

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



**Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de
suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Karen Jimena Cabrera Ramirez

Ángel Alberto Lorrén Palomino

<https://orcid.org/0000-0002-6432-3453>

Chiclayo, 2025

**Evaluación del uso de catalizadores de penetración para
estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines
de pavimentación**

PRESENTADA POR
Karen Jimena Cabrera Ramirez

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

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Lucas Ludeña Gutierrez
PRESIDENTE

Mario Antonio Martínez Fiestas
SECRETARIO

Angel Alberto Lorren Palomino
VOCAL

Dedicatoria

Querido núcleo familiar (PADRE, MADRE, HERMANO) este logro es tanto suyo como mío, porque sin su apoyo emocional, económico, sumado a ello su amor, su compromiso, su responsabilidad; no hubiera podido culminar esta etapa universitaria que consigo trajo muchos retos a mi persona para poder lograr este grado académico como Ingeniera Civil, que al transcurrir el tiempo me dará nuevos retos para crecer como una profesional y así llenarles de orgullo que cada sacrificio que hicieron para aquel sueño de Niña se haga realidad valió la pena cada segundo, minuto, horas, días y años.

Agradecimientos

Primero, agradezco a Dios por darme salud, sabiduría y fortaleza para completar mi carrera universitaria.

De misma forma agradezco a mis familiares, amistades, docentes por su sostén, confianza y respaldo en esta fase de mi desarrollo personal. .

También, quiero agradecer a los técnicos de Laboratorio que estuvieron allí apoyándome y guiándome en cada ensayo realizado para obtener resultados óptimos en mi tesis.

Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación

INFORME DE ORIGINALIDAD

5% INDICE DE SIMILITUD	5% FUENTES DE INTERNET	0% PUBLICACIONES	1% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Ajou University Graduate School Trabajo del estudiante	<1%
4	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
5	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Índice

Resumen	11
Abstract	12
Introducción	13
Revisión de literatura	20
Antecedentes	20
Bases teóricas científicas	22
Materiales y métodos	32
Tipo y nivel de investigación	32
Diseño de investigación	33
Población , muestra , muestreo	33
Población	33
Muestra	34
Muestreo	37
Criterios de selección	37
Operacionalización de variables	38
Variables independientes	38
Variable dependiente	38
Variable interviniente	38
Técnicas e instrumentos de recolección de datos	38
Técnicas	38
Instrumentos	39
Procedimientos	39
Matriz de consistencia	42
Consideraciones éticas	43
Resultados	44
Discusión	79
Conclusiones	84
Recomendaciones	86
Referencias	87

Anexos	91
---------------------	----

Lista de tablas

Tabla 1 : Clasificación de suelos según SUCS	25
Tabla 2 : Caracterización química CD444.....	28
Tabla 3: Caracterización química Solidry	28
Tabla 4 : Dosificaciones en subrasante	29
Tabla 5 : Adiciones combinadas experimentales.....	33
Tabla 6: Población para ensayos mecánicos	34
Tabla 7: Población para ensayos químicos	34
Tabla 8: Muestra para proctor modificado.....	36
Tabla 9: Muestra para CBR.....	36
Tabla 10: Muestra para ensayos químicos en suelos.....	37
Tabla 11: Operacionalización de variables	38
Tabla 12: Equipos según ensayos normados.....	39
Tabla 13: Matriz de consistencia.....	42
Tabla 14: Ubicación de calicatas.....	45
Tabla 15: Concentración de cloruros	46
Tabla 16: Concentración de sulfatos	47
Tabla 17: Concentración de sales solubles.....	47
Tabla 18: Límite líquido.....	53
Tabla 19: Límite plástico.....	54
Tabla 20: Índice de plasticidad.....	55
Tabla 21 : Clasificación SUCS	56
Tabla 22 : Contenido de humedad	57
Tabla 23: Contenido de sales en porcentaje.....	58
Tabla 24: Gravedad específica	59
Tabla 25: Máxima densidad seca convencional.....	63
Tabla 26: Óptimo contenido de humedad convencional.....	64
Tabla 27: CBR (95%) convencional	65
Tabla 28: Máxima densidad seca experimental	66

Tabla 29: Óptimo contenido de humedad experimental67

Tabla 30: CBR (95%) experimental.....69

Tabla 31: Resumen de resultados generales.....71

Tabla 32: Costo de estabilización convencional y experimental76

Tabla 33: Densidad de campo78

Lista de gráficos

Gráfico 1: Concentración de cloruros ($\text{mg Cl}^{-1}/\text{kg}$)	46
Gráfico 2: Concentración de sulfatos	47
Gráfico 3: Concentración de sales solubles.....	48
Gráfico 4: Granulometría muestra 1 – Calicata N° 01	49
Gráfico 5: Granulometría muestra 2 – Calicata N° 01	50
Gráfico 6: Granulometría muestra 1 – Calicata N° 02	51
Gráfico 7: Granulometría muestra 2 – Calicata N° 02	52
Gráfico 8: Granulometría muestra 1 – Calicata N° 03	53
Gráfico 9: Límites líquidos convencionales.....	54
Gráfico 10: Límites plásticos convencionales.....	55
Gráfico 11: Índices de plasticidad convencionales	56
Gráfico 12: Contenido de humedad convencionales.....	57
Gráfico 13: Contenido de sales convencionales.....	58
Gráfico 14: Gravedades específicas convencionales	59
Gráfico 15: Hidrometría muestra 1 – Calicata N° 01	60
Gráfico 16: Hidrometría muestra 1 – Calicata N° 02.....	61
Gráfico 17: Hidrometría muestra 1 – Calicata N° 03.....	62
Gráfico 18: Densidades máximas secas convencionales	63
Gráfico 19: Óptimos contenidos de humedad convencionales	64
Gráfico 20: CBR (95%) convencional	65
Gráfico 21: Máxima densidad seca experimental.....	67
Gráfico 22: Óptimo contenido de humedad experimental	68
Gráfico 23: CBR (95%) experimental	70

Lista de figuras

Figura 1 : Bacheo profundo saturado y bacheo superficial.....	14
Figura 2: Falla por piel de cocodrilo y bacheo profundo por napa freática	15
Figura 3: Encalaminado y pésimo estado de las vías en DJLO – Intersección Av. México con calle Atahualpa cuadra N° 01	17
Figura 4: Consolid C444 y Solidry (SD) – (Larry, 2016)	17
Figura 5: Comportamiento de las partículas de suelo con y sin el sistema Consolid	29
Figura 6: Flujograma para contraste de hipótesis del estudio	41
Figura 7: Localización de puntos de exploración (Fuente: Vista satelital de Google Earth).....	45
Figura 8: Punto de exploración 1	202
Figura 9: Punto de exploración 2	202
Figura 10: Punto de exploración 3	203
Figura 11: Muestras para ensayos químicos (cloruros, sulfatos y sales solubles)	203
Figura 12: Determinación de cloruros, sulfatos y sales solubles en muestras de suelos.....	204
Figura 13: Muestras para concentración de cloruros, sulfatos y sales solubles	204
Figura 14: Cuantificación de pesos de muestras	205
Figura 15: Colocación de muestras húmedas en el horno para contenido de humedad.....	205
Figura 16: Granulometría de muestras calicata N° 01	206
Figura 17: Granulometría de muestras calicata N° 02	206
Figura 18: Granulometría de muestras calicata N° 03	207
Figura 19: Muestras para análisis granulométrico por tamizado	207
Figura 20: Muestras para límites de consistencia.....	208
Figura 21: Preparación de muestras en moldes para límites de consistencia.....	208
Figura 22: Inserción de muestras en el horno para límites de consistencia	209
Figura 23: Muestras secas para límites de consistencia	209
Figura 24: Preparación de muestras para gravedad específica.....	210
Figura 25: Pesado de fiolas para gravedad específica.....	210
Figura 26: Muestras saturadas con agua destilada para gravedad específica.....	211
Figura 27: Colocación de muestras en cámara de vacíos para gravedad específica	211

