicista : Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Teoría : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite al fondo
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque - Peru
Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023

CANTERA : LA VICTORIA - PATAPO
MUESTRA : N° 02 - ARRIMADO
Adición 0.45 L/m³

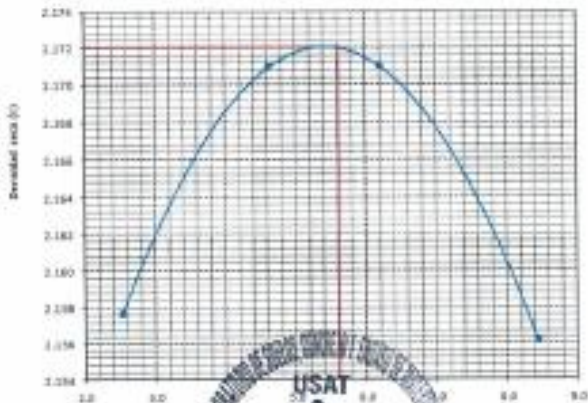
| Número de ensayo | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g. 11141 | 11267 | 11240 | 11409 |
| Peso del molde | g. 8438 | 8438 | 8438 | 8438 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g. 4703 | 4829 | 4802 | 4971 |
| Volumen del molde | cm ³ 2126 | 2126 | 2126 | 2126 |
| Peso del volumen húmedo | g/cm ³ 2.212 | 2.271 | 2.306 | 2.336 |




CONTENIDO DE HUMEDAD

| N° Recipiente | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g. 497.5 | 497.2 | 469.8 | 472.8 |
| Peso del suelo seco + tara | g. 472.7 | 478.7 | 439.5 | 441.9 |
| Peso de tara | g. 84.60 | 79.90 | 79.20 | 75.80 |
| Peso de agua | g. 9.8 | 18.5 | 22.3 | 30.9 |
| Peso de suelo seco | g. 388.1 | 399.8 | 360.3 | 366.1 |
| Contenido de agua | % 2.5 | 4.6 | 6.21 | 8.4 |
| Peso volumétrico seco | g/cm ³ 2.158 | 2.171 | 2.171 | 2.158 |

| | | |
|------------------------------------|-------|-------------------|
| DENSIDAD MAXIMA SECA | 2.172 | g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 6.61 | % |

GRANCO DEL PROCTOR




FÉLIX DE LA ROSA

Anexo 68. Proctor modificado experimental calicata 3 – muestra 1 (4^{ta} adición - BG)

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kWh-metro³ (56000 pie-fuete³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557



Técnico: Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Teoría: Evaluación de la base granular con asfalto incorporando aceite sulfonado
Ubicación: Chiclayo, Lambayeque - Perú
Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

DENOMINACIÓN: LA VICTORIA - PATAPO
MUESTRA: NIT 03 - ARMADO
 Adición 0.45 L/m²

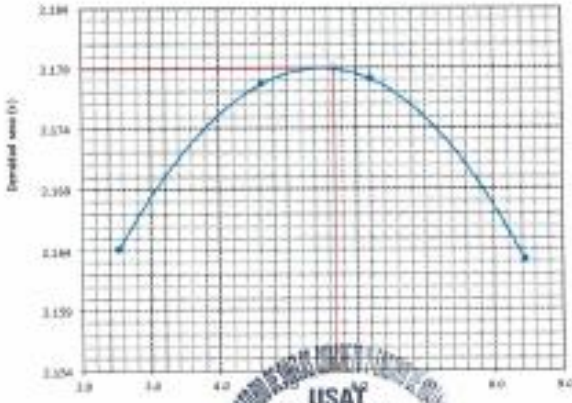
| Número de ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo + molde | g | 11565 | 11292 | 11366 | 11426 |
| Peso del molde | g | 6430 | 6430 | 6430 | 6430 |
| Peso del suelo húmedo compactado | g | 4717 | 4844 | 4916 | 4957 |
| Volumen del molde | cm ³ | 2126 | 2126 | 2126 | 2126 |
| Peso del volumen húmedo | gramo | 2.219 | 2.279 | 2.313 | 2.345 |


CONTENIDO DE HUMEDAD

| Nº Recipiente | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Peso del suelo húmedo + tara | g | 492.5 | 497.2 | 493.8 | 472.8 |
| Peso del suelo seco + tara | g | 473.7 | 479.7 | 459.5 | 441.9 |
| Peso de tara | g | 84.60 | 78.90 | 79.20 | 76.60 |
| Peso de agua | g | 9.8 | 18.5 | 22.3 | 30.9 |
| Peso de suelo seco | g | 398.1 | 399.8 | 399.3 | 366.1 |
| Contenido de agua | % | 2.5 | 4.6 | 6.21 | 8.4 |
| Peso volumétrico seco | gramo | 2.164 | 2.178 | 2.178 | 2.163 |


| | | |
|------------------------------------|-------|-------------------|
| DENSIDAD MAXIMA SECA | 2.179 | g/cm ³ |
| OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | 5.68 | % |

GRÁFICO DEL PROCTOR





USAT
UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALAS



Henry Rivas Obispo
Tec. Laboratorio USAT

DIRECTOR ADMINISTRATIVO

Anexo 69. CBR experimental calicata 1 – muestra 1 (1^{era} adición - BG)

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Técnico : Carlos Wilder Muñoz Albad
 Especialidad : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Texto : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023

CALICATA : LA VICTORIA - PATAPO
 MUESTRA : Nº 01 - AFIRMADO
 Adición 0.15 Litro³

| COMPACTACIÓN | | | | | | |
|--------------------------------|--------------|-------|----------|-------|--------------|-------|
| Nº Molde | A-10 | | A-11 | | A-12 | |
| Nº Capa | 5 | | 5 | | 5 | |
| Nº Golpes por capa | 56 | | 25 | | 12 | |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA | Sin Saturado | | Saturado | | Sin Saturado | |
| Peso molde + Suelo húmedo | 12913 | 12839 | 12956 | 12965 | 13194 | 13098 |
| Peso de molde (g) | 7719 | 7749 | 7753 | 7755 | 8006 | 8000 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4994 | 5091 | 4991 | 4910 | 4348 | 4700 |
| Volumen del molde (cc) | 2133 | 2133 | 2134 | 2134 | 2118 | 2118 |
| Densidad húmeda (g/cc) | 2.340 | 2.382 | 2.336 | 2.305 | 2.053 | 2.219 |
| % de humedad | 5.83 | 6.60 | 5.63 | 6.97 | 5.63 | 6.78 |
| Densidad seca (g/cc) | 2.18 | 2.235 | 2.05 | 2.117 | 1.94 | 2.079 |

| HUMEDAD | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tarso HP | | | | | | | | | | | | |
| Tarso + Suelo húmedo (gr) | 380.48 | 380.48 | 74.36 | 74.36 | 73.99 | 73.99 | 75.38 | 75.38 | 81.79 | 81.79 | 84.88 | 84.88 |
| Tarso + Suelo seco (gr) | 287.76 | 287.76 | 76.96 | 76.96 | 71.37 | 71.37 | 71.89 | 71.89 | 59.60 | 59.60 | 66.80 | 66.80 |
| Peso del Agua (gr) | 12.6 | 12.6 | 5.3 | 5.3 | 2.7 | 2.7 | 3.5 | 3.5 | 2.1 | 2.1 | 4.0 | 4.0 |
| Peso del tarso (gr) | 63.1 | 63.1 | 20.34 | 20.34 | 22.62 | 22.62 | 21.82 | 21.82 | 22.3 | 22.3 | 21.8 | 21.8 |
| Peso del suelo seco (gr) | 224.7 | 224.7 | 50.6 | 50.6 | 48.3 | 48.3 | 50.1 | 50.1 | 37.3 | 37.3 | 59.0 | 59.0 |
| % de humedad | 5.63 | 5.63 | 6.60 | 6.60 | 5.63 | 5.63 | 6.97 | 6.97 | 5.63 | 5.63 | 6.78 | 6.78 |
| Promedio de Humedad (%) | 5.63 | | 6.60 | | 5.63 | | 6.97 | | 5.63 | | 6.78 | |

| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------------|------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|-----------|---|
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | |
| | | | | Pulg | % | | Pulg | % | | Pulg | % |
| 25/10/2023 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26/10/2023 | 14.3 | 24 | 0.22 | 0.008 | 0.008 | 6.15 | 0.004 | 6.17 | 0.003 | | |
| 29/10/2023 | 14.3 | 48 | 1.45 | 0.036 | 0.036 | 1.25 | 0.031 | 1.35 | 0.034 | | |
| 29/10/2023 | 14.3 | 72 | 5 | 0.120 | 0.120 | 5.33 | 0.134 | 6.31 | 0.159 | | |
| 31/10/2023 | 14.3 | 96 | 10 | 0.250 | 0.250 | 14.38 | 0.259 | 16.38 | 0.280 | | |
| | | | 4.57 | 0.08 | 0.47 | 4.57 | total | 5.67 | total | 5.63 | |

| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|--------|----------------------------------|---------------|------------|------------|------------|---------------|------------|------------|------------|---------------|------------|------------|--|
| PENETRACIÓN | | TIEMPO | CARGA STAND. Lbf/ft ² | MOLDE Nº A-10 | | | | MOLDE Nº A-11 | | | | MOLDE Nº A-12 | | | |
| | | | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | |
| mm. | pulg. | | Lect. Dial | Líml pulg2 | Líml pulg2 | % | Lect. Dial | Líml pulg2 | Líml pulg2 | % | Lect. Dial | Líml pulg2 | Líml pulg2 | % | |
| 0.000 | 0.000 | 0007 | 0 | 2 | 2 | | 0 | 2 | 2 | | 0 | 2 | 2 | | |
| 0.640 | 0.025 | 0707 | 890 | 34 | 330.2 | 137 | 350.3 | 34 | 340.3 | 137 | 350.3 | 34 | 340.3 | 137 | |
| 1.280 | 0.050 | 1107 | 1080 | 39 | 370.3 | 150 | 370.3 | 39 | 370.3 | 150 | 370.3 | 39 | 370.3 | 150 | |
| 1.920 | 0.075 | 1707 | 1270 | 52 | 390.3 | 160 | 390.3 | 52 | 390.3 | 160 | 390.3 | 52 | 390.3 | 160 | |
| 2.560 | 0.100 | 2707 | 1310 | 54 | 416 | 170 | 421.3 | 54 | 421.3 | 170 | 421.3 | 54 | 421.3 | 170 | |
| 3.840 | 0.150 | 3707 | 2280 | 86 | 568.6 | 230 | 568.6 | 86 | 568.6 | 230 | 568.6 | 86 | 568.6 | 230 | |
| 6.080 | 0.200 | 4707 | 2840 | 104.9 | 699.5 | 260 | 699.5 | 104.9 | 699.5 | 260 | 699.5 | 104.9 | 699.5 | 260 | |
| 6.350 | 0.250 | 5707 | 3080 | 1401 | 2455.9 | 1104 | 2455.9 | 1401 | 2455.9 | 1104 | 2455.9 | 1401 | 2455.9 | 1104 | |
| 7.620 | 0.300 | 6707 | 3280 | 1517 | 2724.5 | 1201 | 2724.5 | 1517 | 2724.5 | 1201 | 2724.5 | 1517 | 2724.5 | 1201 | |
| 10.180 | 0.400 | 8707 | 3440 | 1622 | 2803.1 | 1280 | 2803.1 | 1622 | 2803.1 | 1280 | 2803.1 | 1622 | 2803.1 | 1280 | |
| 12.700 | 0.500 | 12707 | 3890 | 1824 | 3053.1 | 1407 | 3053.1 | 1824 | 3053.1 | 1407 | 3053.1 | 1824 | 3053.1 | 1407 | |

Tecnicista: Carlos Wilder Muñoz Abad
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con alternado incorporando suelo sulfonado
 Ubicación: Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2022

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

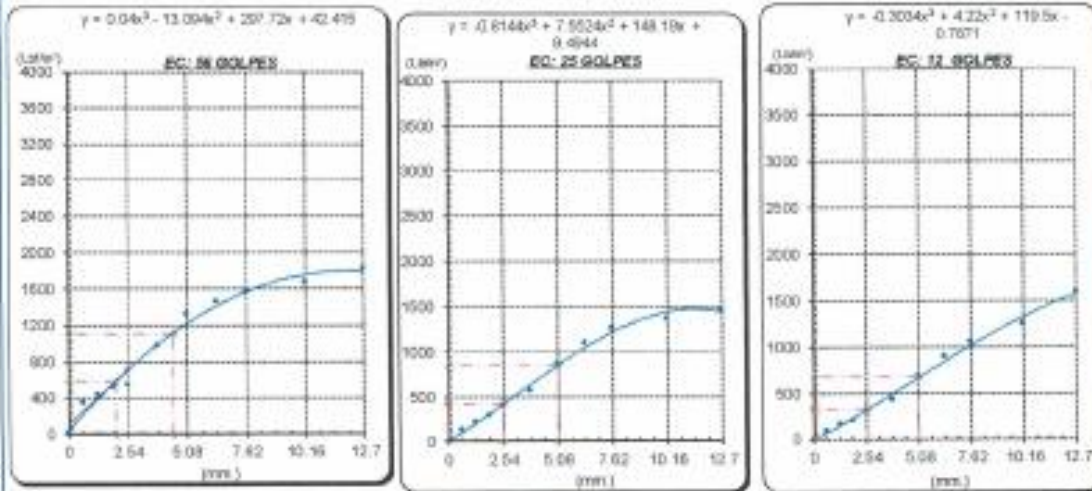


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

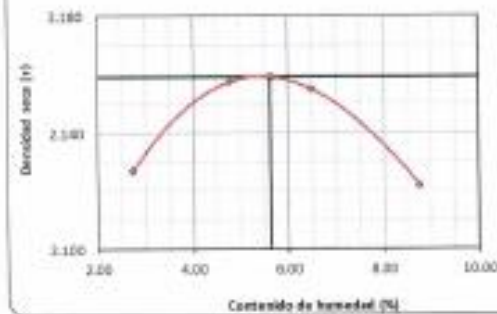
DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 2.159 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 95% | 2.091 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 5.83 % |

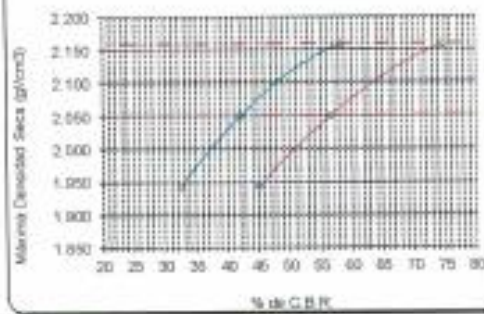
VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|------------------------|----------|----------|
| | 2.54 cm. | 8.08 cm. |
| C.B.R. AL 100 % M.D.S. | 58.1 % | 74.5 % |
| C.B.R. AL 95 % M.D.S. | 42.2 % | 56.7 % |

GRAFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DEL C.B.R.