Figura 28: Preparación de muestras en cada base para hidrometría	212
Figura 29: Testigos para muestras de hidrometría	212
Figura 30: Colocación de agua destilado en muestras para hidrometría.....	213
Figura 31: Medición del asentamiento en muestras para hidrometría en función del tiempo	213
Figura 32: Asentamiento de partículas en las muestras para hidrometría.....	214
Figura 33: Trituración y tamizado de muestras por la malla N° 4 para proctor modificado	214
Figura 34: Saturación de muestras en bandeja para proctor modificado	215
Figura 35: Llenado de moldes mediante 5 capas con 25 golpes para proctor modificado	215
Figura 36: Compactación sobre los moldes con muestras para proctor modificado.....	216
Figura 37: Enrasado de moldes con muestras para proctor modificado	216
Figura 38: Medición de pesos de moldes para proctor modificado	217
Figura 39: Preparación de muestras para proctor modificado experimental 1 ^{era} adición.....	217
Figura 40: Preparación de muestras para proctor modificado experimental 2 ^{da} adición	218
Figura 41: Preparación de muestras para proctor modificado experimental 3 ^{era} adición.....	218
Figura 42: Peso de muestra para proctor modificado experimental 1 ^{era} adición.....	219
Figura 43: Peso de muestra para proctor modificado experimental 2 ^{da} adición.....	219
Figura 44: Peso de muestra para proctor modificado experimental 3 ^{era} adición.....	220
Figura 45: Preparación de muestras para ensayos de CBR.....	220
Figura 46: Compactación de muestra estabilizada en molde	221
Figura 47: Muestra estabilizada sumergida en agua	221
Figura 48: Muestra estabilizada en dial de carga	222
Figura 49: Lectura de dial de carga.....	222
Figura 50: Excavación de subrasante para tramo de prueba experimental	223
Figura 51: Habilitación de subrasante para tramo de prueba experimental	223
Figura 52: Preparación de muestra de suelo estabilizada bajo la 3 ^{era} adición.....	224
Figura 53: Relleno y conformación de subrasante mediante muestra estabilizada 3 ^{era} adición...	224
Figura 54: Compactación de subrasante por capas en tramo de prueba experimental.....	225
Figura 55: Subrasante compactada para tramo de prueba experimental.....	225
Figura 56: Medición de la MDS del primer punto experimental con cono de arena	226
Figura 57: Medición de la MDS del segundo punto experimental con cono de arena	226
Figura 58: Medición de OCH del primer punto experimental con speedy	227

Figura 59: Medición de OCH del segundo punto experimental con speedy.....227

Resumen

Los suelos de JLO carecen de características apropiadas para la construcción, específicamente, para obras de pavimentación, las subrasantes cuentan con capacidades de soporte muy bajas, por ende, se buscó mejorar las propiedades del suelo empleando catalizadores de penetración, bajo tres adiciones combinadas con el sistema consolid C444 y solidry SD, cuyo fin estuvo dirigido a aumentar el nivel de respuesta del CBR de suelos arcillosos con napa freática alta. El estudio fue experimental, cuantitativo y aplicado, determinándose concentraciones promedio de sales, cloruros y sulfatos de 13063.33 mg/kg (0.14%), 513.69 mg Cl⁻¹/kg y 1400.20 mg SO₄⁻²/kg. A su vez, se halló valores de CBR promedio en estado natural de 4.97%, respecto a los valores promedio experimentales de 7.72% (1^{era} adición), 8.59% (2^{da} adición) y 9.39% (3^{era} adición). Se evidenció que la 3^{era} adición es la que tuvo mejor desempeño experimental, cuyo CBR mayoritario se dio en la calicata N° 02 con 12.00%, presentando una densidad massica de 1.702 g/cm³ y un contenido de materia orgánica del 15.41%. Según adición óptima experimental, se efectuó el tramo de prueba en la ubicación del punto de exploración N° 2, lográndose comprobar una DMS de campo de 1.704 y 1.698 g/cm³, con un OCH de 15.30 y 15.20%, difiriendo entre sí en 0.01% y 0.16%, cuyo grado de compactación de 99.95%, cumple con la mínima especificada al 95%. El costo de estabilización experimental por m² fue de S/.51.99, respecto a la convencional de S/.64.54. Se concluyó que los catalizadores aumentaron la capacidad de resistencia de los suelos evaluados.

Palabras clave: Estabilización, suelos arcillosos, napa freática alta, catalizadores de penetración, consolid C444, solidry SD.

Abstract

JLO soils lack appropriate characteristics for construction, specifically, for paving works, the subgrades have very low bearing capacities, therefore, we sought to improve the properties of the soil using penetration catalysts, under three additions combined with the Consolid C444 system and solidry SD, whose purpose was aimed at increasing the CBR response level of clayey soils with high water table. The study was experimental, quantitative and applied, determining average concentrations of salts, chlorides and sulfates of 13063.33 mg/kg (0.14%), 513.69 mg Cl⁻/kg and 1400.20 mg SO₄⁻²/kg. At the same time, average CBR values in the natural state were found to be 4.97%, with respect to the experimental average values of 7.72% (1st addition), 8.59% (2nd addition) and 9.39% (3rd addition). It was evidenced that the 3rd addition is the one that had the best experimental performance, whose majority CBR was in test pit N°. 02 with 12%, having a DMS of 1.702 g/cm³ with an OCH of 15.41%. According to optimal experimental addition, the test section was carried out at the location of exploration point N°. 2, achieving a field MSD of 1.704 and 1.698 g/cm³, with an OCH of 15.30 and 15.20%, differing between 0.01% and 0.16%, whose degree of compaction of 99.95% complies with the minimum specified at 95%. The cost of experimental stabilization per m² was S/.51.99, with respect to the conventional one of S/.64.54. It was concluded that the catalysts increased the bearing capacity of the soils evaluated.

Keywords: Stabilization, clay soils, high water table, penetration catalysts, consolid C444, solidry SD.

Introducción

El no contar con suelos de características adecuadas, repercuten directamente sobre la calidad de las obras viales, generando múltiples problemas que afectan la durabilidad de las mismas, sobre todo, deterioran la superficie, cuyos costos de reparación son cada vez más elevados. Por ende, es de vital importancia buscar nuevas soluciones que sirvan a mejorar las propiedades del suelo [4].

En Colombia y Ecuador presentan suelos arcillosos y variedad de estratos complejos, los cuales dificultan la ejecución de proyectos viales, debiendo mejorarse, no cumplen con las especificaciones técnicas para su construcción. En tal instancia, se emplean diversos métodos con el fin de optimizar la estabilidad de los suelos con baja capacidad de soporte [1].

En Manabí, especialmente en Portoviejo, algunas vías sufren deterioro progresivo debido a la arcilla expansiva del suelo, lo que provoca fisuras, grietas y pérdida de resistencia en las obras civiles. Estos problemas han existido siempre y, aunque se han ofrecido soluciones temporales, no hay una respuesta permanente, especialmente en suelos arcillosos de subrasante de carreteras. [3].

Se viene empleando en Colombia, TX-85, ConAid y Terrasil, los cuales aumentan la capacidad de soporte del suelo [22]. En cuanto, a Ecuador, utilizan diferentes estabilizantes como el sistema Consolid, el cual se encuentra en estado líquido C444 (CD444) y en sólido (SD), los cuales han otorgado mejores resultados mecánicos y de permeabilidad [23].

Hay muchas razones para abordar los desafíos que alberga la ejecución de pavimentos. De cualquier manera, usualmente la disminución de costos no siempre resulta factible, pese a que las propuestas sean temporalmente mejores, a la larga originan sobrecostos de mantenimiento, por tal sentido, los presupuestos son cada vez más ajustados para llevar a cabo la pavimentación, mejoramiento o estabilización de una vía en común, dado que afecta directamente el comportamiento físico – mecánico y duración útil de este tipo de obras civiles, las cuales presentan múltiples fallas típicas, como: fisuras, grietas, ahuellamientos, asentamientos, bacheos superficiales y profundos, que a su vez, por el flujo vehicular variable, generan.

Todo ello dificulta mantener vías en óptimas condiciones, puesto que también, los procesos constructivos en nuestro país son cada vez más deficientes [10].



Figura 1. Bacheo profundo saturado y bacheo superficial.

De cualquier modo, es costoso construir y mantener vías que demandan más tráfico del previsto inicialmente, ya que estos cambios del tráfico no pueden ser cuantificados completamente. Las capas de los pavimentos están expuestas a una humedad mucho mayor, las cuales ocasionan un deterioro prematuro. Por lo tanto, se debe lograr una condición estable para prevenir la ocurrencia de asentamientos diferenciales. , y que estas a su vez, brinden mayor estabilidad y resistencia ante efectos de temperatura [9].

El pésimo estado de la red vial afecta a la economía regional, por los elevados costos que no garantizan su período de vida útil, razón por la cual, se deben considerar adecuadamente los sobrecostos que generan las vías en mal estado operativo, ya que los presupuestos son insuficientes, por lo que se deben buscar soluciones más económicas que brinden seguridad y buenos resultados, tanto de resistencia como durabilidad, ya que los materiales que se vienen empleando para la ejecución de pavimentos, no cumplen las especificaciones técnicas de diseño, repercutiendo en la funcionalidad de las mismas [8].



Figura 2. Falla por piel de cocodrilo y bacheo profundo por napa freática.

La superficie peruana cuenta con diversos tipos de suelos, los cuales varían de región en región. Tal es el caso del departamento de Lambayeque, el cual presenta suelos finos plásticos y arcillosos, los cuales afectan la estabilización e impermeabilidad del suelo. Por tal motivo, para el mejoramiento de suelos se deben emplear diversos aditivos, como el Consolid. Las ventajas más resaltantes de estos catalizadores, es el aumento promedio de entre 3% a 5% del CBR convencional, por lo que incide de manera positiva en la durabilidad de una vía en específico, sin contaminar el ambiente [24].

La estabilización de suelos es vital, puesto que presentan, de manera inherente, características de resistencia al corte, cuyos efectos de fricción son indeseables. Ante esta situación, se han empleado catalizadores para la consolidación de terrenos colapsables, cuya capacidad de soporte son bajos; por ende, las partículas finas en estado natural se encuentran dispersas, donde el porcentaje de vacíos es mayor; es por ello, que se utilizarán los catalizadores de manera combinada, dado que actúan como ligante, adhiriendo mejor las partículas, dándoles mayor consistencia, disminuyendo los porcentajes de vacíos [21].

Nuestros representantes deben colaborar y laborar conjuntamente, propiciando medidas correctas de implementación, inspección y ejecución para obras viales, los cuales deben destinar y considerar los costos reales de reparación y mantenimiento, debiendo asignar los recursos necesarios para su óptima realización. A su vez, deben fiscalizar cada procedimiento de diseño y

construcción, los cuales son deficientes por la reducción de costos, generando muchas deficiencias, las cuales se ven reflejadas en el aumento de los tiempos de viaje [27].

La napa freática afecta las propiedades del suelo, ya que estas aguas tienen altas concentraciones de sales, cloruros y sulfatos, siendo perjudiciales para cualquier cimentación, en este caso, para las capas del pavimento, las cuales producen todas las fallas típicas que se conocen. La región Lambayecana presenta suelo variable, coexistiendo napa freática y presencia de arcillas expansivas, por lo que afecta mucho más las propiedades físicas y mecánicas del suelo, repercutiendo en el nivel operativo de las vías, tanto a nivel de afirmado como en pavimentadas, ya sean de baja, media o alta transitabilidad [28].



Figura 3. Encalaminado y pésimo estado de las vías en DJLO – Intersección Av. México con calle Atahualpa cuadra N° 09.

Consolid es un líquido semiviscoso de monómeros y polímeros con catalizadores que previene la expansión del suelo y las deformaciones relacionadas. [37].



Figura 4. Consolid C444 y Solidry (SD) – (Larry, 2016).

En esa circunstancia, se propuso la siguiente inquietud: ¿De qué manera la adición combinada de catalizador de penetración líquido (C444) y sólido (SD) influyeron en la mejora de estabilización de suelos arcillosos con napa freática alta para fines de pavimentación? Del mismo modo, la siguiente hipótesis: La adición combinada de catalizador de penetración líquido (C444) y sólido (SD) influyó significativamente en la mejora de estabilización de suelos arcillosos con napa freática alta para fines de pavimentación.

Técnicamente: esta investigación se justificó, dado que los suelos arcillosos presentan una limitada capacidad de soporte y tienden a cambiar volumétrica por la variación de humedad [25], los cuales provocan grietas en el suelo y forman surcos en el pavimento [26]. Es por ello, que, mediante ensayos en laboratorio, se analizaron los efectos que causaron los catalizadores Consolid sobre suelos arcillosos, observándose de este modo, su desempeño como agentes estabilizantes [28]. A su vez, ayudó a ampliar el conocimiento de la ingeniería geotécnica, brindando resultados óptimos para estabilización de suelos, bajo la incorporación de nuevos estabilizantes que aumentaron las características de los suelos arcillosos asociados con un nivel freático elevado, cuya capacidad de soporte proporcione un adecuado rendimiento físico-mecánico frente a las cargas vehiculares, y que, además, facilite la cuantificación de su eficacia.