Henry Rivas
 Henry Rivas
 Obispo
 Tec. Laboratorio
 USAT

Anexo 70. CBR experimental calicata 2 – muestra 1 (1^{era} adición - BG)

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. I Diagrama de penetración
N.T.P. 335.145 / ASTM D-1883

Tesista : Carlos Wálder Muñoz Abad
 Exceso : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023



CALICATA: LA VICTORIA - PATAPO
 MUESTRA: N° 02 - AFIRMADO
 Adición 0.15 Lt/m³

PROFUNDIDAD: 0.30 m - 1.50 m

| COMPACTACIÓN | | | | | | |
|---------------------------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
| Nº Molde | A-1 | | A-2 | | A-3 | |
| Nº Carga | 5 | | 5 | | 5 | |
| Nº Cálculos por carga | 56 | | 25 | | 12 | |
| CONDICION DE LA MUESTRA | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado |
| Peso molde + Suelo húmedo | 13495 | 13626 | 13388 | 13571 | 12798 | 12666 |
| Peso de molde (g) | 862 | 862 | 864 | 864 | 843 | 843 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4964 | 5009 | 4564 | 4767 | 4342 | 4107 |
| Volumen del molde (cc) | 2119 | 2120 | 2112 | 2112 | 2112 | 2112 |
| Densidad húmeda (g/cc) | 2.286 | 2.363 | 2.170 | 2.257 | 2.056 | 2.142 |
| % de humedad | 5.63 | 6.46 | 5.63 | 6.99 | 5.61 | 6.44 |
| Densidad seca (g/cc) | 2.16 | 2.219 | 2.05 | 2.110 | 1.95 | 2.013 |

| HUMEDAD | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tarso Nº | - | | - | | - | | - | | - | | - | |
| Tarso + Suelo húmedo (gr) | 318.06 | 318.06 | 385.19 | 385.19 | 298.26 | 298.26 | 355.88 | 355.88 | 401.30 | 401.30 | 425.20 | 425.20 |
| Tarso + Suelo seco (gr) | 296.55 | 296.55 | 362.95 | 362.95 | 285.87 | 285.87 | 333.99 | 333.99 | 383.60 | 383.60 | 400.80 | 400.80 |
| Peso del Agua (gr) | 15.1 | 15.1 | 22.1 | 22.1 | 12.3 | 12.3 | 21.8 | 21.8 | 17.7 | 17.7 | 24.4 | 24.4 |
| Peso del tarso (gr) | 65.3 | 65.3 | 20.34 | 20.34 | 66.7 | 66.7 | 21.82 | 21.82 | 58 | 58 | 21.6 | 21.6 |
| Peso del suelo seco (gr) | 231.7 | 231.7 | 342.6 | 342.6 | 219.2 | 219.2 | 312.2 | 312.2 | 315.6 | 315.6 | 379.0 | 379.0 |
| % de humedad | 5.63 | 5.63 | 6.46 | 6.46 | 5.63 | 5.63 | 6.99 | 6.99 | 5.61 | 5.61 | 6.44 | 6.44 |
| Promedio de Humedad (%) | 5.63 | | 6.46 | | 5.63 | | 6.99 | | 5.61 | | 6.44 | |

| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------------|------|----------------|------|-----------|----------------|------|-------|----------------|------|-----------|---|--|
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | DIAL | | | EXPANSIÓN | | | DIAL | | | EXPANSIÓN | | |
| | | | DIAL | Expansión Pulg | % | DIAL | Expansión Pulg | % | DIAL | Expansión Pulg | % | | | |
| 29/10/2023 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 29/10/2023 | 14.3 | 24 | 0.22 | 0.008 | | 0.18 | 0.004 | | 0.32 | 0.009 | | | | |
| 29/10/2023 | 14.3 | 48 | 1.43 | 0.056 | | 1.25 | 0.051 | | 1.35 | 0.054 | | | | |
| 29/10/2023 | 14.3 | 72 | 5 | 0.125 | | 3.35 | 0.134 | | 6.31 | 0.258 | | | | |
| 27/10/2023 | 14.3 | 96 | 10 | 0.250 | | 16.36 | 0.259 | | 16.39 | 0.260 | | | | |
| | | | 4.57 | total | 5.47 | 4.57 | total | 5.07 | 4.57 | total | 5.60 | | | |

| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------------|------------------------|------------------------|---|--------------|------------------------|------------------------|---|--------------|------------------------|------------------------|---|
| PENETRACIÓN | TIEMPO | STAND. | CARGA | MOLDE Nº A-1 | | | | MOLDE Nº A-2 | | | | MOLDE Nº A-3 | | | |
| | | | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | |
| | | | | Lect. Dig | Lbs/ pulg ² | Lbs/ pulg ² | % | Lect. Dig | Lbs/ pulg ² | Lbs/ pulg ² | % | Lect. Dig | Lbs/ pulg ² | Lbs/ pulg ² | % |
| 0.000 | 0.000 | 000 | 0 | 2 | | | | 0 | 2 | | | | | | |
| 0.040 | 0.025 | 030 | 886.5 | 388 | | | | 155.3 | 130 | | | | 268.4 | 121 | |
| 1.270 | 0.189 | 707 | 1084.2 | 482 | | | | 894 | 76 | | | | 402.8 | 177 | |
| 1.910 | 0.075 | 730 | 1341.6 | 587 | | | | 1051 | 90 | | | | 308.0 | 217 | |
| 2.540 | 0.100 | 700 | 1362.9 | 570 | 60.0 | 60.0 | | 852.8 | 73 | 3 | 3 | | 834.6 | 336 | |
| 3.810 | 0.150 | 700 | 2267.3 | 1016 | | | | 1360.9 | 116 | | | | 1892.8 | 445 | |
| 5.080 | 0.200 | 600 | 3894.3 | 1725.4 | 1156.7 | 77.1 | | 2805.7 | 241 | 3 | 3 | | 1842.8 | 826 | |
| 6.350 | 0.250 | 500 | 3124.8 | 1504 | | | | 2491.8 | 213 | | | | 2595.6 | 1135 | |
| 7.620 | 0.300 | 400 | 3348.8 | 1617 | | | | 2729.8 | 233 | | | | 2387.6 | 1065 | |
| 10.160 | 0.400 | 300 | 3483.8 | 1700 | | | | 2853.8 | 245 | | | | 2784.8 | 1238 | |
| 12.700 | 0.500 | 1000 | 3758.8 | 1685 | | | | 3084.8 | 268 | | | | 2993.2 | 1362 | |

TELÉFONO DE LABORATORIO

Tesista: Carlos Wilder Muñoz Abast
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con alfilerado incorporando aceite sulfonado.
 Ubicación: Chiloay, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión: Chiloay, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRÁFICO CARGA - PENETRACIÓN

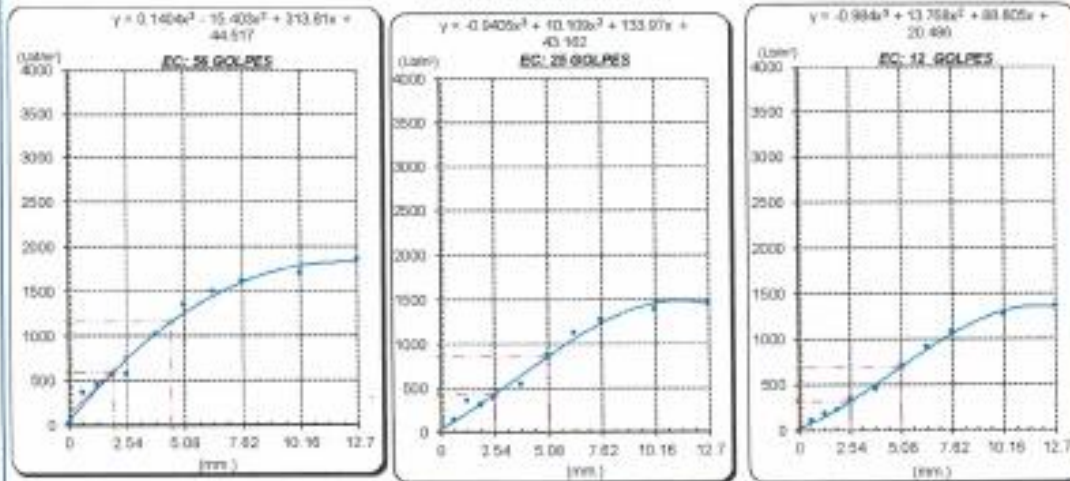


GRÁFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

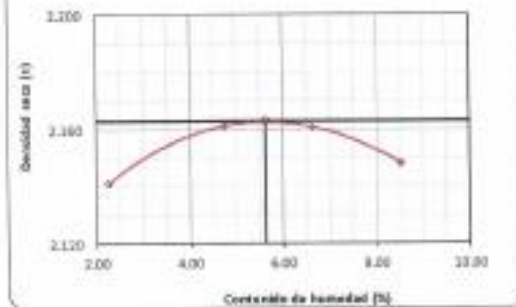
DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 2.165 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 95% | 2.055 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 5.63 % |

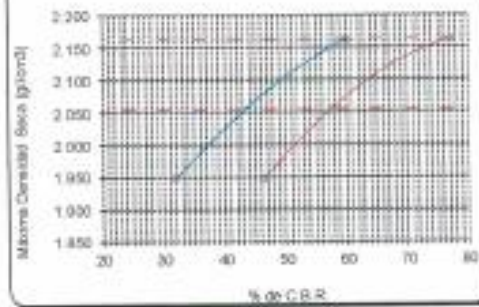
VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|------------------------|----------|----------|
| | 2.54 cm. | 5.08 cm. |
| C.B.R. AL 100 % M.D.S. | 60.0 % | 77.1 % |
| C.B.R. AL 95 % M.D.S. | 43.3 % | 57.4 % |

GRÁFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DEL C.B.R.




TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 71. CBR experimental calicata 3 – muestra 1 (1^{era} adición - BG)

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. (Diagrama de penetración)
N.T.F. 339.145 / ASTM D-1883

Tecnia : Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque - Peru
Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023



CALICATA : LA VICTORIA - PATAPO
MUESTRA : Nº 03 - AFIRMADO
Adición 0.15 Litro³
PROFUNDIDAD : 0.30 m - 1.50 m

| COMPACTACIÓN | | | | | | |
|---------------------------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
| Nº Molde | A-4 | | A-5 | | A-6 | |
| Nº Capa | 5 | | 5 | | 5 | |
| Nº Golpes por capa | 56 | | 25 | | 12 | |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA | | | | | | |
| | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado |
| Peso molde + Suelo húmedo | 12705 | 12950 | 11063 | 13571 | 12232 | 12488 |
| Peso de molde (g) | 3943 | 7043 | 8750 | 8738 | 7840 | 7940 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4802 | 5907 | 4805 | 4833 | 4392 | 4548 |
| Volumen del molde (cc) | 3323 | 2122 | 3325 | 3325 | 3332 | 2132 |
| Densidad húmeda (g/cc) | 2.291 | 2.367 | 2.170 | 2.274 | 2.080 | 2.138 |
| % de humedad | 5.05 | 6.94 | 5.05 | 6.05 | 5.60 | 6.75 |
| Densidad seca (g/cc) | 2.160 | 2.242 | 2.060 | 2.146 | 1.951 | 2.038 |

| HUMEDAD | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tarso Nº | | | | | | | | | | | | |
| Tarso + Suelo húmedo (gr.) | 327.90 | 327.90 | 371.74 | 371.70 | 366.80 | 366.80 | 331.78 | 331.78 | 386.30 | 386.50 | 439.80 | 439.80 |
| Tarso + Suelo seco (gr.) | 313.92 | 313.92 | 348.86 | 348.95 | 288.05 | 288.05 | 313.99 | 313.89 | 369.45 | 369.45 | 415.80 | 415.80 |
| Peso del Agua (gr.) | 13.9 | 13.9 | 22.7 | 22.7 | 12.8 | 12.8 | 17.7 | 17.7 | 17.1 | 17.1 | 24.0 | 24.0 |
| Peso del tarso (gr.) | 65.7 | 65.7 | 21.5 | 21.3 | 62.7 | 62.7 | 21.3 | 21.3 | 65 | 65 | 60.9 | 60.9 |
| Peso del suelo seco (gr.) | 245.2 | 245.2 | 327.7 | 327.7 | 225.4 | 225.4 | 282.7 | 282.7 | 304.5 | 304.5 | 354.9 | 354.9 |
| % de humedad | 5.65 | 5.65 | 6.94 | 6.94 | 5.65 | 5.65 | 6.25 | 6.25 | 5.60 | 5.60 | 6.75 | 6.75 |
| Promedio de Humedad (%) | 5.65 | | 6.94 | | 5.65 | | 6.25 | | 5.60 | | 6.75 | |

| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------------|---------|-------|-------|-----------|-------|-------|---------|-------|-------|-----------|-------|------|
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | DIAL | | | EXPANSIÓN | | | DIAL | | | EXPANSIÓN | | |
| | | | INICIAL | FINAL | Δ | INICIAL | FINAL | % | INICIAL | FINAL | Δ | INICIAL | FINAL | % |
| 23/10/2023 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24/10/2023 | 14.3 | 24 | 0.22 | 0.008 | 0.004 | 0.11 | 0.004 | 0.12 | 0.003 | 0.12 | 0.003 | 0.12 | 0.003 | |
| 25/10/2023 | 14.3 | 48 | 1.45 | 0.028 | 0.019 | 1.35 | 0.031 | 1.35 | 0.034 | 1.35 | 0.034 | 1.35 | 0.034 | |
| 26/10/2023 | 14.3 | 72 | 9 | 0.125 | 0.014 | 5.35 | 0.134 | 8.31 | 0.158 | 8.31 | 0.158 | 8.31 | 0.158 | |
| 27/10/2023 | 14.3 | 96 | 18 | 0.250 | 0.027 | 10.35 | 0.259 | 10.39 | 0.280 | 10.39 | 0.280 | 10.39 | 0.280 | |
| | | | 4.57 | total | 5.47 | 4.57 | total | 5.47 | 4.57 | total | 5.47 | 4.57 | total | 5.47 |

| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|--------|--------------|--------------|------------|--------|------------|--------------|------------|--------|------------|--------------|--------|-------|--|
| PENETRACIÓN | | TIEMPO | CARGA STAND. | MOLDE Nº A-4 | | | | MOLDE Nº A-5 | | | | MOLDE Nº A-6 | | | |
| | | | | CARGA | CORRECCIÓN | CARGA | CORRECCIÓN | CARGA | CORRECCIÓN | CARGA | CORRECCIÓN | | | | |
| mm. | pslg. | Seg. | Libras | Libras | % | Libras | Libras | % | Libras | Libras | % | Libras | Libras | % | |
| 0.000 | 0.000 | 0.007 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0.540 | 0.025 | 0.007 | 200.0 | 200.0 | 100.0 | 200.0 | 145 | 72.5 | 200.0 | 100 | 200.0 | 100 | 200.0 | 100 | |
| 1.270 | 0.050 | 0.007 | 400.0 | 400.0 | 100.0 | 400.0 | 366 | 91.5 | 400.0 | 100 | 400.0 | 100 | 400.0 | 100 | |
| 1.510 | 0.075 | 0.007 | 1364.5 | 1364.5 | 100.0 | 1364.5 | 317 | 23.2 | 1364.5 | 229 | 1364.5 | 229 | 1364.5 | 229 | |
| 2.540 | 0.100 | 2.007 | 1299.5 | 1299.5 | 60.5 | 983.0 | 43 | 3.3 | 1299.5 | 348 | 334.4 | 33.4 | 1299.5 | 348 | |
| 3.810 | 0.250 | 3.007 | 2294.5 | 2294.5 | 17.9 | 1335.8 | 58.4 | 4.4 | 2294.5 | 483 | 483 | 48.3 | 2294.5 | 483 | |
| 5.080 | 0.500 | 4.007 | 2591.5 | 2591.5 | 17.9 | 1029.5 | 39.7 | 3.1 | 2591.5 | 730 | 730.5 | 48.0 | 2591.5 | 730.5 | |
| 6.350 | 0.250 | 5.007 | 3188.5 | 3188.5 | 100.0 | 2595.5 | 81.4 | 6.3 | 3188.5 | 947 | 947 | 94.7 | 3188.5 | 947 | |
| 7.620 | 0.500 | 6.007 | 3383.5 | 3383.5 | 100.0 | 2191.5 | 64.8 | 4.9 | 3383.5 | 1105 | 1105 | 110.5 | 3383.5 | 1105 | |
| 9.890 | 0.400 | 8.007 | 3478.5 | 3478.5 | 100.0 | 2091.5 | 60.5 | 4.5 | 3478.5 | 1228 | 1228 | 122.8 | 3478.5 | 1228 | |
| 12.300 | 0.500 | 10.007 | 3766.5 | 3766.5 | 100.0 | 3125.5 | 82.8 | 6.1 | 3766.5 | 1325 | 1325 | 132.5 | 3766.5 | 1325 | |

Tecnia Carlos Wilder Muñoz Abad
 Escala Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis Evaluación de la base granular con almidón incorporando aceite saturado
 Ubicación Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.345 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

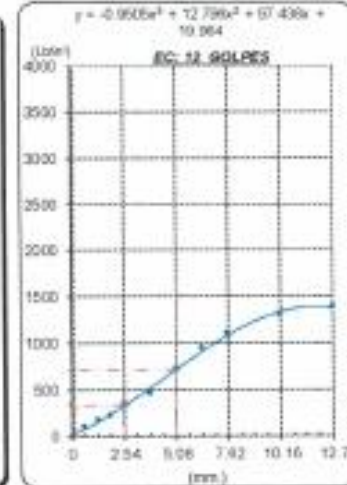
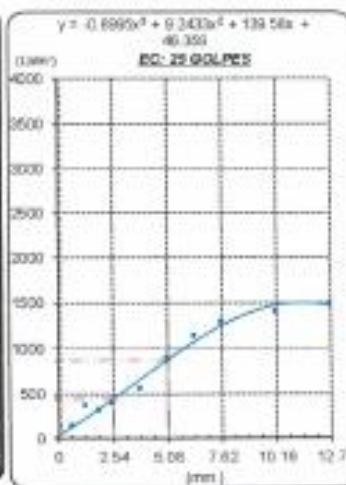
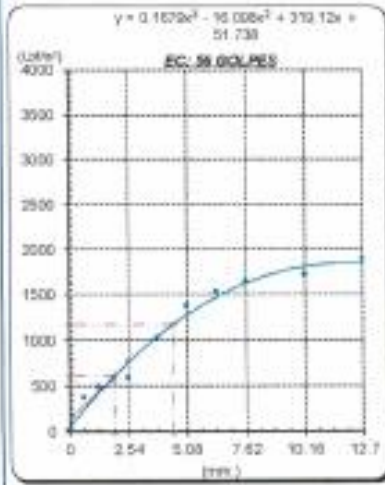


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

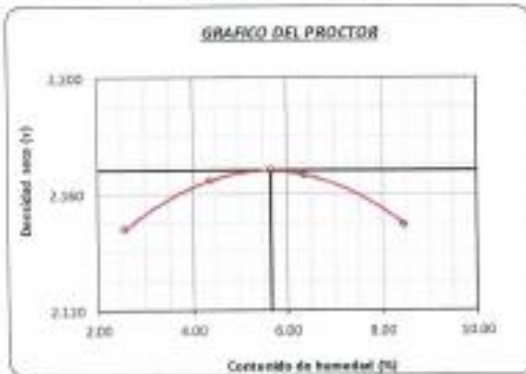
DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 2.168 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 95% | 2.080 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 5.65 % |

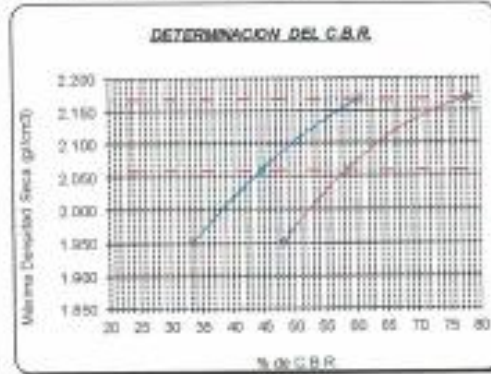
VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|------------------------|----------|----------|
| | 2.54 cm. | 5.08 cm. |
| C.B.R. AL 100 % M.D.S. | 82.0 % | 77.8 % |
| C.B.R. AL 95 % M.D.S. | 44.0 % | 58.4 % |

GRAFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DEL C.B.R.



[Signature]
 Henry Rímolez
 Chiclayo
 No. Laboratorio
 USAT

Técnico: Carlos Wlker Muñoz Abad
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con almeado incorporando asfalto sulfonado
 Ubicación: Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.F. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

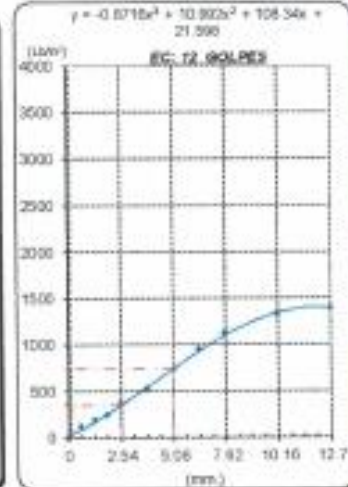
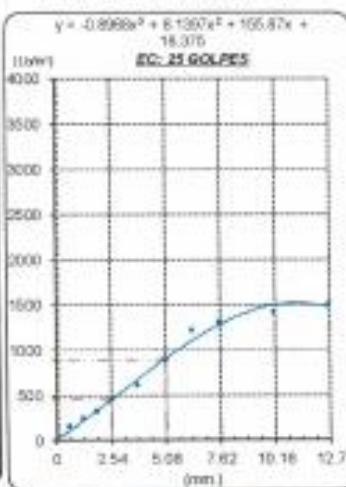
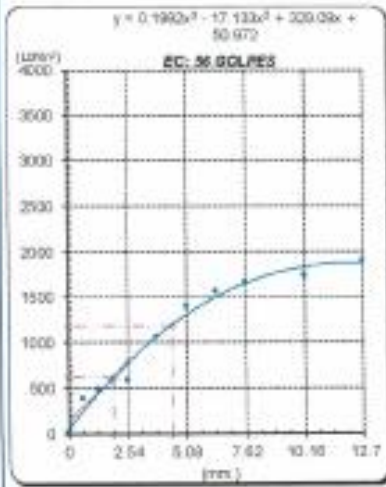


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

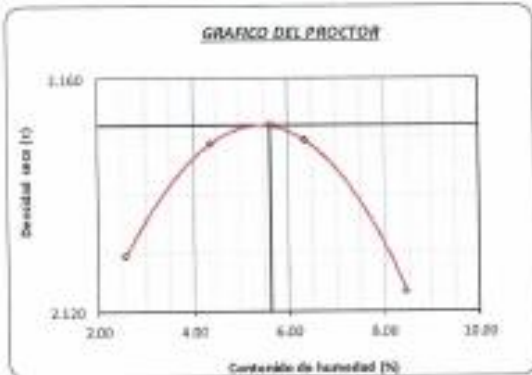
DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 2.152 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 95% | 2.044 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 5.63 % |

VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|------------------------|----------|----------|
| | 3.84 cm. | 5.98 cm. |
| C.B.R. AL 100 % M.D.S. | 51.8 % | 79.8 % |
| C.B.R. AL 95 % M.D.S. | 45.7 % | 60.2 % |

GRAFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DEL C.B.R.




[Handwritten Signature]
 Henry Huandora Obregon
 Tc. Laboratorio USAT



Anexo 73. CBR experimental calicata 2 – muestra 1 (2^{da} adición - BG)

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 309.145 / ASTM D-1883

Técnica : Carlos Wilder Muñoz Abad
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporado aceite sulfonado
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023



CANTERA : LA VICTORIA - PATAPO
 MUESTRA : Nº 02 - Afirmado
 Adición 0.25 Lm³

| COMPACTACIÓN | | | | | | |
|---------------------------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
| Nº Molde | A-7 | | A-8 | | A-9 | |
| | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Nº Golpes por capa | 56 | | 25 | | 12 | |
| CONDICION DE LA MUESTRA | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado |
| Peso molde + Suelo húmedo | 12671 | 12857 | 12482 | 13884 | 12181 | 13422 |
| Peso de molde (g) | 7881 | 7950 | 7922 | 7903 | 7888 | 7820 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4690 | 5000 | 4570 | 5971 | 4303 | 4594 |
| Volumen del molde (cc) | 3337 | 2117 | 3339 | 2119 | 2335 | 2125 |
| Densidad húmeda (g/cc) | 2.270 | 2.363 | 2.161 | 2.733 | 2.048 | 2.192 |
| % de humedad | 5.57 | 6.32 | 5.57 | 6.66 | 5.57 | 6.42 |
| Densidad seca (g/cc) | 2.155 | 2.222 | 2.047 | 2.557 | 1.940 | 2.031 |

| HUMEDAD | | | | | | |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tarro Nº | A-7 | | A-8 | | A-9 | |
| Tarro + Suelo húmedo (gr.) | 397.29 | 397.29 | 365.10 | 385.19 | 364.89 | 384.89 |
| Tarro + Suelo seco (gr.) | 380.28 | 380.28 | 368.50 | 384.50 | 349.29 | 349.28 |
| Peso del agua (gr.) | 17.0 | 17.0 | 16.6 | 16.6 | 15.6 | 15.6 |
| Peso del tarro (gr.) | 75.1 | 75.1 | 72.4 | 72.4 | 68.9 | 68.9 |
| Peso del suelo seco (gr.) | 325.1 | 325.1 | 254.1 | 254.1 | 283.3 | 283.3 |
| % de humedad | 5.57 | 5.57 | 6.32 | 6.32 | 5.57 | 5.57 |
| Promedio de Humedad (%) | 5.57 | | 6.32 | | 5.57 | |

| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------------|------|-----------|-------|-------|-----------|-------|------|-----------|------|
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | |
| | | | | Pulg. | % | | Pulg. | % | | Pulg. | % |
| 23/10/2023 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24/10/2023 | 14.3 | 24 | 6.22 | 0.006 | 0.15 | 0.004 | 6.12 | 0.003 | | | |
| 25/10/2023 | 14.3 | 48 | 1.45 | 0.036 | 1.25 | 0.031 | 1.35 | 0.034 | | | |
| 26/10/2023 | 14.3 | 72 | 8 | 0.125 | 6.35 | 0.134 | 6.31 | 0.130 | | | |
| 27/10/2023 | 14.3 | 96 | 16 | 0.250 | 16.36 | 0.259 | 16.38 | 0.260 | | | |
| | | | 4.77 | total | 3.47 | 4.57 | total | 5.67 | 4.57 | 3.68 | 5.69 |

| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|----------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|------|--------------|-------------------------|-------------------------|-------|--------------|-------------------------|-------------------------|---|
| PENETRACIÓN | TIEMPO | CARGA STAND. Lbm/in ² | MOLDE Nº A-7 | | | | MOLDE Nº A-8 | | | | MOLDE Nº A-9 | | | |
| | | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | |
| | | | Lact. Dial | Libra pulg ² | Libra pulg ² | % | Lact. Dial | Libra pulg ² | Libra pulg ² | % | Lact. Dial | Libra pulg ² | Libra pulg ² | % |
| 0.000 | 0.000 | 0700 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 0.040 | 0.025 | 0700 | 897.0 | 205 | 426.8 | 188 | 389.7 | 124 | | | | | | |
| 1.075 | 0.050 | 1100 | 1187.0 | 490 | 496.3 | 250 | 496.3 | 181 | | | | | | |
| 1.915 | 0.075 | 1500 | 1389.6 | 580 | 630.3 | 330 | 630.3 | 240 | | | | | | |
| 2.540 | 0.100 | 2000 | 1415.8 | 580 | 1068.3 | 424 | 403.5 | 308.5 | 388 | 350.3 | 35.5 | | | |
| 3.810 | 0.150 | 3000 | 2372.8 | 1000 | 1512.6 | 641 | 1862.6 | 524 | | | | | | |
| 6.080 | 0.200 | 4000 | 2676.3 | 1220 | 2048.7 | 800 | 2452.0 | 679 | 3209.6 | 748.0 | 49.9 | | | |
| 6.290 | 0.250 | 5000 | 3283.8 | 1590 | 2646.1 | 1216 | 2196.1 | 816 | 3190.6 | 816 | | | | |
| 7.520 | 0.300 | 6000 | 3419.3 | 1990 | 2818.9 | 1352 | 2407.6 | 1125 | | | | | | |
| 10.160 | 0.400 | 8000 | 3967.8 | 2720 | 3018.8 | 1420 | | | 2848.6 | 1330 | | | | |
| 13.700 | 0.500 | 10000 | 3848 | 3020 | 3439.5 | 1507 | | | 2848.8 | 1368 | | | | |

Teléfono: Carlos Wilder Muñoz Abad
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con almeado incorporando asfalto sulfonado
 Ubicación: Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2003

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.345 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

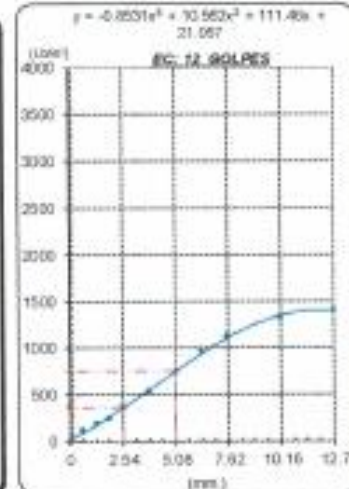
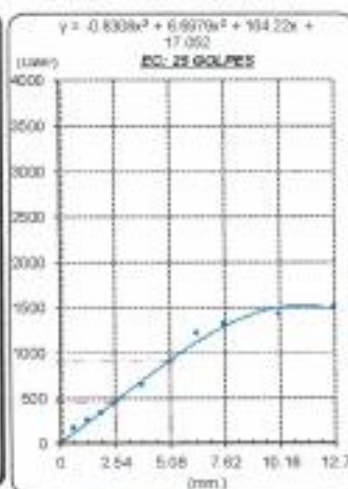
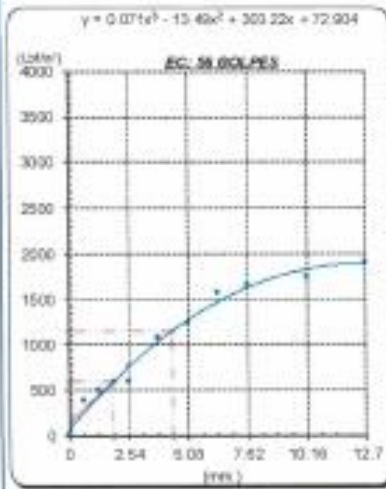


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

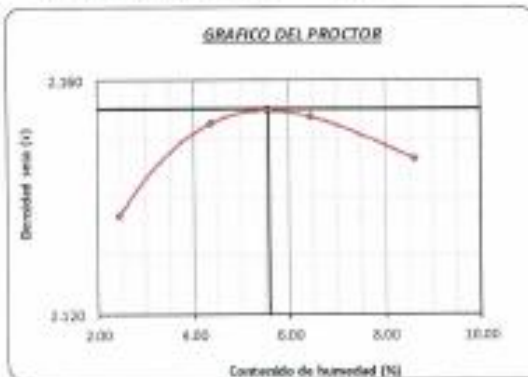
DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 2.155 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 96% | 2.047 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 5.57 % |

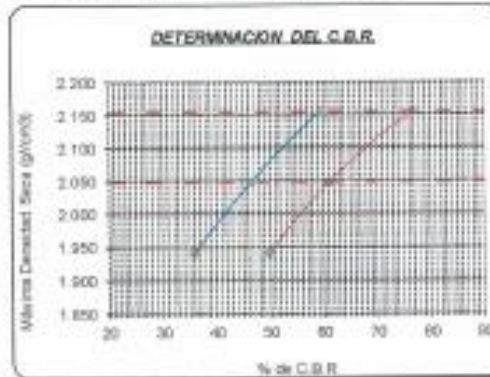
VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|------------------------|----------|----------|
| | 2.64 cm. | 5.06 cm. |
| C.B.R. AL 100 % M.D.S. | 59.4 % | 77.0 % |
| C.B.R. AL 96 % M.D.S. | 46.4 % | 61.0 % |

GRAFICO DEL PROCTOR




DETERMINACION DEL C.B.R.



Anexo 74. CBR experimental calicata 3 – muestra 1 (2^{da} adición - BG)

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Técnico : Carlos Wilder Muñoz Abad
Especialidad : Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto/Título : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando asfalto sulfonado
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque - Peru
Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023



CLIENTE : LA VICTORIA - PATAPO
MUESTRA : Nº 08 - ARRIMADO
Adición 0.25 Lm³

| COMPACTACIÓN | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--------------|---------------------|---------------------|------------|---------------------|------------|---------------------|------------|-----------|-------|
| Nº Molde | A-10 | | A-11 | | A-12 | | | | | |
| Nº Capa | 5 | | 5 | | 5 | | | | | |
| Nº Golpes por capa | 66 | | 25 | | 12 | | | | | |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA | | | | | | | | | | |
| | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | | | | |
| Peso molde + Suelo húmedo | 12010 | 12716 | 12352 | 12584 | 12140 | 13305 | | | | |
| Peso del molde (g) | 3349 | 7140 | 7755 | 7725 | 8808 | 8833 | | | | |
| Peso del suelo húmedo (g) | 8661 | 4976 | 4597 | 4859 | 4332 | 4502 | | | | |
| Volumen del molde (cc) | 3333 | 2133 | 2124 | 2124 | 2118 | 2118 | | | | |
| Densidad húmeda (g/cc) | 2.279 | 2.329 | 2.154 | 2.279 | 2.051 | 2.129 | | | | |
| % de humedad | 5.95 | 6.31 | 5.65 | 6.80 | 5.65 | 6.30 | | | | |
| Densidad seca (g/cc) | 2.157 | 2.193 | 2.046 | 2.132 | 1.941 | 2.001 | | | | |
| HUMEDAD | | | | | | | | | | |
| Tarro Nº | - | - | - | - | - | - | | | | |
| Tarro + Suelo húmedo (g.) | 387.30 | 387.30 | 385.10 | 385.10 | 384.80 | 384.80 | | | | |
| Tarro + Suelo seco (g.) | 376.30 | 376.30 | 366.70 | 366.70 | 349.80 | 349.80 | | | | |
| Peso del Agua (g.) | 11.0 | 11.0 | 18.4 | 18.4 | 15.0 | 15.0 | | | | |
| Peso del tarro (g.) | 7.2 | 7.2 | 75.3 | 75.3 | 69.3 | 69.3 | | | | |
| Peso del suelo seco (g.) | 300.1 | 300.1 | 291.4 | 291.4 | 270.7 | 270.7 | | | | |
| % de humedad | 5.95 | 5.95 | 6.31 | 6.31 | 5.65 | 5.65 | | | | |
| Promedio de Humedad (%) | 5.66 | 5.66 | 6.31 | 6.31 | 5.65 | 5.65 | | | | |
| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | |
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | DIAL | | EXPANSIÓN | | DIAL | | EXPANSIÓN | |
| | | | mm | % | mm | % | mm | % | mm | % |
| 29/10/2023 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29/10/2023 | 14.3 | 24 | 0.22 | 0.005 | 0.15 | 0.004 | 0.13 | 0.003 | 0.00 | 0.000 |
| 29/10/2023 | 14.3 | 48 | 1.45 | 0.030 | 1.25 | 0.031 | 1.39 | 0.034 | 0.00 | 0.000 |
| 29/10/2023 | 14.3 | 72 | 5 | 0.125 | 3.35 | 0.134 | 6.31 | 0.158 | 0.00 | 0.000 |
| 27/12/2023 | 14.3 | 06 | 10 | 0.250 | 16.36 | 0.259 | 16.39 | 0.260 | 0.00 | 0.000 |
| | | | 4.07 | total | 5.47 | total | 5.67 | total | 5.60 | total |
| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | |
| PENETRACIÓN | TIEMPO | CARGA | MOLDE Nº A-10 | | MOLDE Nº A-11 | | MOLDE Nº A-12 | | | |
| | | | CARGA | CORRECCIÓN | CARGA | CORRECCIÓN | CARGA | CORRECCIÓN | | |
| mm | psig | kgf/cm ² | kgf/cm ² | % | kgf/cm ² | % | kgf/cm ² | % | | |
| 0.000 | 0.000 | 0.007 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 0.640 | 0.025 | 0.307 | 651.6 | 30 | 545.3 | 215 | 320.3 | 126 | | |
| 1.270 | 0.050 | 607 | 1215.8 | 50 | 643.6 | 255 | 430.3 | 150 | | |
| 1.910 | 0.075 | 907 | 1392.8 | 50 | 559.3 | 35 | 634 | 225 | | |
| 2.540 | 0.100 | 1207 | 1425.3 | 60 | 1190.8 | 492 | 628.3 | 234.1 | | |
| 3.180 | 0.150 | 1807 | 1385.4 | 57.0 | 1329.2 | 560 | 1224.8 | 450 | | |
| 5.080 | 0.200 | 4207 | 2894.3 | 1244.1 | 2168.2 | 864 | 1728.6 | 743 | | |
| 6.350 | 0.250 | 5107 | 3284.2 | 1399 | 2887.5 | 1224 | 2172.6 | 860 | | |
| 7.620 | 0.300 | 6007 | 3436.6 | 1670 | 2864.2 | 1412 | 2401.8 | 1120 | | |
| 10.160 | 0.400 | 8107 | 3981.5 | 1758 | 3184.2 | 1515 | 2862.8 | 1330 | | |
| 12.700 | 0.500 | 10207 | 3916.8 | 1865 | 3472.3 | 1692 | 2862.8 | 1425 | | |