Económicamente: se buscó promover la estabilización de suelos en pavimentos con nuevos materiales, evaluando costo y rendimiento. Se utilizarán catalizadores de penetración Consolid, un innovador producto, para lograr resultados óptimos. a un costo reducido[2]. Como también,

permitió reducir los costos de ejecución, respecto a la de una estabilización tradicional, ya que los catalizadores empleados mediante el sistema Consolid, no necesitan de equipos adicionales para su aplicación in situ.

Socialmente: se pretendió incrementar el uso del producto de los catalizadores Consolid en las estabilizaciones de suelos, cuyo impacto cubra la necesidad de reducir el tiempo en las construcciones de pavimentos para el crecimiento de la localidad [29].

Específicamente, se promovió el desarrollo de las vías del distrito de José Leonardo Ortiz, otorgando condiciones óptimas de transitabilidad y de seguridad, el cual redujo los tiempos de viaje, permitiendo mejorar la calidad de vida de la población en general.

Ambientalmente: Presentó una nueva técnica de estabilización de suelos arcillosos con catalizadores Consolid, que minimizan la contaminación de estabilizadores comunes, ya que hay pocas investigaciones sobre estos productos en el país[27]. Cabe mencionar, que los estabilizantes propuestos no son tóxicos, por lo que su uso no degrada el suelo, siendo muy significativo, dado 100% ecológico, previene la contaminación del agua subterránea, como también, reduce la propagación del polvo, cuando se ejecutan obras de movimientos de tierras.

De lo mencionado, se planteó como objetivo general: evaluar la estabilización de suelos arcillosos con napa freática alta para fines de pavimentación mediante el uso combinado de catalizadores de penetración. Como objetivos específicos:

- a) evaluar las características mecánicas básicas del suelo en algunas calles del distrito de José Leonardo Ortiz,
- b) realizar la^a caracterización física de las muestras extraídas de suelo en estado natural,
- c) cuantificar la concentración de sales, cloruros y sulfatos presentes en el suelo,
- d) determinar la máxima densidad seca, grado de compactación y CBR para las muestras convencionales y experimentales,
- e) determinar la dosis óptima experimental bajo adición combinada de los estabilizadores,
- f) hallar el costo por m² de la estabilización experimental, respecto de la convencional,
- g) efectuar un tramo de prueba experimental de 4 m² para la determinación de la densidad de campo y grado de compactación de la mejor respuesta experimental.

Revisión de literatura

Antecedentes

Sanca, 2020. evaluó la estabilización de suelos mediante cloruro de sodio y sistema Consolid, con el propósito de mejorar la capacidad de soporte del suelo, cuyas propiedades físicas y mecánicas sean adecuadas para la construcción. Clasificó las muestras por SUCS mediante los límites de consistencia, y a su vez, efectuó ensayos de proctor modificado y CBR, en porcentajes de NaCl en 2%, 6% y 10%, mientras que para las adiciones combinadas de Consolid 444 a 0.0045% y Solidry (SD) en 1.25%, 1.75% y 1.90%. Posteriormente verificó los resultados de la capacidad de soporte, llegando a la conclusión que la aplicación de estos agentes estabilizantes mejora el suelo, observándose un incremento significativo del CBR [1].

Díaz, 2023, empleó Consolid para estabilizar suelos. Realizó calicatas en vías de La Victoria, JLO y Pimentel, las muestras fueron sometidas bajo proporciones líquidas (C444) de 0.0045% y 2.175%, como también en sólido (SD) de 50 g, 75 g y 100 g. Según la caracterización física, se determinaron arcillas de baja plasticidad (CL) y arcillas arenosas (SC), que, de acuerdo a los ensayos mecánicos, los resultados mostraron un aumento de CBR con 0.0045% de C444 y 100 g de SD, indicando que estos materiales mejoran suelos. [2].

Jácome & Ortiz, 2022, estabilizaron el suelo a nivel de subrasante bajo el sistema Consolid, realizando la extracción de muestras en estado natural de las calicatas, localizadas en el sector de la parroquia Colon. Efectuaron 3 muestras estabilizadas convencionales y 9 experimentales, Agregando C444 al 0.032% y SD al 1.5% del peso del suelo. Los resultados muestran un CBR convencional de 2.12% y valores experimentales de 8.3%, 20% y 12.4%, indicando que los estabilizantes mejoran la capacidad de soporte [3].

Liu et al, se llevó a cabo un análisis de la estabilización de suelos utilizando el sistema Consolid, realizando especímenes estabilizados con dosis de 2.46%, bajo pruebas de compresibilidad y resistencia al corte. Demostraron que mientras mayor sea la dosificación de los estabilizantes, la humedad óptima experimentará un incremento, mientras que la densidad seca disminuirá. Asimismo, contribuye a la reducción de la porosidad. Según proporción de 0.86% la

colapsabilidad del suelo es mínima, como a su vez, con la adición de 1.66%, el ángulo de fricción se reduce. Se llegó a la conclusión de que los estabilizantes desempeñan un papel fundamental en el incremento de la estabilidad, permeabilidad y resistencia del suelo[4].

Abisha & José, 2023, utilizaron óxido de nanoaluminio para estabilización de suelos. Determinaron las propiedades físicas mediante ensayos granulométricos y de consistencia, para lo cual realizaron muestras dosificadas en 0.20%, 0.40%, 0.60%, 0.80%, 1.00% y 1.20% para la determinación de las propiedades mecánicas. Dichos resultados demostraron un aumento considerable de CBR, cuya dosis óptima fue con 1% de nano Al_2O_3 . Concluyeron recomendado el uso de este nanomaterial para el mejoramiento de suelos [5].

Sánchez, 2021, Se llevó a cabo un análisis de la estabilización del suelo a través de la aplicación de cal y cemento MS en la Urb. Consuelito. Sustrajo muestras de suelo en condición natural y elaboró muestras experimentales con 4%, 6% y 8%. Bajo clasificación SUCS, obtuvo suelos CL, ML, CH y SM, evidenciando mayor resistencia en las muestras con cemento MS, cuya densidad seca disminuye, mientras que la humedad óptima se acrecentó. Concluyó que el CBR con cemento es superior en 111%, 213% y 317%, en cambio con cal, en 52%, 81% y 104% [6].

Ccoecca & Llaguento, 2022, Se llevó a cabo una evaluación de la estabilización de la base y subbase del suelo mediante el uso de cloruro de sodio con el propósito de pavimentación. Se generaron muestras experimentales con concentraciones del 0.5%, 1.0%, 2.0% y 15%. A estas muestras se les realizó un análisis granulométrico, así como evaluaciones de humedad, propiedades de Atterberg, y pruebas de CBR y Proctor modificado. Con respecto a la región de La Pluma y Tambo Real de Pátapo, según SUCS, obtuvieron suelos SC, determinando mayor CBR con la dosis de 2% de NaCl. Concluyeron que el CBR experimental mejora en 10%, respecto del convencional [7].