Tesis: Carlos Wilder Muñoz Alard
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con almidón incorporando aceite sulfonado
 Ubicación: Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

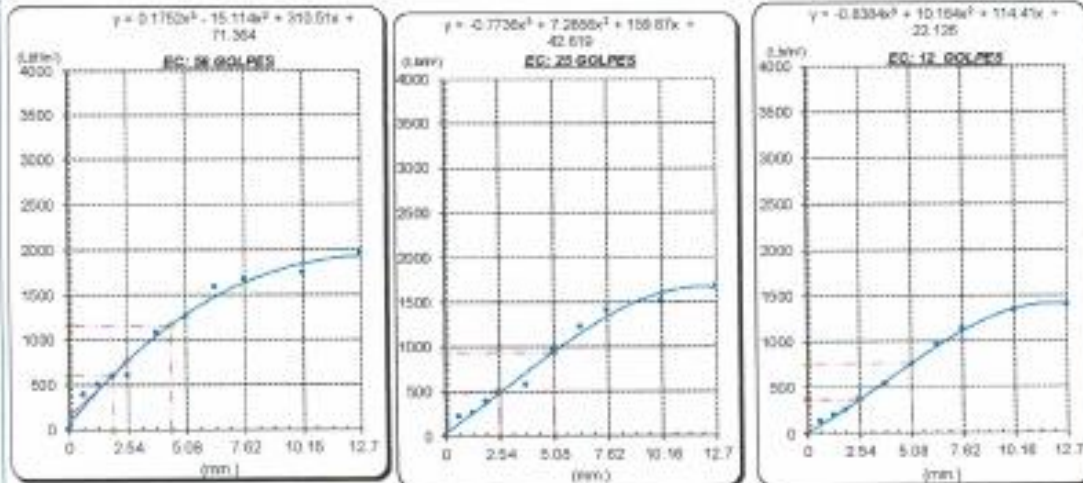


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

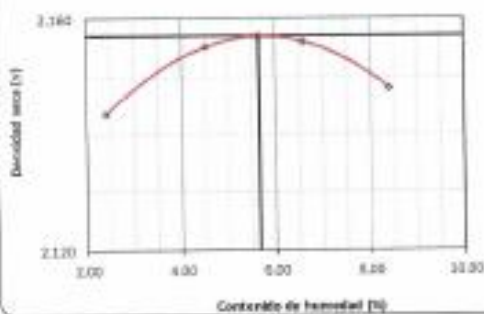
DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%: 2.157 g/cm³
 DENSIDAD SECA AL 95%: 2.048 g/cm³
 OPTIMO CONT. DE HUMEDAD: 5.05 %

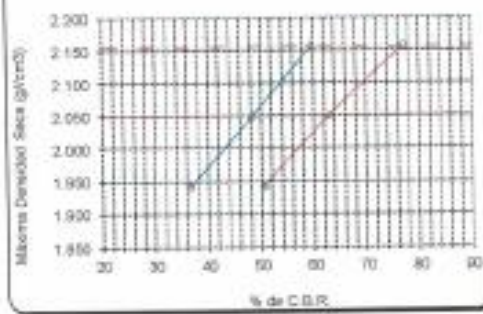
VALOR DEL C.B.R.

2.54 cm: 59.8 %
 5.08 cm: 77.3 %
 C.B.R. AL 100% M.D.S.: 59.8 %
 C.B.R. AL 95% M.D.S.: 48.4 %

GRAFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DEL C.B.R.




[Handwritten Signature]
 Henry Rosales
 Director
 T.C. Laboratorio
 USAT

Anexo 75. CBR experimental calicata 1 – muestra 1 (3^{era} adición - BG)

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporta de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 399.145 / ASTM D-1883

Teléfono : Carlos Wilder Muñoz Alsed
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023



CANTERA : LA VICTORIA - PATAPO
 MUESTRA : Nº 01 - AFIRMADO
 Adición 0.35 L/m³

| COMPACTACIÓN | | | | | | |
|---------------------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| Nº Molde | A-1 | | A-2 | | A-3 | |
| Nº Caca | 5 | | 5 | | 5 | |
| Nº Golpes por caca | 56 | | 26 | | 12 | |
| CONDICION DE LA MUESTRA | En Saturado | Secado | En Saturado | Secado | En Saturado | Secado |
| Peso molde + Suelo húmedo | 13457 | 13058 | 13381 | 13564 | 12791 | 12883 |
| Peso de molde (g) | 803 | 852 | 804 | 804 | 853 | 853 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4835 | 5007 | 4577 | 4760 | 4338 | 4032 |
| Volumen del molde (cc) | 2100 | 2120 | 2112 | 2112 | 2114 | 2113 |
| Densidad húmeda (g/cc) | 2.281 | 2.305 | 2.181 | 2.254 | 2.053 | 2.145 |
| % de humedad | 5.33 | 6.24 | 5.29 | 6.57 | 5.35 | 6.69 |
| Densidad seca (g/cc) | 2.196 | 2.236 | 2.068 | 2.145 | 1.943 | 2.019 |

| HUMEDAD | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tara Nº | | | | | | | | | | | | |
| Tara + Suelo húmedo (g) | 396.40 | 396.40 | 388.86 | 388.90 | 392.60 | 392.90 | 384.88 | 384.88 | 377.80 | 377.60 | 406.00 | 406.90 |
| Tara + Suelo seco (g) | 342.90 | 342.90 | 351.66 | 351.68 | 356.90 | 356.90 | 348.80 | 348.80 | 362.20 | 362.20 | 385.06 | 385.90 |
| Peso del Agua (g) | 14.4 | 14.4 | 17.3 | 17.3 | 15.7 | 15.7 | 16.0 | 16.0 | 15.4 | 15.4 | 21.0 | 21.0 |
| Peso del taro (g) | 71.6 | 71.6 | 74.3 | 74.3 | 70.3 | 70.3 | 72.6 | 72.6 | 73.4 | 73.4 | 71.6 | 71.6 |
| Peso del suelo seco (g) | 270.4 | 270.4 | 277.3 | 277.3 | 286.6 | 286.6 | 274.0 | 274.0 | 286.8 | 286.8 | 314.3 | 314.3 |
| % de humedad | 5.33 | 5.33 | 6.24 | 6.24 | 5.29 | 5.29 | 6.57 | 6.57 | 5.33 | 5.35 | 6.68 | 6.68 |
| Procentaje de Humedad (%) | 5.33 | | 6.24 | | 5.29 | | 6.57 | | 5.33 | | 6.68 | |

| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------------|------|-------|-----------|-------|-------|------|-----------|-------|------|----|-----------|----|
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | DIAL | | EXPANSIÓN | | DIAL | | EXPANSIÓN | | DIAL | | EXPANSIÓN | |
| | | | mm | mm | mm | % | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm |
| 30/10/2023 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 31/10/2023 | 14.3 | 24 | 0.22 | 0.008 | | 0.15 | 0.034 | | 5.12 | 0.033 | | | | |
| 01/11/2023 | 14.3 | 48 | 1.45 | 0.036 | | 1.25 | 0.031 | | 1.35 | 0.034 | | | | |
| 02/11/2023 | 14.3 | 72 | 5 | 0.125 | | 5.35 | 0.134 | | 6.31 | 0.159 | | | | |
| 03/11/2023 | 14.3 | 96 | 10 | 0.250 | | 18.38 | 0.259 | | 18.38 | 0.290 | | | | |
| | | | 4.02 | total | 5.47 | 4.02 | total | 5.07 | 4.57 | total | 5.59 | | | |

| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|--------|-------------|--------------|-------------|-------------|------|--------------|-------------|-------------|------|--------------|-------------|-------------|------|
| PENETRACIÓN | | TIEMPO | GARGA STAND | MOLDE Nº A-1 | | | | MOLDE Nº A-2 | | | | MOLDE Nº A-3 | | | |
| | | | | Lect. Dial | Libra pulg2 | Libra pulg2 | % | Lect. Dial | Libra pulg2 | Libra pulg2 | % | Lect. Dial | Libra pulg2 | Libra pulg2 | % |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.000 | 0.000 | 000" | | 0 | 2 | | | 0 | 2 | | | 0 | 2 | | |
| 0.640 | 0.025 | 030" | | 345.2 | 363 | | | 340.3 | 212 | | | 315.6 | 123 | | |
| 1.270 | 0.050 | 060" | | 1199.4 | 466 | | | 642.8 | 258 | | | 495.4 | 168 | | |
| 1.910 | 0.075 | 090" | | 1354.8 | 571 | | | 798.6 | 306 | | | 550.7 | 204 | | |
| 2.540 | 0.100 | 120" | | 1400.4 | 585 | 59.7 | 68.1 | 1498.4 | 491 | 479.6 | 48.0 | 547.7 | 211 | 365.0 | 36.1 |
| 3.180 | 0.150 | 150" | | 2354.8 | 1391 | | | 1350.5 | 595 | | | 1207.6 | 456 | | |
| 3.820 | 0.200 | 180" | | 2682.8 | 1231.7 | 1148.0 | 94.6 | 2199.4 | 993 | 1004.9 | 100 | 1797.9 | 733 | 150.5 | 50.0 |
| 4.460 | 0.250 | 210" | | 3277.8 | 1529 | | | 2693.8 | 1203 | | | 2377.5 | 895 | | |
| 5.100 | 0.300 | 240" | | 3462.8 | 1650 | | | 2784.3 | 1406 | | | 2484.9 | 1119 | | |
| 5.740 | 0.400 | 300" | | 3956.4 | 1743 | | | 3157.6 | 1566 | | | 2846.6 | 1020 | | |
| 6.380 | 0.500 | 360" | | 3963.5 | 1944 | | | 3403.6 | 1983 | | | 3088.8 | 1302 | | |

Tesis: Carlos Wilder Muñoz Alsed
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con afriado incorporando asfalto sulfonado
 Ubicación: Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 319.145 / ASTM D-1583

GRAFICO CARGA - PENETRACION

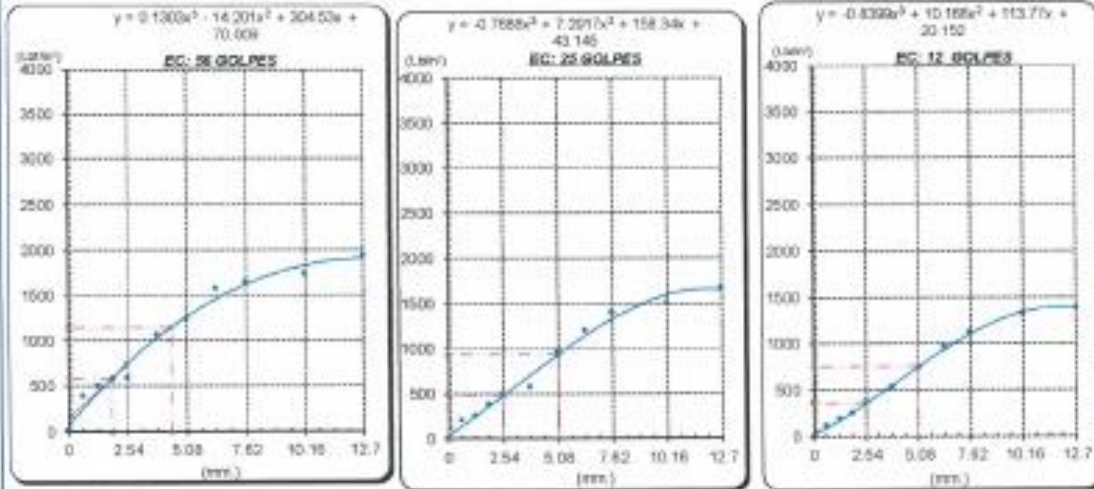


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

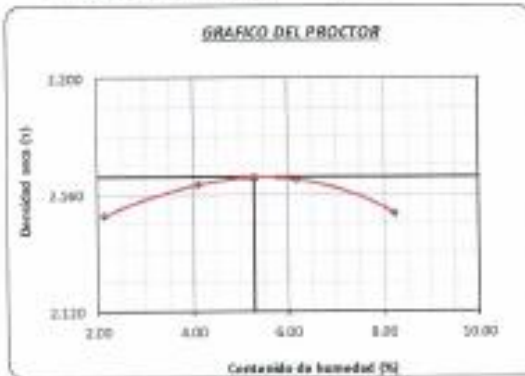
DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 2.196 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 95% | 2.050 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 5.30 % |

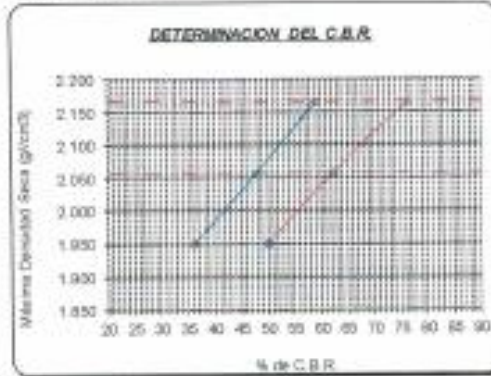
VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|------------------------|----------|----------|
| | 2.54 cm. | 5.00 cm. |
| C.B.R. AL 100 % M.D.S. | 55.1 % | 76.6 % |
| C.B.R. AL 95 % M.D.S. | 47.9 % | 62.3 % |

GRAFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DEL C.B.R.



[Signature]
 Henry
 Director General
 Oficina
 Tec. Laboratorio
 USAT

Tesis: Carba Wilder Muñoz Abad
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con aferrado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación: Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. I Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

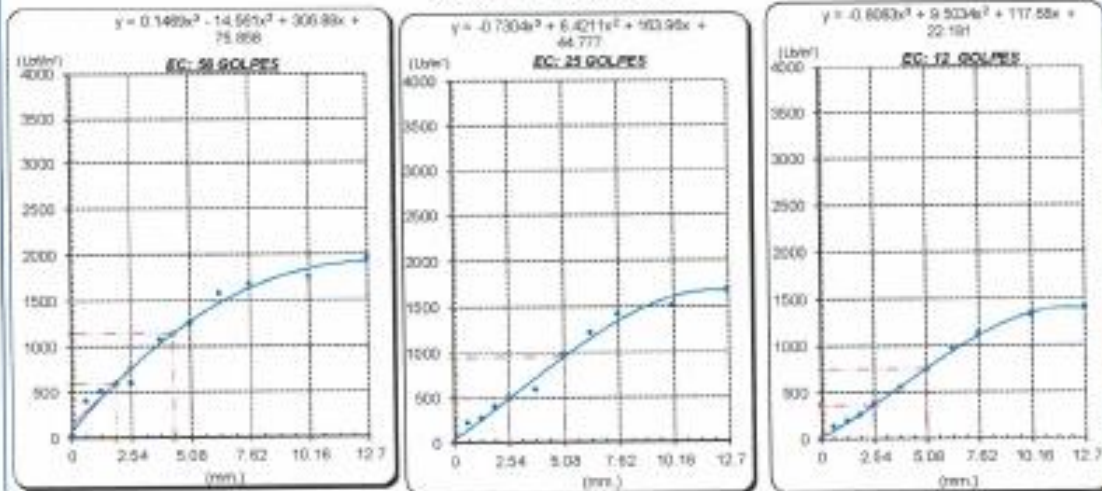


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

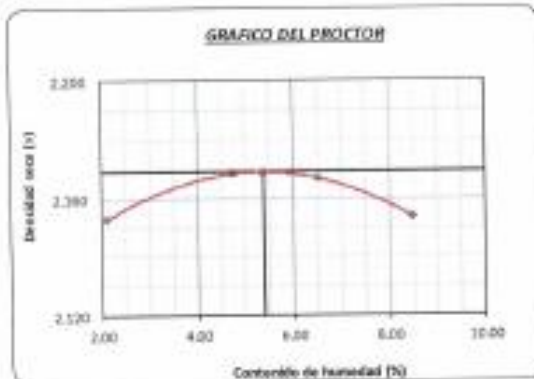
DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 2.166 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 96% | 2.061 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 5.30 % |

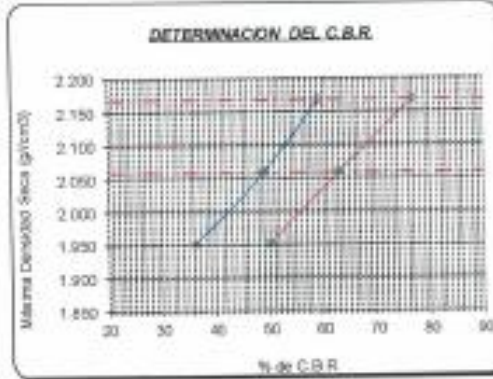
VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|-----------------------|----------|----------|
| | 2.94 cm. | 5.66 cm. |
| C.B.R. AL 100% H.D.S. | 50.3 % | 78.9 % |
| C.B.R. AL 96% H.D.S. | 49.1 % | 83.2 % |

GRAFICO DEL PROCTOR




DETERMINACION DEL C.B.R.



Anexo 77. CBR experimental calicata 3 – muestra 1 (3^{era} adición - BG)

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
M.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Técnico : Carlos Wilder Muñoz Abad
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Propósito/tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporado aceite sulfonado
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque - Peru
Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023



CALICATA : LA VICTORIA - PATAPO
MUESTRA : Nº 03 - AFIRMADO
Adición 0.35 Litro

| COMPACTACIÓN | | | | | | |
|---------------------------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
| Nº Molde | A-7 | | A-8 | | A-9 | |
| Nº Capa | 5 | | 6 | | 5 | |
| Nº Golpes por capa | 56 | | 25 | | 12 | |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA | | | | | | |
| | sin Saturado | Saturado | sin Saturado | Saturado | sin Saturado | Saturado |
| Peso molde + Suelo húmedo | 12708 | 12946 | 12916 | 12716 | 12213 | 12462 |
| Peso de molde (g) | 7653 | 7805 | 7983 | 7903 | 7818 | 7820 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4853 | 5091 | 4813 | 4813 | 4395 | 4604 |
| Volumen del molde (cc) | 2117 | 2117 | 2118 | 2119 | 2125 | 2125 |
| Densidad húmeda (g/cc) | 2.289 | 2.405 | 2.277 | 2.271 | 2.064 | 2.181 |
| % de humedad | 5.48 | 7.43 | 5.49 | 7.95 | 5.47 | 7.50 |
| Densidad seca (g/cc) | 2.173 | 2.230 | 2.094 | 2.112 | 1.956 | 2.029 |

| HUMEDAD | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tarso Nº | - | | - | | - | | - | | - | |
| Tarso + Suelo húmedo (gr) | 379.26 | 379.26 | 336.10 | 336.10 | 349.99 | 349.99 | 399.49 | 399.49 | 425.56 | 425.56 |
| Tarso + Suelo seco (gr) | 384.96 | 384.96 | 319.99 | 319.99 | 335.58 | 335.58 | 339.99 | 339.99 | 407.26 | 407.26 |
| Peso del Agua (gr) | 15.3 | 15.3 | 17.8 | 17.8 | 14.4 | 14.4 | 19.9 | 19.9 | 18.3 | 18.3 |
| Peso del tarso (gr) | 75.8 | 75.8 | 75.8 | 75.8 | 73.4 | 73.4 | 75.9 | 75.9 | 72.9 | 72.9 |
| Peso del suelo seco (gr) | 276.1 | 279.1 | 236.9 | 236.9 | 262.1 | 262.1 | 263.6 | 263.6 | 334.3 | 334.3 |
| % de humedad | 5.48 | 5.48 | 7.43 | 7.43 | 5.49 | 5.49 | 7.55 | 7.55 | 5.47 | 5.47 |
| Promedio de Humedad (%) | 5.48 | | 7.43 | | 5.49 | | 7.55 | | 5.47 | |

| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------------|------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|-----------|-------|
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | |
| | | | | Pulg | % | | Pulg | % | | Pulg | % |
| 30/10/2023 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 31/10/2023 | 14.3 | 24 | 0.22 | 0.008 | 0.15 | 0.004 | 0.12 | 0.004 | 0.12 | 0.004 | 0.004 |
| 01/11/2023 | 14.3 | 48 | 1.45 | 0.036 | 1.35 | 0.031 | 1.35 | 0.031 | 1.35 | 0.031 | 0.031 |
| 02/11/2023 | 14.3 | 72 | 3 | 0.125 | 3.35 | 0.134 | 6.21 | 0.156 | 6.21 | 0.156 | 0.156 |
| 03/11/2023 | 14.3 | 96 | 18 | 0.290 | 10.30 | 0.290 | 19.39 | 0.300 | 19.39 | 0.300 | 0.300 |
| | | | 4.57 | total | 5.47 | 0.57 | total | 5.57 | 4.57 | total | 5.59 |

| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|--------|-------|--------|--------------|-------------------------|-------------------------|--------|--------------|-------------------------|-------------------------|--------|--------------|-------------------------|-------------------------|---|
| PENETRACIÓN | | TIEMPO | STAND | CARGA | MOLDE Nº A-7 | | | | MOLDE Nº A-8 | | | | MOLDE Nº A-9 | | | |
| | | | | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | |
| | | | | | Lect. Dial | Libr/ pulg ² | Libr/ pulg ² | % | Lect. Dial | Libr/ pulg ² | Libr/ pulg ² | % | Lect. Dial | Libr/ pulg ² | Libr/ pulg ² | % |
| 0.000 | 0.000 | 100" | | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | | | |
| 0.640 | 0.025 | 0.75" | | 872.8 | 580.0 | 880.8 | 229 | 865.1 | 526 | 865.1 | 526 | 865.1 | 526 | | | |
| 1.279 | 0.050 | 1.00" | | 1054.6 | 679.9 | 1079.9 | 372 | 1029.9 | 679 | 1029.9 | 679 | 1029.9 | 679 | | | |
| 1.918 | 0.075 | 1.50" | | 1463.8 | 949.8 | 1483.8 | 406 | 1423.8 | 925 | 1423.8 | 925 | 1423.8 | 925 | | | |
| 2.548 | 0.100 | 2.00" | 1000 | 1848.2 | 1194 | 1874 | 503 | 1824 | 1000 | 1824 | 1000 | 1824 | 1000 | | | |
| 3.810 | 0.150 | 3.00" | | 2396.2 | 1584 | 2426.6 | 692 | 2376.6 | 1548 | 2376.6 | 1548 | 2376.6 | 1548 | | | |
| 5.080 | 0.200 | 4.00" | 1500 | 2716.8 | 1756 | 2767.8 | 979 | 2707.8 | 1740 | 2707.8 | 1740 | 2707.8 | 1740 | | | |
| 6.330 | 0.250 | 5.00" | | 3295.8 | 1985 | 3365.5 | 1231 | 3285.5 | 1985 | 3285.5 | 1985 | 3285.5 | 1985 | | | |
| 7.620 | 0.300 | 6.00" | | 3882.8 | 2306 | 3952.8 | 1424 | 3842.8 | 2296 | 3842.8 | 2296 | 3842.8 | 2296 | | | |
| 10.160 | 0.400 | 8.00" | | 5587.8 | 3389 | 5692.2 | 1930 | 5542.2 | 3389 | 5542.2 | 3389 | 5542.2 | 3389 | | | |
| 12.700 | 0.500 | 10.00" | | 8292 | 4919 | 8495.5 | 2705 | 8245.5 | 4919 | 8245.5 | 4919 | 8245.5 | 4919 | | | |

Tesis: Carlos Wilder Muñoz Abad
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con aferrado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación: Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

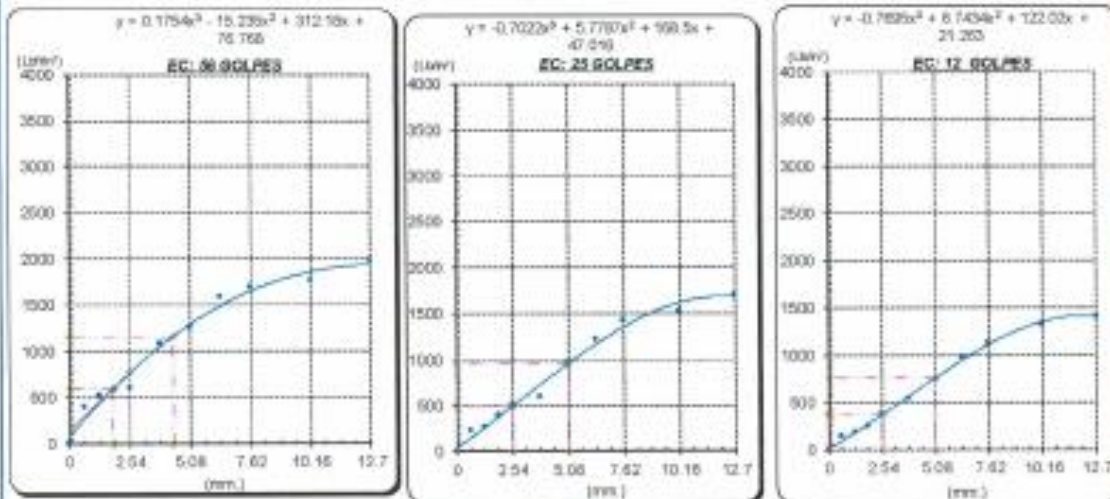


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

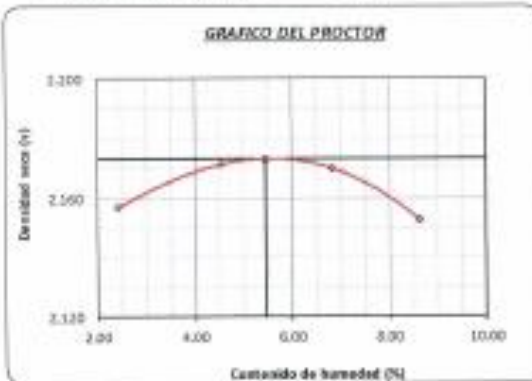
DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 2.173 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 95% | 2.054 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 5.47 % |

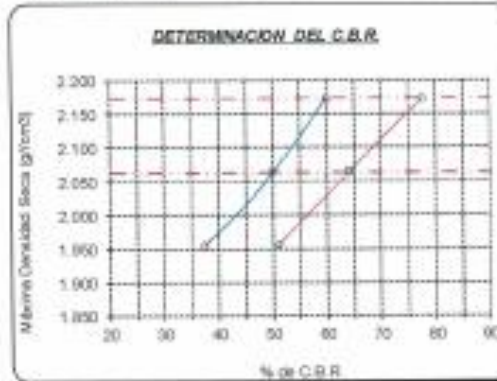
VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|------------------------|----------|----------|
| | 2.54 cm. | 5.08 cm. |
| C.B.R. AL 100 % M.D.S. | 53.0 % | 77.0 % |
| C.B.R. AL 95 % M.D.S. | 50.2 % | 54.1 % |

GRAFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DEL C.B.R.




Henry Rivas Obispo
 Henry Rivas Obispo
 Tec. Laboratorio
 USAT

Anexo 78. CBR experimental calicata 1 – muestra 1 (4^{ta} adición - BG)

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tercera : Carlos Wilder Muller Abad
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/tesis : Evaluación de la base granular con afirmado incorporado aceite sulfonado
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Noviembre del 2023



CALICATA : : LA VICTORIA - PATAPO
 MUESTRA : : N° 01 - AFIRMADO
 Adición 0.45 Lt/m³

| COMPACTACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------|------------|---------------|---------------------|------------------------|------------------------|-----------------|---------------|------------------------|------------------------|-------|---------------|------------------------|------------------------|------|
| N° Molde | A-10 | | A-11 | | A-12 | | | | | | | | | | |
| N° Cazo | 5 | | 5 | | 5 | | | | | | | | | | |
| N° Golpes por caso | 56 | | 25 | | 12 | | | | | | | | | | |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sin Sulfonado | Sulfonado | Sin Sulfonado | Sulfonado | Sin Sulfonado | Sulfonado | | | | | | | | | |
| Peso molde + Suelo húmedo | 12015 | 12891 | 12888 | 12579 | 13155 | 12902 | | | | | | | | | |
| Peso de molde (g) | 7369 | 7769 | 7755 | 7755 | 6984 | 6936 | | | | | | | | | |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4646 | 5142 | 4933 | 4821 | 4369 | 4966 | | | | | | | | | |
| Volumen del molde (cc) | 2381 | 2335 | 2324 | 2324 | 2118 | 2118 | | | | | | | | | |
| Densidad húmeda (g/cc) | 2.281 | 2.411 | 2.167 | 2.270 | 2.063 | 2.351 | | | | | | | | | |
| % de humedad | 5.37 | 7.01 | 5.37 | 7.54 | 5.37 | 7.07 | | | | | | | | | |
| Densidad seca (g/cc) | 2.160 | 2.250 | 2.057 | 2.111 | 1.948 | 2.000 | | | | | | | | | |
| HUMEDAD | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tarro N° | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tarro + Suelo húmedo (g.) | 345.89 | 345.89 | 379.20 | 379.20 | 365.89 | 365.89 | | | | | | | | | |
| Tarro + Suelo seco (g.) | 332.29 | 332.29 | 356.40 | 356.40 | 351.89 | 351.89 | | | | | | | | | |
| Peso del Agua (gr.) | 13.6 | 13.6 | 19.8 | 19.8 | 14.8 | 14.8 | | | | | | | | | |
| Peso del tarro (gr.) | 78.0 | 78.0 | 76.8 | 76.8 | 75.2 | 75.2 | | | | | | | | | |
| Peso del suelo seco (gr.) | 253.4 | 253.4 | 282.6 | 282.6 | 270.8 | 270.8 | | | | | | | | | |
| % de humedad | 5.37 | 5.37 | 7.01 | 7.01 | 5.37 | 5.37 | | | | | | | | | |
| Porcentaje de Humedad (%) | 5.37 | 7.01 | 5.37 | 7.54 | 5.37 | 7.07 | | | | | | | | | |
| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | DIAL | | | EXPANSIÓN | | | DIAL | | | EXPANSIÓN | | | |
| | | | DIAL | EXPANSIÓN Pulg. | % | DIAL | EXPANSIÓN Pulg. | % | DIAL | EXPANSIÓN Pulg. | % | DIAL | EXPANSIÓN Pulg. | % | |
| 30/10/2023 | 14.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 31/10/2023 | 14.3 | 24 | 6.23 | 0.306 | | 0.35 | 0.034 | | 0.52 | 0.032 | | | | | |
| 01/11/2023 | 14.3 | 48 | 1.45 | 0.036 | | 1.35 | 0.031 | | 1.35 | 0.034 | | | | | |
| 02/11/2023 | 14.3 | 72 | 0 | 0.125 | | 0.35 | 0.134 | | 6.31 | 0.158 | | | | | |
| 03/11/2023 | 14.3 | 96 | 10 | 0.250 | | 16.36 | 0.259 | | 16.36 | 0.260 | | | | | |
| | | | 4.57 | total | 5.47 | 4.57 | total | 5.07 | 4.57 | total | 5.00 | | | | |
| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | |
| PENETRACIÓN | | TIEMPO | CARGA STAND | MOLDE N° A-10 | | | | MOLDE N° A-11 | | | | MOLDE N° A-12 | | | |
| mm. | pulg. | | | Lbs/ft ² | CARGA | CORRECCIÓN | CARGA | CORRECCIÓN | CARGA | CORRECCIÓN | CARGA | CORRECCIÓN | CARGA | CORRECCIÓN | |
| | | | | Last. Dia | Lbs/ pulg ² | Lbs/ pulg ² | % | Last. Dia | Lbs/ pulg ² | Lbs/ pulg ² | % | Last. Dia | Lbs/ pulg ² | Lbs/ pulg ² | % |
| 0.000 | 0.000 | 0100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.640 | 0.025 | 0300 | 6978.2 | 6978.2 | 6978.2 | 100.0 | 6978.2 | 240 | 6978.2 | 240 | 3.44 | 6978.2 | 181 | 6978.2 | 2.61 |
| 1.270 | 0.050 | 0500 | 13411.2 | 6611.2 | 6611.2 | 49.3 | 6611.2 | 228 | 6611.2 | 228 | 3.44 | 6611.2 | 149 | 6611.2 | 2.27 |
| 1.910 | 0.075 | 0700 | 19345.5 | 6411.5 | 6411.5 | 47.6 | 6411.5 | 405 | 6411.5 | 405 | 6.31 | 6411.5 | 149 | 6411.5 | 2.27 |
| 2.540 | 0.100 | 0900 | 25280.0 | 4951.0 | 4951.0 | 37.0 | 4951.0 | 620 | 4951.0 | 620 | 12.62 | 4951.0 | 407 | 4951.0 | 42.4 |
| 3.170 | 0.125 | 1100 | 31215.0 | 1201.0 | 1201.0 | 9.3 | 1201.0 | 711 | 1201.0 | 711 | 5.83 | 1201.0 | 407 | 1201.0 | 42.4 |
| 3.810 | 0.150 | 1300 | 37150.0 | 1201.0 | 1201.0 | 9.3 | 1201.0 | 1014 | 1201.0 | 1014 | 8.44 | 1201.0 | 407 | 1201.0 | 42.4 |
| 4.450 | 0.175 | 1500 | 43085.0 | 1201.0 | 1201.0 | 9.3 | 1201.0 | 1317 | 1201.0 | 1317 | 11.05 | 1201.0 | 407 | 1201.0 | 42.4 |
| 5.090 | 0.200 | 1700 | 49020.0 | 1802.0 | 1802.0 | 26.3 | 1802.0 | 1241 | 1802.0 | 1241 | 16.67 | 1802.0 | 407 | 1802.0 | 42.4 |
| 5.730 | 0.225 | 1900 | 54955.0 | 1750.0 | 1750.0 | 24.4 | 1750.0 | 1447 | 1750.0 | 1447 | 22.29 | 1750.0 | 407 | 1750.0 | 42.4 |
| 6.370 | 0.250 | 2100 | 60890.0 | 1750.0 | 1750.0 | 24.4 | 1750.0 | 1551 | 1750.0 | 1551 | 28.91 | 1750.0 | 407 | 1750.0 | 42.4 |
| 7.010 | 0.275 | 2300 | 66825.0 | 2345.0 | 2345.0 | 34.0 | 2345.0 | 1729 | 2345.0 | 1729 | 38.53 | 2345.0 | 407 | 2345.0 | 42.4 |