Diaz, 2018, estudia la estabilización de suelos mediante la incorporación de materiales Consolid para mejorar el camino vecinal de Yántalo en la región San Martín, logrando precisar la dosificación óptima de los catalizadores, los cuales aumentaron la resistencia, durabilidad y permeabilidad. Concluyó que el CBR incrementa con el uso de este sistema, generando la

reducción de los espesores de relleno y excedentes en las partidas de movimientos de tierras [8].

Qipei, 2015, evalúa materiales tradicionales bajo la aplicación de muestras estabilizadas con Consolid, con el fin de que el suelo estabilizado adopte mejores características físicas y mecánicas, bajo la determinación de la dosificación óptima de catalizadores, del cual obtuvo mejorías en el aumento del CBR con una dosis menor a un bajo costo de ejecución, concluyendo que la aplicación de este tipo de catalizadores es idónea para la reducción de rellenos y mejoramiento de suelos [9].

Eren & Filiz, 2009, evalúan la propuesta de optimización de un suelo deficiente, utilizando un método de estabilización mixto mediante cal y cemento, las cuales fueron comparadas con los aditivos C444 + SD. Según los resultados de los ensayos, determinaron que los catalizadores Consolid incrementan considerablemente las propiedades iniciales del suelo, cuyo CBR brinda mejores características de carga, respecto a las convencionales, concluyendo que los estabilizantes influyen positivamente en la mejora de suelos pobres [10].

Bases teóricas

Suelos: Es la capa externa de la Tierra, formada por sólidos, líquidos y gases. Contiene materia orgánica y mineral diversa [11].

Caracterización del suelo: Los suelos tienen características físicas, químicas y mineralógicas. Conocerlas ayuda a definir los parámetros de construcción de las superestructuras que las soportarán. El suelo del estudio es arcilla, que puede analizarse desde diferentes perspectivas: petrográfica (como tipo de roca), mineralógica (conjunto de minerales con características químicas y estructurales similares) y granulométrica (fracción de roca según el tamaño de sus granos). Arcilla es un material terroso y plástico de grano fino. La textura y tamaño de las partículas del suelo lo clasifican en arenoso, limoso o arcilloso.[26].

Suelos arcillosos: Son partículas de menor tamaño, las cuales son casi impermeables, pero tienen poca compacidad por falta de agua. Están compuestos por elementos orgánicos, que, al secarse, no permiten el brote vegetal [12].

Granulometría del suelo: La granulometría identifica el tamaño de los granos en los suelos. El resultado indica el tamaño máximo de las partículas del suelo y los porcentajes retenidos y pasados por los tamices. La granulometría del suelo ayuda a entender su comportamiento y a realizar ensayos como los límites de Atterberg y su clasificación. Se pueden usar varios métodos para determinar la granulometría, como el análisis de tamices de malla 3” a N° 200, según la norma ASTM D422. La granulometría por hidrómetro complementa el análisis de partículas menores a malla N° 200 según la ley de Stokes [28].

Límites de Atterberg: El suelo presenta partículas arcillosas, las cuales debemos deformarlas. Si el suelo es fino, la consistencia dependerá del agua que contengan. Si la concentración de agua es mayor, esta afectará el comportamiento del suelo, convirtiéndola en un sólido frágil [13].

Límite líquido: Porcentaje de agua en el suelo, determinando si esta está en estado líquido o plástico; donde la humedad límite de 70%, origina la trabajabilidad de la misma [13].

Límite plástico: Es un porcentaje de agua que indica si el suelo está en estado semisólido o plástico. Si el contenido de agua es mínimo, el suelo no se agrieta, siendo trabajable [14].

Índice plástico: Se obtiene restando el límite líquido menos el límite plástico. Se interpreta como el intervalo de alteración de la humedad de la muestra al no perder su plasticidad. Generalmente, es dependiente de la concentración de arcilla que muestran la fineza del suelo y la capacidad para alterar su volumen [15].

Clasificación SUCS: Los límites de Atterberg permiten clasificar un suelo según el tamaño de sus partículas y su comportamiento con la humedad. El LL y LP permiten calcular el IP restando LP de LL (NTP 339.129: SUELOS). El índice clasifica el suelo y le asigna un nombre según su caracterización. [27].

Tabla 1. Clasificación de suelos según SUCS

GRUPOS		SIMBOLO DE GRUPO	NOMBRE DE GRUPO			
SUELOS DE GRANO GRUESO (más del 50% es retenido en el tamiz N° 200)	GRAVAS (más del 50% de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 4)	Gravas Limpias (menos de 5% de finos)	GW GP	Grava bien gradada Grava pobremente gradada		
		Gravas con finos (más de 12% de finos)	GM	Grava limosa		
			GC	Grava arcillosa		
			GC-GM	Grava limosa arcillosa		
		Gravas con 5 a 12% de finos (símbolo dual)	GW-GM	Grava bien gradada con limo		
			GW-GC	Grava bien gradada con arcilla		
			GP-GM	Grava pobremente gradada con limo		
		SUELOS DE GRANO FINO (50% o más pasa el tamiz N° 200)	ARENAS (50% o más de la fracción gruesa pasa el tamiz N° 4)	Arenas Limpias (poco o ningún fino)	SW	Arena bien gradada
					SP	Arena pobremente gradada
				Arenas con finos (más de 12% de finos)	SM	Arena limosa
SC	Arena arcillosa					
SC-SM	Arena limosa arcillosa					
Arenas con 5 a 12% de finos (símbolo dual)	SW-SM			Arena bien gradada con limo		
	SW-SC			Arena bien gradada con arcilla		
	SP-SM			Arena pobremente gradada con limo		
LIMOS Y ARCILLAS (Limite Líquido <50%)	LIMOS Y ARCILLAS (Limite Líquido >=50%)			SP-SC	Arena pobremente gradada con arcilla	
				CL	Arcilla de baja plasticidad	
		ML	Limo			
		CL-ML	Arcilla limosa			
LIMOS Y ARCILLAS (Limite Líquido <50%)	LIMOS Y ARCILLAS (Limite Líquido >=50%)	OL	Arcilla o Limo orgánica			
		CH	Arcilla de alta plasticidad			
LIMOS Y ARCILLAS (Limite Líquido >=50%)	LIMOS Y ARCILLAS (Limite Líquido >=50%)	MH	Limo Elástico			
		OH	Arcilla o Limo orgánico			

Estabilización: Procedimiento que mejora las propiedades de un suelo inadecuado para la construcción, en el cual se debe tener presente el tipo de suelo, el método y dosificación de aplicación, permitiendo que el tratamiento genere altas resistencias y duración [16]. Cada tipo de estabilización tiene características peculiares, cuyos ensayos difieren entre sí, los cuales miden la eficiencia y resistencia de un suelo bajo efectos de compacidad [17].

Proctor modificado: El suelo natural no es adecuado para construir directamente. Los parámetros clave para evaluar el suelo son el OCH y la MDS, que se obtienen de la prueba

correspondiente, basada en las normas MTC E116 y ASTM D698 [29].

California Bearing Ratio (CBR): Es un ensayo que evalúa la resistencia del suelo a diferentes fuerzas verticales. El CBR es una práctica habitual en el diseño de superficies pavimentadas. para evaluar la capacidad de la subbase y base. Los ensayos se basan en la ASTM, pero también están en la norma peruana. El CBR es el método más económico y viable para la investigación, según la norma MTC E 132 [29].

Permeabilidad: Es la capacidad para conducir una determinada cantidad de agua sobre un material. Se considera permeable, cuando trasmite mayor fluido, la cual no puede despreciarse por sí misma si se presenta mayor porosidad [18].

Pavimento: Puede ser flexible, rígido o mixto. Está conformado por diferentes capas, las cuales presentan diferentes propiedades y resistencias, que de acuerdo al flujo vehicular que soporte, tendrá una funcionalidad particular [19].

Subrasante: Es medido desde el nivel de terreno natural hacia las capas inferiores de la misma, el cual varía por la presencia de estratos con características diferentes, cuyo valor de soporte depende exclusivamente de la compacidad de las partículas finas que la componen, a su vez se ve afectada por la expansión volumétrica de arcillas, temperatura y agua subterránea, debiéndose reconvertirse al 95% de la densidad máxima seca [20].

Catalizador Consolid: Consiste en dos polímeros: C444 (líquido) y SD (sólido) que se mezclan, mejoran las características físicas y mecánicas de diversos suelos. Es un buen impermeabilizante, cuya aplicación es apropiada para la compactación de suelos con limitada capacidad de carga [8].

Consolid 444 (C444): Se ofrece en bidones de 200 L, como un líquido lechoso soluble en agua, no tóxico y respetuoso con el medio ambiente. Este actúa sobre el agua absorbida que, al lubricar las partículas de arcilla o limo fino, favorece la atracción

electromagnética entre ellas para aumentar la compactación del suelo y su resistencia a la deformación [37].

Solidry (SD) : No es tóxico y no daña el medio ambiente . Se ofrece en polvo y se envasa en sacos de 25 kg . Es un complemento del C444 que refuerza la resistencia al agua , obstruyendo los capilares e impidiendo que el agua superficial penetre en la capa tratada . Aunque está pensado principalmente para su aplicación en suelos de alta plasticidad , puede utilizarse en la mayoría de los tipos de suelos, incluidos los no plásticos [37].

Características químicas

Consolid 444 (C444): Es un líquido semiviscoso creado mediante la combinación de monómeros y polímeros con catalizadores aceleradores de la penetración . Los catalizadores deshacen la película de agua adherente que rodea los finos del suelo mediante floculación con las partículas del suelo , provocando una aglomeración irreversible de los finos . Esto aumenta el poder aglutinante inherente de los finos del suelo mediante el intercambio de la carga electroquímica de las partículas del suelo y , en última instancia , ayuda a su decantación . Para la mayoría de los tipos de suelo , la estabilización del suelo puede lograrse con la misma tasa de dosificación porque este proceso tiene lugar en el límite fisicoquímico [37].

Tabla 2. Caracterización química CD444

Compuesto	%
Compuesto de amonio cuaternario	25-50
Amina grasa	10-25
Ácido fórmico	2.5-10
Otras aminas y grasas	2.5-10
Xileno alcalino	2.5

Fuente: Consolid, 2015.

Solidry (SD) : Se trata de un material seco e inorgánico , de color grisáceo , formada por un 4% de solidry concentrado , un 32,5% de cal hidratada y un 63,5% de cemento (calidad 42,5); estos ingredientes trabajan conjuntamente para crear esta sustancia . Esta

mezcla se transforma en un intercambiador de iones , desplazando los iones que se atraen entre sí , impregnando cada partícula del suelo e impidiendo la entrada de agua , produciendo un efecto repelente [37].

Tabla 3. Caracterización química Solidry

Compuesto	%
Alquilamina grasa	25-100
Ester di-alquílico de trietanolamónio metil sulfato	25-100
2 Propanol	05-10

Fuente: Consolid, 2015.

Comportamiento químico : Independientemente del tipo de suelo, este aditivo estabiliza al enfocarse en la unión de las partículas sin alterar su composición química o física. Las fuerzas capilares y no capilares ayudan a separar o aislar estas partículas. Las fuerzas no capilares crean una capa de agua que impide que las partículas del suelo se unan, mientras que las fuerzas capilares retienen el agua en los espacios entre las partículas del suelo. El aditivo CONSOLID reduce la cobertura de agua, lo que mejora la lubricación, trabajabilidad y resistencia del suelo [37].

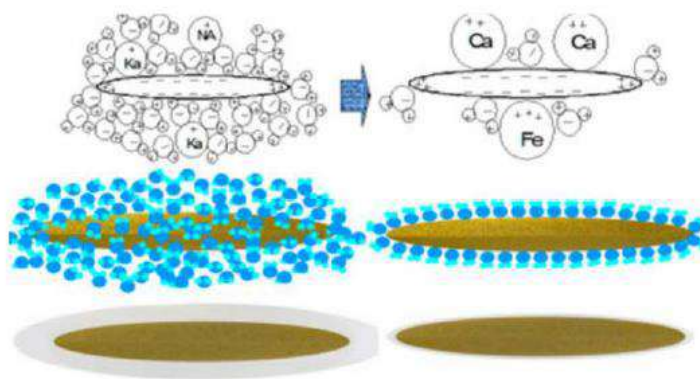


Figura 5. Comportamiento de las partículas de suelo con y sin el sistema Consolid .

Fuente : Consolid, USA.

Criterios de dosificación: El manual del fabricante nos indica que , para estabilizar una subrasante , se tiene que tener en cuenta las siguientes dosificaciones :

Tabla 4. Dosificaciones en subrasante

DOSIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Suelo Natural+0.045% CD444+0.5% SD
2	Suelo Natural+0.045% CD444+1.0% SD
3	Suelo Natural+0.045% CD444+1.5% SD
4	Suelo Natural+0.045% CD444+2.0% SD

Fuente: Consolid, 2015.

Aplicación y método constructivo : No requiere maquinaria especial para que funcione . Este puede aplicarse utilizando los equipos tradicionales de una empresa de construcción de vías o de movimiento de tierras . Por otra parte , también puede utilizarse maquinaria como plantas mezcladoras de agregados , recicladores y estabilizadoras de rastra [37].

Beneficios del Consolid : Acelera el proceso natural de solidificación de todo tipo de suelo cohesivo , mejorando y consolidando el suelo . La tecnología del sistema evoluciona la petrificación de cualquier tipo de suelo , por ende, no actúa como un aglutinante o un reactivo químico . Un suelo , una vez tratado , mantendrá las ventajas del tratamiento sin limitaciones de tiempo [37]. Ofrece la reducción de los espesores de las capas del pavimento entre 3 - 7 cm, mejorando un 75% - 100% las propiedades iniciales del suelo a un bajo costo. También eleva la resistencia y durabilidad de los suelos. [21].