Tesis: Carlos Wilder Muñoz Abad
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con almidón incorporando aceite sulfonado
 Ubicación: Chiclayo, Lambayeque - Peru
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.F. 339.145 / ASTM D-1883

GRÁFICO CARGA - PENETRACIÓN

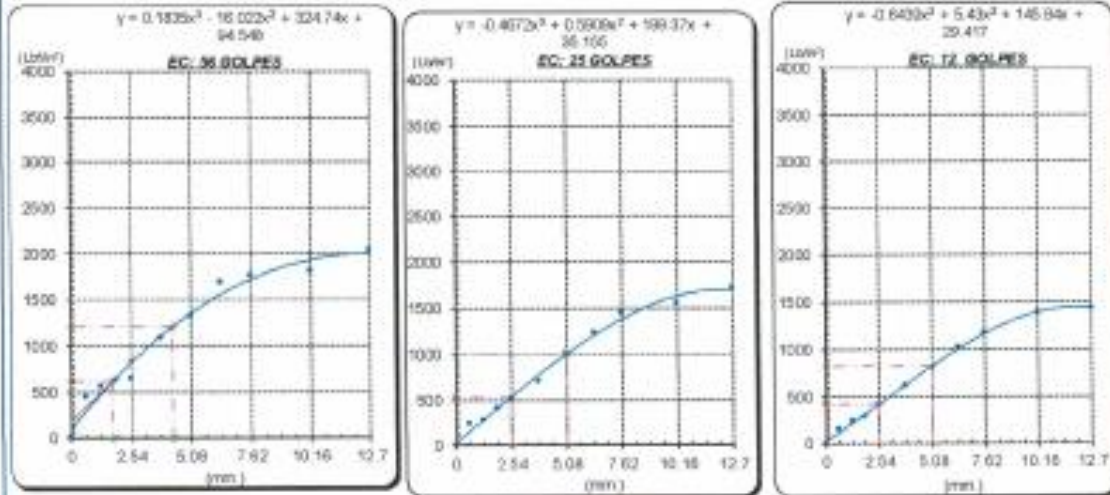


GRÁFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

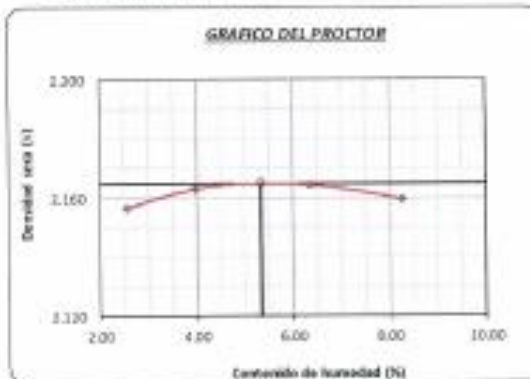
DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 2.165 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 95% | 2.057 g/cm ³ |
| ÓPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 5.25 % |

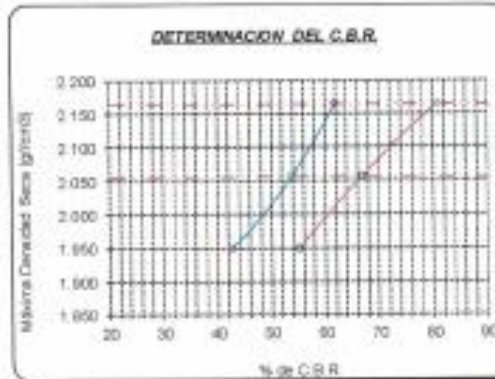
VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|------------------------|----------|----------|
| | 2.54 cm. | 5.08 cm. |
| C.B.R. AL 100 % M.D.S. | 01.8 % | 50.0 % |
| C.B.R. AL 95 % M.D.S. | 53.0 % | 85.0 % |

GRÁFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DEL C.B.R.



Henry Rosadomayta Gómez
 Tec. Laboratorio USAT

Tesis: Carlos Wiler Muñoz Abad
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado
 Ubicación: Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. I Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1583

GRÁFICO CARGA - PENETRACIÓN

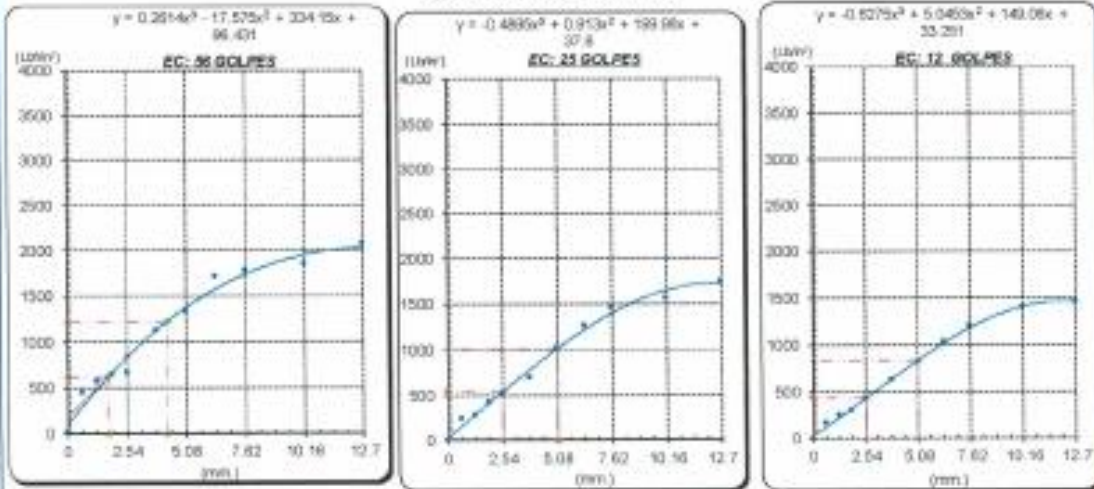


GRÁFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

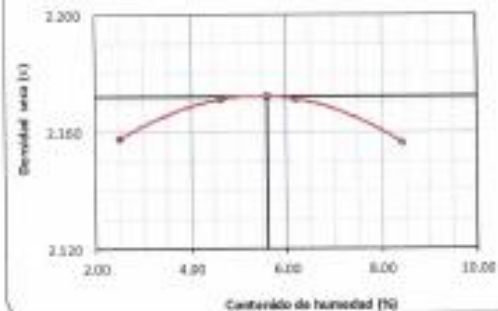
DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 2.172 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 95% | 2.053 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 5.01 % |

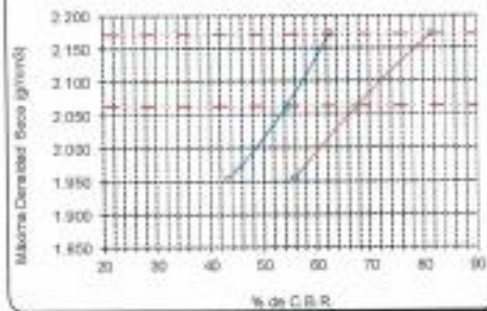
VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|------------------------|----------|----------|
| | 2.54 cm. | 5.98 cm. |
| C.B.R. AL 100 % M.D.S. | 52.4 % | 81.6 % |
| C.B.R. AL 95 % M.D.S. | 54.4 % | 87.6 % |

GRÁFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DEL C.B.R.



Henry Rivas Rodríguez
 Tcn. Laboratorio USAT

TECNICO LABORATORIO

Tutor: Carlos Wilder Muñoz Abad
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis: Evaluación de la base granular con almidón incorporando aceite sulfonado
 Ubicación: Chiclayo, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión: Chiclayo, Noviembre del 2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

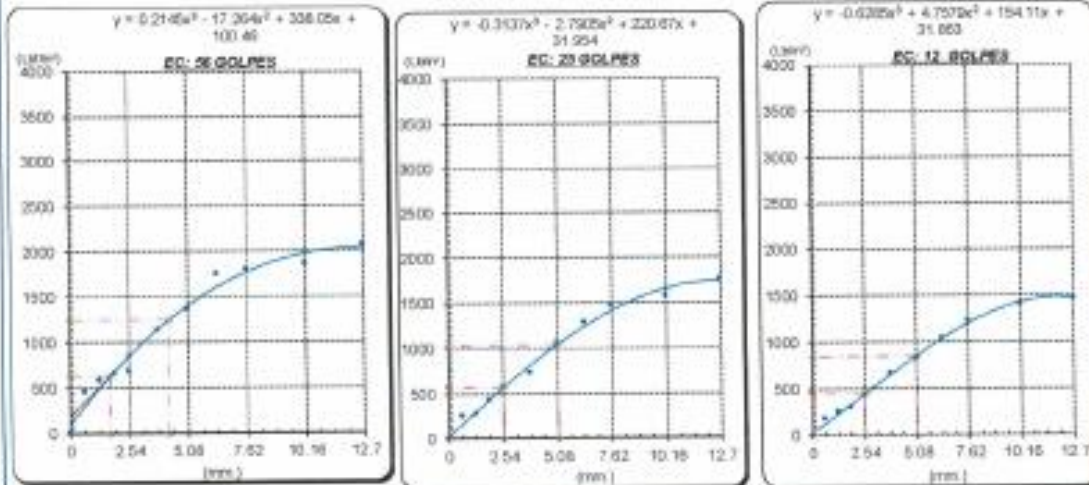


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

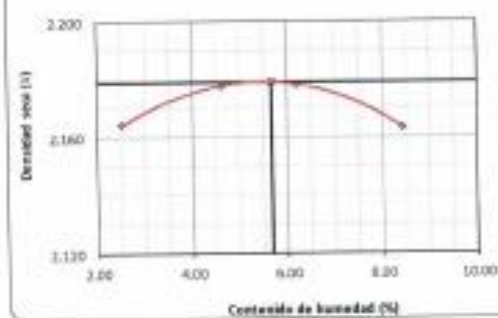
DATOS DEL PROCTOR

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| DENSIDAD SECA AL 100% | 2.170 g/cm ³ |
| DENSIDAD SECA AL 95% | 2.070 g/cm ³ |
| OPTIMO CONT. DE HUMEDAD | 5.56 % |

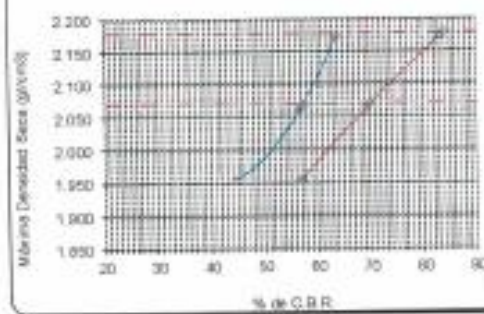
VALOR DEL C.B.R.

| | | |
|------------------------|----------|----------|
| | 2.84 cm. | 5.00 cm. |
| C.B.R. AL 100 % M.D.S. | 64.2 % | 64.0 % |
| C.B.R. AL 95 % M.D.S. | 57.7 % | 70.1 % |

GRAFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DEL C.B.R.



Anexo 81. Resultados del tramo de prueba – Constructora y Consultoría A&R SAC



CONSTRUCTORA & CONSULTORIA

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

Laboratorio de suelos, concreto y asfalto
Estudios Geotécnicos, Geofísicos y Topográficos
Control de calidad en obras
Alquiler de maquinaria y venta de material de agregado
Ejecución, Supervisión de obras y Consultorías en general



Av. Vicente Russo N° 1530 Int. D y F
Fundo "El Cerrito" - Chiclayo



978 360 036 - 993 595 300



constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

DENSIDAD IN SITU POR EL METODO DE DENSIMETRO NUCLEAR (ASTM D6938)

| | | | |
|------------------|--|------------------------|-----------------|
| PROYECTO | : "Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado" | SUPERVISOR | : Roysier Burga |
| UBICACIÓN | : Jr. Juan Tomis cuadra #5 Urb. Santa María, Distrito de José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque | TECNICO DE LAB. | : Henry Cercado |
| MATERIAL | : Afirmado | | |
| CLIENTE | : Carlos Wilder Muñoz Abad | | |

METODO DE ENSAYO: TRANSMISION DIRECTA

| | | | | | | | |
|---|-----------------|--|--|--|--|--|--|
| N° correlativo de archivo: | 1 | | | | | | |
| N° de ensayo: | D-01 | | | | | | |
| Identificación de ensayo: | Tramo de prueba | | | | | | |
| Lado: | C | | | | | | |
| Nivel de capa: | Base | | | | | | |
| Otra identificación: | - | | | | | | |
| Fecha: | 6/03/2024 | | | | | | |
| Densidad Humeda (g/cm3): | 2,156 | | | | | | |
| Humedad: | 4,70 | | | | | | |
| Humedad optima: | 5,68 | | | | | | |
| Variación de humedad: | -0,12 | | | | | | |
| Densidad seca (g/cm3): | 2,059 | | | | | | |
| Máxima densidad seca (g/cm3): | 2,179 | | | | | | |
| Grado compactación (%): | 95,4 | | | | | | |
| Criterio de aceptación del cliente (%): | 95,0 | | | | | | |
| Conclusión (CUMPLE/NO CUMPLE): | CUMPLE | | | | | | |

Observaciones : Los valores de la Máxima Densidad Seca y Humedad Óptima fueron proporcionados por el cliente



Henry
Rivadeneira
Gólez
Téc. Laboratorio
USAT



CONSTRUCTORA & CONSULTORIA

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

Laboratorio de suelos, concreto y asfalto
 Estudios Geotécnicos, Geofísicos y Topográficos
 Control de calidad en obras
 Alquiler de maquinaria y venta de material de agregado
 Ejecución, Supervisión de obras y Consultorías en general



Av. Vicente Russo N° 1530 Int. D y F
 Fundo "El Cerrito" - Chiclayo



978 360 036 - 993 595 300



constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

DENSIDAD IN SITU POR EL METODO DE DENSÍMETRO NUCLEAR (ASTM D6938)

| | | | |
|--------------------|--|--------------------------|---------------|
| PROYECTO : | "Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado" | SUPERVISOR : | Royser Burga |
| UBICACIÓN : | Jr. Juan Tomis cuadra #5 Urb. Santa María, Distrito de José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque | TECNICO DE LAB. : | Henry Cercado |
| MATERIAL : | Afirmado | | |
| CLIENTE : | Carlos Wilder Muñoz Abad | | |

METODO DE ENSAYO: TRANSMISION DIRECTA

| | | | | | | | |
|---|-----------------|--|--|--|--|--|--|
| N° correlativo de archivo: | 2 | | | | | | |
| N° de ensayo: | D-02 | | | | | | |
| Identificación de ensayo: | Tramo de prueba | | | | | | |
| Lado: | C | | | | | | |
| Nivel de capa: | Base | | | | | | |
| Otra identificación: | - | | | | | | |
| Fecha: | 6/05/2024 | | | | | | |
| Densidad Humeda (g/cm3): | 2,156 | | | | | | |
| Humedad: | 4,70 | | | | | | |
| Humedad optima: | 5,68 | | | | | | |
| Variación de humedad: | -0,158 | | | | | | |
| Densidad seca (g/cm3): | 2,021 | | | | | | |
| Máxima densidad seca (g/cm3): | 2,179 | | | | | | |
| Grado compactación (%): | 93,7 | | | | | | |
| Criterio de aceptación del cliente (%): | 95,0 | | | | | | |
| Conclusión (CUMPLE/NO CUMPLE): | ACEPTABLE | | | | | | |

Observaciones : Los valores de la Máxima Densidad Seca y Humedad Óptima fueron proporcionados por el cliente



Anexo 82. Certificado de calibración del densímetro nuclear



**TECPRO
ELECTRÓNICA S.A.C.**

Av. Paseo de la República N° 4020 - Miraflores
Lima 15046 Telf.: (511) 421 - 9396
E-mails: tecpro@tecproelectronica.com.pe
tecproelectronica@gmail.com
Página web: www.tecproelectronica.com.pe

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 062-2023 - C07 TE

TECPRO ELECTRONICA S.A.C. declara que éste equipo ha sido calibrado en conformidad con los estándares de calidad sugeridos por TROXLER, y con la respectiva trazabilidad a NIST (The National Institute of Standards and Technology-USA).