Bases científicas

NTP CE.010 . Pavimentos urbanos . 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 urbanos [34].

NTP E.050 . Suelos y cimentaciones . 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 [35].

NTP CE.020 . Estabilización de suelos y taludes . 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 [36].

MTC. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos . Su objetivo es proporcionar criterios homogéneos para el diseño de capas superiores en carreteras, asegurando estabilidad y eficiencia. Es una herramienta para el diseño estructural que considera el tráfico, clima y gestión vial en el desempeño de pavimentos. Se aplicará sin cambios según las características de cada proyecto. Si se requieren nuevas tecnologías o procedimientos, el proyectista podrá proponerlos como un caso especial, tras evaluación técnico-económica [33].

MTC . Manual de ensayo de materiales . Constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo , que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno : nacional , regional y local , teniendo por finalidad , estandarizar el método y procedimientos para la ejecución de los ensayos de laboratorio y de campo , en base a los materiales que se utilizan en los proyectos de infraestructura vial , con el objeto de asegurar que su comportamiento correspondan a los estándares de calidad propuestos en los estudios , tanto para las obras como para las actividades de mantenimiento vial , el cual toma como referencia , la normatividad de las instituciones técnicas reconocidas internacionalmente , tales como AASHTO , ASTM , Instituto del Asfalto ACI , NTP , entre otras [32].

Materiales y métodos

Tipo y nivel de investigación

La investigación fue aplicada, porque se usó catalizador de penetración en líquido (C444) y sólido (SD) para estabilizar suelos arcillosos con napa freática alta, cuyo fin estuvo dirigido a mejorar el soporte del suelo y sus propiedades químicas.

La metodología fue experimental, la cual estuvo basada en la observación, puesto que el CBR del suelo tiende a cambiar por la incorporación de los catalizadores de penetración, cuyos ensayos fueron realizados en el laboratorio de la EICA - USAT. De acuerdo a los alcances de la ficha técnica del producto Consolid, el catalizador C444 se adiciona comúnmente en cantidades de 0.4 a 0.8 L/m³ de suelo, siendo la estándar de 0.8 L/m³, cuya equivalencia en peso es de 1%. Mientras que la adición del solidry (SD) ya desconcentrado, se realiza en proporciones recomendadas de 2% y 3.5% en peso del suelo. En pocas palabras, por cada 1000 g de suelo a estabilizar, se deberá adicionar entre 20 g a 35 g de SD.

A su vez, teniendo en cuenta las referencias, se han empleado adiciones combinadas en peso de 0.0045% de C444 + 1.25%, 1.75%, 1.90% de SD, 0.0045%, 2.175% de C444 + 50 g, 75 g, 100 g de SD y 0.032% de C444 + 1.5% de SD, los cuales han dado resultados favorables en el aumento del CBR. Por ende, con el fin de ampliar un poco más el campo de estudio, se buscó determinar la efectividad del producto con adiciones mayores a las ya recomendadas y estudiadas sobre suelos arcillosos con napa freática alta, con adiciones de hasta 3% de C444 y 10% de SD. Se compararon los resultados en las condiciones iniciales, bajo las siguientes adiciones combinadas, respecto al peso del suelo.

Tabla 5. Adiciones combinadas experimentales

Adición	Combinación
1 ^{era}	1% C444 + 50 g (SD)
2 ^{da}	2% C444 + 75 g (SD)
3 ^{era}	3% C444 + 100 g (SD)

Fuente: Elaboración propia

Los ensayos de sales, cloruros y sulfatos en el suelo se realizaron en el laboratorio de la FIQIA - UNPRG. .

La NTP E.050, CE.010 y CE.020, indicaron que los puntos de exploración se pueden realizar tomando 3 calicatas por km, por lo que se realizaron 3 calicatas para el EMS correspondiente, cuyas dimensiones mínimas fueron de 1.00 m x 1.00 m x 1.50 m. Se formaron cuatro grupos de muestras medir la capacidad de soporte del suelo. El primero, netamente los CBR convencionales, y las demás, las experimentales.

Diseño de investigación

El estudio fue cuantitativo, porque se agencio de estadística para procesar datos, de acuerdo a las pruebas repetitivas de proctor modificado y CBR, cuyas resultantes permitieron determinar el desempeño del material estabilizante.

Población, muestra y muestreo

Población

Se obtuvieron 30 especímenes para proctor modificado y 30 para CBR, conformando una población total de 60 especímenes, especificados en la tabla 2.

Tabla 6. Población para ensayos mecánicos

Grupo	Tipo	Proctor modificado			CBR			Población
		Calicata 1	Calicata 2	Calicata 3	Calicata 1	Calicata 2	Calicata 3	
1	Patrón	1	1	1	1	1	1	6
2	1 ^{era} adición (1% C444 + 50 g SD)	3	3	3	3	3	3	18
3	2 ^{da} adición (2% C444 + 75 g SD)	3	3	3	3	3	3	18
4	3 ^{era} adición (3% C444 + 100 g SD)	3	3	3	3	3	3	18
								60

Fuente: Elaboración propia.

Para ensayos químicos en suelos, se consideró 1 espécimen por calicata, tal y como se detalla en la tabla 3.

Tabla 7. Población para ensayos químicos

Ensayo	Calicata 1	Calicata 2	Calicata 3	Total
Sales	1	1	1	3
Cloruros	1	1	1	3
Sulfatos	1	1	1	3
Fuente: Elaboración propia.				9

Muestra

La NTP E.050, establece que el muestreo mínimo para la determinación de las propiedades mecánicas del suelo, debe de ser 1 espécimen por fondo de cada calicata.

En función a la muestra finita de la norma, se determinó:

Muestra finita para ensayo de proctor modificado convencional y experimental.

n = Tamaño de muestra buscado.

N = Tamaño de muestra buscado = 30 especímenes.

Z = Parámetro estadístico que depende el $N = 95\% \dots Z^2_a = 1.96$

e = Error de estimación máximo aceptado = 3%

p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito) = 50%

$q = (1 - p) =$ Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado = 50%

Nivel de confianza	Z_{α}
99.7%	3.00
99.0%	2.58
98.0%	2.33
96.0%	2.05
95.0%	1.96
90.0%	1.65
80.0%	1.28
50.0%	0.67

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_a^2 * p * q}$$

$$n = 29.21 \approx 30.00$$

Muestra finita para ensayo de CBR convencional y experimental.

n = Tamaño de muestra buscado.

N = Tamaño de muestra buscado = 12 especímenes.

Z = Parámetro estadístico que depende el N = 95%..... $Z_a^2 = 1.96$

e = Error de estimación máximo aceptado = 3%

p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito) = 50%

q = (1 - p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado = 50%

Nivel de confianza	Z _{alfa}
99.7%	3.00
99.0%	2.58
98.0%	2.33
96.0%	2.05
95.0%	1.96
90.0%	1.65
80.0%	1.28
50.0%	0.67

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_a^2 * p * q}$$

$$n = 29.21 \approx 30.00$$

Bajo la premisa descrita, se detalla las muestras correspondientes.