DATOS DEL SOLICITANTE

Cliente : CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
RUC : 20561378313
Dirección : Av. Vicente Ruso Nro. 1530 Int D-F Fundo el Cerrito. Lambayeque - Chiclayo - Chiclayo.

DATOS DEL EQUIPO

Equipo : DENSIMETRO NUCLEAR
Marca : TROXLER
Modelo : 3440
Serie : 37408

FECHA DE CALIBRACION

Fecha : 12 de Julio del 2023

LUGAR DE CALIBRACION

Calibrado en : Laboratorio de TECPRO ELECTRÓNICA S.A.C.

METODO DE MEDICION UTILIZADO

Se determina el porcentaje de error por comparación con los Blocks Secundarios que son idénticos al Set de Blocks Estándar Primarios de Calibración de Troxler cuyos valores de densidad son traceables a los estándares Master del National Institute of Standard and Technology (NIST), Gaithersburg, MD, USA.

PATRON DE MEDICION

Tres Blocks Secundarios de Calibración de Magnesio, Magnesio/Aluminio y Aluminio.

TEMPERATURA

Esta calibración se realizó en un ambiente con temperatura entre 14.4 °C y 25.6°C.

CONCLUSIÓN

Los errores encontrados no superan el +/-0% establecido por el fabricante.
Se adjuntan datos de las mediciones.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

TROXLER recomienda la calibración anual del equipo.



TECPRO ELECTRÓNICA S.A.C.
Félix Uribe Barreto
Gerente

TROXLER
The Leader in Construction Testing Equipment
Medición Nuclear de Densidad y Humedad
Medidor de Contenido de Agua, Equipos Diseñados de Agua



Henry
Rivadeneira
Ojeda
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad César
de Vallejo



**TECPRO
ELECTRÓNICA S.A.C.**

Av. Paseo de la República N° 4020 - Miraflores
Lima 15046 - Tel: (511) 421 - 9358
E-mail: tecpro@tecproelectronica.com.pe
tecproelectronica@gmail.com
Página web: www.tecproelectronica.com.pe

MEDICIONES

Equipo : DENSIMETRO NUCLEAR
Marca : TROXLER
Modelo : 3440
Serie : 37408

| PROFUNDIDAD | DENSIDAD MEDIDA BLOCK DE MAGNESIO (pcf) | DENSIDAD REAL BLOCK DE MAGNESIO (pcf) | DIFERENCIA | ± ERROR |
|-------------|--|---|------------|---------|
| 0 | 109.6 | 109.4 | 0.20 | 0.18% |
| 2 | 109.3 | 109.4 | -0.20 | -0.18% |
| 4 | 109.4 | 109.4 | 0.00 | 0.00% |
| 6 | 109.3 | 109.4 | -0.10 | -0.09% |
| 8 | 109.3 | 109.4 | -0.10 | -0.09% |
| 10 | 109.3 | 109.4 | -0.20 | -0.18% |
| 12 | 109.3 | 109.4 | -0.10 | -0.09% |
| PROFUNDIDAD | DENSIDAD MEDIDA BLOCK DE MAGALUM (pcf) | DENSIDAD REAL BLOCK DE MAGALUM (pcf) | DIFERENCIA | ± ERROR |
| 0 | 134.4 | 134.2 | 0.20 | 0.14% |
| 2 | 134 | 134.2 | -0.20 | -0.14% |
| 4 | 134 | 134.2 | -0.20 | -0.14% |
| 6 | 134.1 | 134.2 | -0.10 | -0.07% |
| 8 | 134.1 | 134.2 | -0.10 | -0.07% |
| 10 | 134.1 | 134.2 | 0.00 | 0.00% |
| 12 | 134.1 | 134.2 | -0.10 | -0.07% |
| PROFUNDIDAD | DENSIDAD MEDIDA BLOCK DE ALUMINIO (pcf) | DENSIDAD REAL BLOCK DE ALUMINIO (pcf) | DIFERENCIA | ± ERROR |
| 0 | 162.1 | 162.4 | -0.30 | -0.18% |
| 2 | 162.1 | 162.4 | -0.30 | -0.18% |
| 4 | 162.2 | 162.4 | -0.30 | -0.18% |
| 6 | 162.2 | 162.4 | -0.20 | -0.12% |
| 8 | 162.6 | 162.4 | 0.20 | 0.12% |
| 10 | 162.7 | 162.4 | -0.30 | -0.18% |
| 12 | 162.1 | 162.4 | -0.30 | -0.18% |

NOTA: SE ADJUNTA EL INFORME DE CALIBRACION.



TECPRO ELECTRONICA S.A.C
Félix Ube Barrio
Gerente

Página 2 de 2

TROXLER USAT
The Leader in Concrete Testing Equipment
Medición Nuclear de Densidad y Humedad
Medidor de Contenido de Agua, Equipos Geofísicos



TECPRO DE LAZARCO

Henry Mendonça
CODICEN
Ingeniero
USAT



**TECPRO
ELECTRÓNICA S.A.C.**

Av. Paseo de la República N° 4020 - Miraflores
Lima 15046 Telf: (511) 421 - 9398
E-mail: tecpro@tecproelectronica.com.pe
tecproelectronica@gmail.com
Página web: www.tecproelectronica.com.pe

Lima, 12 de Julio del 2023

Señores:
CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Presente.

Ass.: Informe de Calibración de
Equipo Densímetro Nuclear, Marca
Troxler, Modelo 3440, Serie 37408

De nuestra mayor consideración:

Es grato dirigirnos a Usted para saludarlo, y por intermedio de la presente remitirle el Informe de Calibración N° 042-2023-C7, correspondiente al equipo Densímetro Nuclear, Marca Troxler, Modelo 3440, Serie 37408.

Reiterando nuestra especial estima y consideración, se despide de Ustedes.

Atentamente,

TECPRO ELECTRÓNICA S.A.C.
Félix Ugo Barreto
Félix Ugo Barreto
Gerente



Página 1 de 8





**TECPRO
ELECTRÓNICA S.A.C.**

Av. Paseo de la República N° 4020 - Miraflores
Lima 15046 - Telf.: (511) 421 - 9398
E-mails: tecpro@tecproelectronica.com.pe
tecproelectronica@gmail.com
Página web: www.tecproelectronica.com.pe

INFORME

DE

CALIBRACION

N° 062-2023-C7

EQUIPO : DENSIMETRO NUCLEAR
MARCA : TROXLER
MODELO : 3440
SERIE : 37408
FECHA : 12 / 07 / 2023



Página 2 de 8





**TECPRO
ELECTRÓNICA S.A.C.**

Av. Paseo de la República N° 4020 - Miraflores
Lima 15040 Tel.: (011) 421 - 9388
E-mail: tecpro@tecproelectronica.com.pe
tecproelectronica@gmail.com
Página web: www.tecproelectronica.com.pe

**MANTENIMIENTO DENSIMETRO NUCLEAR
RESULTADO DE EVALUACION**

CONTROL RADIOLOGICO (mRcs/h)

| | A 30cm | | A 100 cm. | | |
|-----------|---------|--------|-----------|--------|--|
| | Medidos | Límite | Medidos | Límite | |
| Frente | 0.7 | 1.2 | 0.2 | 0.2 | |
| Detrás | 0.7 | 1.5 | 0.1 | 0.1 | |
| Izquierda | 0.5 | 0.8 | 0.1 | 0.1 | |
| Derecha | 0.7 | 3.0 | 0.2 | 0.3 | |

Todos los valores medidos están por debajo de los valores especificados por el fabricante como referenciales.
Todos los valores medidos son bajos que no comprometen para nada la salud del operador.

CONTROL ELECTRÓNICO.

| | UNIDADES | RESULTADO |
|---|----------|-----------|
| Tensión en las baterías | V | OK! |
| Consumo de corriente | mA | OK! |
| Tensión interna + 5 VDC | VDC | OK! |
| Alta tensión en el circuito de humedad | VDC | 852 |
| Alta tensión en el circuito de densidad | VDC | 919 |
| Amplitud en la señal de densidad | mV | 600/600 |
| Amplitud en la señal de humedad | mV | 600 |

TEST OPERACIONAL

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| Teclado o panel de control | Operativo |
| Cinta indicadora de profundidad | Operativo |
| Comunicación a impresora | Operativo |
| Movimiento de la varilla porta fuente | Operativo |
| Display | Operativo |
| Funciones generales y especiales | Operativo |





**TECPRO
ELECTRÓNICA S.A.C.**

Av. Paseo de la República N° 4020 - Miraflores
Lima 15046 Telf.: (511) 421 - 9388
E-mail: tecpro@tecproelectronica.com.pe
tecproelectronica@gmail.com
Página web: www.tecproelectronica.com.pe

**EQUIPAMIENTO UTILIZADO PARA MANTENIMIENTO
Y CALIBRACION**

Bloque de calibración de Aluminio Block Serial N° 315
Bloque de calibración de Magnesio Block Serial N° 314
Bloque de calibración de Mag/Alum Block Serial N° 183

Monitor de Radiaciones

Marca : S.E. INTERNATIONAL, INC.
Modelo : MONITOR 100GEC
N° de Serie : EC506626
Certificado N° : cd447-2022-1sod

Multímetro Digital

Marca : Fluke
Modelo : 175
N° Serie : 34550183
Certificado de Calibración N°: 22-624

Sonda de Alto Voltaje

High Voltage Probe 40 Kv
IEC 1010
EN 61010
N° de Serie: 20048404

METODO Y PATRON DE MEDICIÓN UTILIZADOS:

Tres Bloques Secundarios de Calibración de Magnesio, Magnesio/Aluminio y Aluminio. Adicionalmente se usa el software de aplicación específica TROXLER CALIBRATION STATION (TCS) de Troxler Electronics Laboratories, INC. Estos Bloques Secundarios son idénticos al Set de Bloques Estándar Primarios de Calibración de Troxler cuyos valores de densidad son rastreables a los estándares Master del National Institute of Standard and Technology (NIST), Gaithersburg, MD, USA.

Estas Calibraciones aseguran unas lecturas con una precisión de 1% de variación con respecto a los valores de los bloques Secundarios utilizados.

El Método descrito de calibración se encuentra en el Instructivo IN-02-2010.



TECNOLOGÍA DE LABORATORIO
TROXLER
The Leader in Corrosion Testing Equipment
Medición y Calibración de Densidad y Acidez
Medidor de Corrosión de Acidez, Suspensión Química de Acidez



**TECPRO
ELECTRÓNICA S.A.C.**

Av. Paseo de la República N° 4020 - Miraflores
Lima 15046 Telf.: (511) 421 - 9396
E-mail: tecpro@tecproelectronica.com.pe
tecproelectronica@gmail.com
Página web: www.tecproelectronica.com.pe

Troxler Model 03440 Calibration Report (Page 1 of 3)

Gauge model - 03440

Gauge serial number - 037408

Reference standard counts:

Density - 01996

Moisture - 0732

Calibration Date: 7/12/2023

Print Date: 7/12/2023

Bay = 001

*** Density calibration count data ***

| Depth (in) | Magne | Mag/Al | Alumin |
|---------------|-------|--------|--------|
| ----- | ----- | ----- | ----- |
| 00 | 00952 | 00633 | 00421 |
| 02 | 03427 | 02236 | 01361 |
| 04 | 03443 | 02126 | 01211 |
| 06 | 02771 | 01609 | 00847 |
| 08 | 01924 | 01035 | 00498 |
| 10 | 01206 | 00610 | 00274 |
| 12 | 00723 | 00340 | 00150 |

*** Density performance parameters ***

| Pos | A | B*1000 | C | 'Y' | Slope | Prec |
|-------|--------|---------|----------|-------|-------|-------|
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| 00 | 3.765 | 1.27712 | -0.07504 | 2206 | 0.7 | 9.09 |
| 02 | 10.492 | 1.03840 | 0.04954 | 2206 | 2.8 | 4.53 |
| 04 | 13.810 | 1.17132 | 0.04964 | 2206 | 3.1 | 4.07 |
| 06 | 14.228 | 1.30893 | 0.04843 | 2206 | 2.7 | 4.10 |
| 08 | 13.626 | 1.50493 | 0.02644 | 2206 | 2.0 | 4.42 |
| 10 | 11.484 | 1.66989 | 0.01196 | 2206 | 1.4 | 5.18 |
| 12 | 11.250 | 1.97414 | -0.00923 | 2206 | 0.8 | 6.23 |

*** Moisture calibration count data ***

| Mag | Mag/Poly | S R |
|-------|----------|-------|
| ----- | ----- | ----- |
| 0 | 608 | |
| 0020 | 0531 | 0519 |

*** Moisture performance parameters ***

| E | F*1000 | Rat | Prec | S R | Exerr |
|---------|--------|-------|-------|-------|-------|
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| 0.02516 | 1.0571 | 3.31 | 4.51 | -14.3 | 12.4 |



TECPRO ELECTRÓNICA S.A.C
Félix Uribe Barreto
Gerente



TÉCNICO DE LABORATORIO

Página 5 de 8





**TECPRO
ELECTRÓNICA S.A.C.**

Av. Paseo de la República N° 4020 - Miraflores
Lima 15048 Tel.: (511) 421 - 8358
E-mail: tecpro@tecproelectronica.com.pe
tecproelectronica@gmail.com
Página web: www.tecproelectronica.com.pe

Troxler Model 03440 Calibration Report (Page 2 of 3)

***** Density Standard Decay Sheet *****

Gauge model - 03440
Serial- 037408

Calib Date: 7/12/2023
Print Date: 7/12/2023

Ref. std. cnt. = 1996

Range of projected density standard counts at future dates:

| Date | Lower Limit of Projected density Standard Count | Upper Limit of Projected Density Standard Count |
|-----------|---|---|
| 8/1/2023 | 1974 | 2013 |
| 9/1/2023 | 1970 | 2010 |
| 10/1/2023 | 1966 | 2006 |
| 11/1/2023 | 1962 | 2002 |
| 12/1/2023 | 1958 | 1998 |
| 1/1/2024 | 1955 | 1994 |
| 2/1/2024 | 1951 | 1990 |
| 3/1/2024 | 1947 | 1987 |
| 4/1/2024 | 1944 | 1983 |
| 5/1/2024 | 1940 | 1979 |
| 6/1/2024 | 1936 | 1975 |
| 7/1/2024 | 1932 | 1971 |
| 8/1/2024 | 1929 | 1968 |

The true gravimetric densities of the metallic blocks used in this calibration are listed on Page 1 of this document. To account for the influence of the chemical composition of these blocks on instrument response (as prescribed in ASTM D2950, Section A1.3 and D6938, Section A1.1.1), these gravimetric densities are multiplied by chemical correction factors prior to the calculation of the density calibration parameters shown on Page 1 of this document. These correction factors are 0.988 for magnesium, 0.974 for magnesium/aluminum, and 0.964 for aluminum.



TECPRO ELECTRÓNICA S.A.C

Felix Urbe Barreto
Gerente

Página 6 de 8



Mejores Servicios de Calidad y Precisión
Medios de Control de Calidad, Control de Procesos y Control de Medio Ambiente

TECNO DE LA CALIDAD

Henry
Rivadeneira
Ojeda
Tec. LABORATORIO
USAT





**TECPRO
ELECTRÓNICA S.A.C.**

Av. Paseo de la República N° 4020 - Miraflores
Lima 15046 Telf.: (511) 421 - 9398
E-mail: tecpro@tecproelectronica.com.pe
tecproelectronica@gmail.com
Página web: www.tecproelectronica.com.pe

Troxler Model 03440 Calibration Report (Page 3 of 3)

Gauge model - 03440

Gauge serial number - 037408

Reference standard counts: Density = 01996 Moisture = 0152

Calibration Date: 7/12/2023 Print Date: 7/12/2023 Bay = 001

This instrument was found to be mechanically sound and electronically stable both prior to and after its calibration. All data listed in the preceding two pages of this report are applicable to this instrument only.

This calibration was performed at:

TECPRO ELECTRONICA S.A.C.
Av. Paseo de la República Nro. 4020 Miraflores
Lima-Perú
311-4219398

Special considerations and limitations of use for this device and its calibration are described in the Manual of Operation and Instruction provided with this instrument.

This instrument was calibrated by Fub on 7/12/2023 using the 3-Block Calibration process.



TECPRO ELECTRONICA S.A.C.
Pablo Uribe Barreto
Lima



Página 7 de 8

Mario
Rivadeneira
Oñatas
Tec. Labor#0004
USAT



**TECPRO
ELECTRÓNICA S.A.C.**

Av. Paseo de la República N° 4020 - Miraflores
Lima 15046 Tel.: (51) 421 - 9388
E-mail: tecpro@tecproelectronica.com.pe
tecproelectronica@gmail.com
Página web: www.tecproelectronica.com.pe

CALIBRATION ACCURACY CHECK

MODEL: 3440 SIN 27430 DATE: 13/07/2023

BAY | 3 | 1 CALIBRATION TECH: FUB

ERASE ALL STANDARD COUNTS IN GAUGE MEMORY BEFORE PROCEEDING

STANDARD COUNT TEST

Calibration Std. Count (1) DS: 1996 (2) MS: 752
Take a 4 Min. Std. Count on Mg (M) (3) DS: 1996 (4) MS: 752

DS % Difference [(2) - (1) / (1)] x 100 = 0.00 (Should be less than ± 1 %)
MS % Difference [(4) - (2) / (2)] x 100 = 0.00 (Should be less than ± 2 %)

*** IF THE ABOVE DIFFERENCES ARE OUTSIDE
THE LIMITS SPECIFIED, RETAKE ONE FOUR
MINUTE STD. COUNT AND RECALCULATE! **

DENSITY QUALITY TEST

| DEPTH | MAG. | | MAG./ALUM | ALUM | | |
|---------------|---------|-------|-----------|---------|-------|-------|
| | DENSITY | % ER | | DENSITY | % ER | |
| 0 | 199.6 | 0.18 | 134.4 | 0.15 | 182.1 | -0.18 |
| 2 | 199.2 | -0.19 | 134.0 | -0.15 | 182.1 | -0.18 |
| 4 | 199.4 | 0.00 | 134.0 | -0.15 | 182.7 | 0.18 |
| 6 | 199.3 | -0.09 | 134.1 | -0.07 | 182.3 | -0.12 |
| 8 | 199.5 | 0.09 | 134.1 | -0.07 | 182.8 | 0.12 |
| 10 | 199.2 | -0.18 | 134.2 | 0.06 | 182.7 | 0.18 |
| 12 | 199.3 | -0.09 | 134.1 | -0.07 | 182.1 | -0.18 |
| BLOCK DENSITY | 199.4 | PCF | 134.2 | PCF | 182.4 | PCF |
| REAL VALUE | | | | | | |

(Should be less than ± 1%)



Página 8 de 8

TECNICOS LABORATORIO



The Leader in Construction Testing Equipment
Mediciones Rutinarias de Densidad y Humedad
Medidor de Comedidos de Asfalto, Equivalencia Densímetros de Asfalto



**TECPRO
ELECTRÓNICA S.A.C.**

Av. Paseo de la República N° 4020 - Miraflores
Lima 15046 Tel. (511) 421 - 9398
E-mail: tecpro@tecproelectronica.com.pe
tecproelectronica@gmail.com
Página web: www.tecproelectronica.com.pe

Lima, 12 de Julio del 2023

Señores:
CONSTRUCTORA Y CONSULTORA A&B S.A.C.
Presente.-

Ass.: Informe Técnico de equipo
Densímetro Nuclear, Marca Troxler
Modelo 3440, Serie 37408.

De nuestra especial consideración:

Es grato dirigirnos a Usted para saludarlo, y por intermedio de la presente remitirle el Informe Técnico N° 062-2,023-T07 por el Servicio de revisión, Mantenimiento Preventivo al equipo Densímetro Nuclear, Marca Troxler, Modelo 3440, Serie 37408.

Reiterando nuestra especial estima y consideración, se despida de ustedes.

Atentamente,

TECPRO ELECTRÓNICA S.A.C.
Félix Uribe Barreto
Gerente



[Handwritten Signature]
Henry
Kivadenayen
Gerente
Téc. Laboratorio
USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO
TROXLER
The Leader in Construction Testing Equipment
Medición No destructiva de Densidad y Humedad
Medidor de Contenido de Agua, Equipo Característico de Acabado



**TECPRO
ELECTRÓNICA S.A.C.**

Av. Paseo de la República N° 4020 - Miraflores
Lima 15048 - Tel.: (511) 421 - 9399
E-mail: tecpro@tecproelectronica.com.pe
tecproelectronica@gmail.com
Página web: www.tecproelectronica.com.pe

INFORME TÉCNICO N° 062-2023-797

CONSTANCIA DE OPERATIVIDAD

Mediante la presente hacemos entrega a la Empresa JOHESA el equipo que se detalla a continuación, en perfectas condiciones de funcionamiento y debidamente CALIBRADO:

| | | |
|--------------------------|---|---------------------------------------|
| USUARIO | : | CONSTRUCTURA Y CONSULTORIA AAR S.A.C. |
| EQUIPO | : | Densímetro Nuclear |
| MARCA | : | Troxler |
| MODELO | : | 3440 |
| N° DE SERIE | : | 37408 |
| CODIGO | : | |
| RADIOISÓTOPOS | : | Cs 137 y Am 241 - Ba |
| CANTIDAD | : | 0,30 GBq y 1,48 GBq |
| TIPO DE BULTO | : | A |
| CATEGORIA DE TRANSPORTE: | | II Amarilla |
| INDICE DE TRANSPORTE | : | 0.6 |
| CLASE | : | 7 |
| LUGAR DE ENTREGA | : | Lima |
| DESTINO | : | Diversos lugares de Lima y Provincias |
| ESTADO DEL EQUIPO | : | Operativo |

Lima, 12 de Julio del 2023.



Henry Rueda Obinas
 Henry Rueda Obinas
 Ing. Laboratorio
 12507
 USAT

TROXLER
 The Leader in Construction Testing Equipment
 Medidores Nucleares de Densidad y Humedad
 Medidor de Contenido de Asfalto, Equipos Diseñados en Asfalto



**TECPRO
ELECTRÓNICA S.A.C.**

Av. Paseo de la República N° 4020 - Miraflores
Lima 15045 Telf: (511) 421 - 9358
E-mail: tecpro@tecproelectronica.com.pe
tecproelectronica@gmail.com
Página web: www.tecproelectronica.com.pe

IMPORTE TÉCNICO N° 062-2023-T07

| | | |
|-------------|---|---------------------------------------|
| SOLICITANTE | : | CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C. |
| UBICACIÓN | : | |

| | | |
|------------------|---|---------------------------|
| PROVEEDOR | : | TECPRO ELECTRÓNICA S.A.C. |
| ING. RESPONSABLE | : | Félix Uribe Barreto |
| FECHA DE INICIO | : | 10 / 07 / 2,023 |
| FECHA DE TÉRMINO | : | 12 / 07 / 2,023 |

| | | | |
|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| CONDICIONES FINANCIERAS: | Garantía <input type="checkbox"/> | Abonado <input type="checkbox"/> | Facturar <input checked="" type="checkbox"/> |
|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|

| | |
|-----------------------------|-----------------|
| INFORMACION DEL EQUIPO: | |
| EQUIPO : DENSÍMETRO NUCLEAR | MARCA : TROXLER |
| MODELO : 3440 | SERIE : 37408 |

DIAGNOSTICO TÉCNICO

Se evaluó el equipo encontrándose:

- Equipo operativo.

Después de la revisión anterior, el equipo requiere:

- Mantenimiento electrónico preventivo.
- Mantenimiento mecánico Preventivo.
- Pruebas de control de calidad.
- Estandarización del equipo.
- Pruebas estadísticas de: Stat Test y Drift Test.
- Calibración de equipo. (Se adjunta informe de Calibración)



Página 5 de 6





**TECPRO
ELECTRÓNICA S.A.C.**

Av. Paseo de la República N° 4020 - Miraflores
Lima 15045 - Tel: (511) 421 - 9388
E-mails: tecpro@tecproelectronica.com.pe
tecproelectronica@gmail.com
Página web: www.tecproelectronica.com.pe

INFORME TÉCNICO N° 062-2023-107

TRABAJO REALIZADO:

| |
|--|
| <p>Mantenimiento de las partes y componentes electrónicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Revisión, limpieza y secado de los detectores Geiger Muller y Sello-3. > Verificación y limpieza de la tarjeta Electrónica de Alta Tensión. > Verificación y limpieza de la tarjeta CPU y Display. > Verificación y limpieza de la tarjeta PRE-AMPLIFICADORA. > Verificación y limpieza del circuito Electrónico de carga de Baterías. > Verificación y limpieza de la cinta indicadora de profundidad. <p>Mantenimiento mecánico general:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Limpieza > Interior del blindaje. > Limpieza de la varilla porta fuente y bloque de protección. > Revisión y limpieza de alojamiento de Detectores GM y Se-3. > Eliminación de humedad interna del equipo. > Sellado del equipo. <p>Pruebas de control de calidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Estandarización del equipo. > Prueba de Estabilidad Estadística y de Deriva (Stat Test y Drift Test). > Pruebas de funcionamiento en suelo. |
|--|

RECOMENDACIONES DE USO Y MANTENIMIENTO:

- > Recargar sus baterías cuando el equipo indique **Battery Low!** en el Display. Las baterías deben recargarse en forma continua 12 horas como mínimo y 16 horas como máximo.
- > Si se almacena el equipo por un largo tiempo, debe hacerse con las baterías cargadas para que no se averíen.

| | |
|---|--|
| <p>OBSERVACIONES DEL TÉCNICO: ESTADO DEL EQUIPO: operativo</p> | <p>OBSERVACIONES DEL USUARIO:</p> |
| <p style="text-align: center;"> TECPRO ELECTRONICA S.A.C. <small>Perú</small> Félix Cárdenas Barreto <small>Gerente</small> </p> <p>V° B° DEL DPTO. TÉCNICO</p> | <p style="text-align: center;"> V° B° DEL USUARIO </p> |

Página 4 de 6





**TECPRO
ELECTRÓNICA S.A.C.**

Av. Paseo de la República N° 4020 - Miraflores
Lima 15046 Telf.: (011) 421 - 8388
E-mails: tecpro@tecproelectronica.com.pe
tecproelectronica@gmail.com
Página web: www.tecproelectronica.com.pe

INFORME TÉCNICO N° 062-2023-707

RESULTADO DE TEST DE DERIVA:

| Lectura | Densidad | Humedad |
|---------|----------|---------|
| 01 | 1996 | 752 |
| 02 | 2003 | 751 |
| 03 | 1989 | 755 |
| 04 | 1988 | 769 |
| 05 | 2004 | 749 |
| Avg. | 1996 | 751 |

DRIFT 0.2% Aprob. 0.03 Aprob.

MÉTODO : 5 Pruebas de 4 minutos cada una.

DENSITY PERFORMANCE PARAMETERS **

| Pod | A | B*1000 | C |
|-----|--------|---------|----------|
| BS | 3.765 | 1.27712 | -0.07504 |
| 02 | 10.892 | 1.03840 | 0.04956 |
| 04 | 13.810 | 1.17132 | 0.04964 |
| 06 | 14.228 | 1.30893 | 0.04843 |
| 08 | 13.826 | 1.50493 | 0.02644 |
| 10 | 11.484 | 1.66589 | 0.01196 |
| 12 | 11.250 | 1.97614 | -0.00923 |

** MOISTURE PERFORMANCE PARAMETERS **

| E | F*1000 |
|----------|---------|
| 0.025161 | 1.05718 |

ULTIMOS ESTANDARS

| | DENSITY STD CTS. | MOISTURE STD CTS. |
|---|------------------|-------------------|
| 1 | 1995 | 751 |
| 2 | 2003 | 752 |
| 3 | 1996 | 752 |
| 4 | 1996 | 792 |



Página 6 de 6



Métodos Normales de Densidad y Humedad
TÉCNICO DE LABORATORIO, Miembro de Comercio de Asfalto, Escuela Científica de Asfalto

Anexo 83. Memoria fotográfica



Figura 5. Visita a cantera de afirmado “La Victoria” de Pátapo.



Figura 6. Extracción de afirmado de cantera “La Victoria” de Pátapo.



Figura 7. Calicata 1 – Calle Henry Francois cuadra N° 1, Urb. Santa María.



Figura 8. Calicata 2 – Pasaje Venus cuadra N° 1, Urb. Santa María.

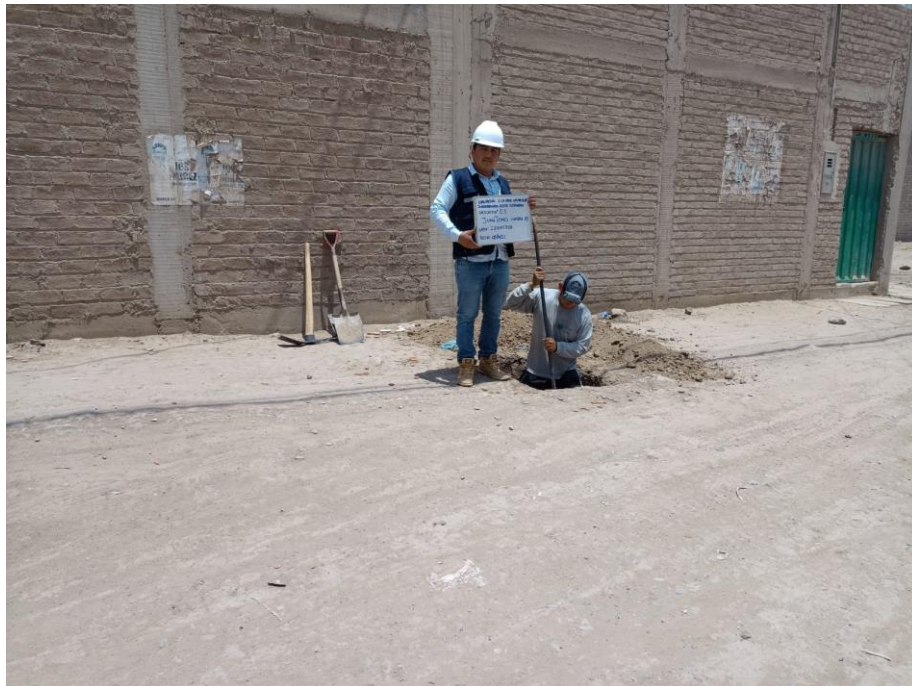


Figura 9. Calicata 3 – Jr. Juan Thomis cuadra N° 5, Urb. Santa María.



Figura 10. Secado de muestras extraídas.



Figura 11. Granulometría de muestras.



Figura 12. Contenido de humedad de muestras.



Figura 13. Compactación por capas de muestras estabilizadas.



Figura 14. Enrasado de muestras estabilizadas.



Figura 15. Registro de pesos de muestras estabilizadas.



Figura 16. Muestras estabilizadas sumergidas en agua.



Figura 17. Excavación para tramo de prueba experimental.



Figura 18. Perfilado en tramo experimental.



Figura 19. Nivelación en tramo experimental.



Figura 20. Aplanamiento en tramo experimental.



Figura 21. Incorporación de aceite sulfonado en tramo experimental.



Figura 22. Compactación con afirmado en tramo experimental.



Figura 23. Compactación en tramo experimental.



Figura 24. Compactación por capas en tramo experimental.



Figura 25. Punto de fijación para lectura de densidad de campo.



Figura 26. Lectura con densímetro nuclear.



Figura 27. Evaluación de tramo experimental.



Figura 28. Medición de la durabilidad del tramo experimental.