Tabla 8. Muestra para proctor modificado

Grupo	Tipo	Calicata 1	Calicata 2	Calicata 3	Total
1	Patrón	1	1	1	3
2	1 ^{era} adición (1% C444 + 50 g SD)	3	3	3	9
3	2 ^{da} adición (2% C444 + 75 g SD)	3	3	3	9
4	3 ^{era} adición (3% C444 + 100 g SD)	3	3	3	9
Fuente: Elaboración propia.					30

Tabla 9. Muestra para CBR

Grupo	Tipo	Calicata 1	Calicata 2	Calicata 3	Total
1	Patrón	1	1	1	3
2	1 ^{era} adición (1% C444 + 50 g SD)	3	3	3	9
3	2 ^{da} adición (2% C444 + 75 g SD)	3	3	3	9
4	3 ^{era} adición (3% C444 + 100 g SD)	3	3	3	9
Fuente: Elaboración propia.					30

En cuanto a sales, cloruros y sulfatos en suelos, se consideró 9 especímenes en total, descritos en la tabla 6.

Tabla 10. Muestra para ensayos químicos en suelos

Ensayo	Total
Sales	3
Cloruros	3
Sulfatos	3
Fuente: Elaboración propia.	
	9

Muestreo

De acuerdo a los fundamentos de las bases científicas y a partir de la muestra finita, se estudió solamente la población contemplada, aplicándose un muestreo no probabilístico, dado a las limitaciones económicas y tiempo de ejecución, conllevando a una selección simple para el catalizador de penetración líquido (C444) y sólido (SD).

Criterios de selección

Las muestras de suelo se extrajeron de vías no pavimentadas de baja transitabilidad en la cuadra N° 9 de la calle Atahualpa y la cuadra N° 14 de la Av. Muestras de Venezuela y cuadra 14, calle Panamá, distrito de José Leonardo Ortiz, Chiclayo, Lambayeque, fueron retiradas y codificadas para análisis en laboratorio. Los catalizadores C444 y SD se compraron en la tienda Dávalos, ubicada en la Mz. C Lt. 4. ASOC. Micaela Bastidas - Panamericana Norte km 33.5, Puente Piedra, Lima, con precios y envíos accesibles. Se cumplieron los criterios técnicos de las normas. También, los ensayos químicos según el laboratorio especializado.

Operacionalización de variables

Variables independientes: Adición combinada de catalizador de penetración líquido (C444) y sólido (SD).

Variable dependiente: Estabilización de suelos.

Variables intervinientes: Índice de plasticidad.

Tabla 11. Operacionalización de variables

Variable independiente	Indicador	Unidad de medida	Rango de aplicación	Método de medición (Instrumento)
Adición combinada de catalizador de penetración líquido (C444) y sólido(SD)	Cantidad de catalizador de penetración líquido (C44) y sólido(SD)	% en peso	1% C444 + 50 g SD 2% C444 + 75 g SD 3% C444 + 100 g SD	Balanza con correcta sensibilidad

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

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

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Los ensayos fueron realizados bajo los lineamientos establecidos en cada norma que las rige, por lo que cada resultado fue interpretado, analizado y discutido posteriormente. De tal forma, que los datos obtenidos fueron debidamente procesados, de acuerdo a las formulaciones matemáticas en cada ensayo.

Dichas técnicas, tanto en laboratorio como en gabinete, sirvieron para tabular los resultados, en base a los ensayos repetitivos para la determinación de las características químicas, físicas y mecánicas de las muestras estabilizadas, tanto patrón como experimental.

Instrumentos

Se emplearon los siguientes:

Tabla 12. Equipos según ensayos normados

Equipos			
Software	Granulometría (ASTM D422)	Humedad (ASTM D2216)	Sales (ASTM D2216)
Word, excel, power point	Balanza, cucharas, horno, tamices, pala	Taras, balanza, espátulas, homo de secado, cucharas	Badilejo, tamices, balanza, vaso precipitador, horno de secado, cucharas
	Límites de Atterberg (ASTM D4318)	Proctor modificado (ASTM D1557)	CBR (NTP 339.145)
	Cucharas, taras, copa Casagrande, horno de secado, ranurador, balanza, espátulas, superficie de rodadura, calibrador	Horno, balanza, espátulas, molde cilíndrico, cucharas, martillo metálico, tamices	Pisón, trípode y extensómetro, molde cilíndrico, disco espaciador de acero

Fuente: Elaboración propia.

Procedimientos

Las vías planteadas se realizaron en la Calle Atahualpa cuadra N° 9, Av. Venezuela cuadra N° 9 y Av. Panamá cuadra N° 14 del DJLO , cuyas vías se encuentran en pésimo estado de transitabilidad y sin pavimentar . De acuerdo al fin de la investigación , se estableció lo siguiente:

- a. **Realización de calicatas :** De acuerdo a la NTP E.050, 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 suelo:** Se prepararon 9 muestras de suelo en estado natural para la determinación de la concentración de sales, cloruros y sulfatos (3 muestras para cada ensayo, 1 muestra del último estrato de cada calicata).
- d. **Ensayos físicos:** Se realizó contenido de humedad , granulometría, contenido de sales solubles en porcentaje, límites de Atterberg , gravedad específica e hidrometría para las muestras convencionales, permitiendo cuantificar las resultantes y tipos de cada estrato según clasificación SUCS y AASHTO.
- e. **Estabilización del suelo convencional:** Posteriormente, se procedió a realizar los ensayos de proctor modificado y CBR (95% y 100%) para las muestras de suelo convencional, determinándose la MDS y OCH.
- f. **Estabilización del suelo experimental:** Se realizaron los ensayos de proctor modificado y CBR (95% y 100%) para las muestras de suelo experimental con los catalizadores de penetración, mediante adiciones de: 1^{era} adición (1% C444 + 50 g SD), 2^{da} adición (2% C444 + 75 g SD) y 3^{era} adición (3% C444 + 100 g SD).
- g. **Dosis óptima experimental:** Se logró verificar la adición con mayor respuesta experimental, mediante comparación de resultados del CBR (95%) para subrasante, teniéndose en cuenta la ubicación del último estrato de cada calicata, la cual sirvió para definir el punto de desarrollo del tramo de prueba.
- h. **Evaluación económica :** Se efectuaron análisis de costos unitarios para la estabilización experimental, bajo las 3 adiciones contempladas en este estudio , las cuales fueron comparadas respecto al costo de estabilización convencional por m².

- i. **Tramo de prueba :** Se sometió un tramo de prueba experimental para la vía con mejor respuesta óptima de densidad , según grado de compactación mínima requerida para subrasantes del 95%, en un área de 4 m², comprobándose la efectividad de los catalizadores de penetración en la mejora de la capacidad de soporte de suelos arcillosos.
- j. **Discusión:** Se compararon los resultados obtenidos respecto a los lineamientos de la normatividad vigente y de los resultados de otras investigaciones.
- k. **Conclusiones y recomendaciones:** Se prescribieron las conclusiones de acuerdo a los objetivos establecidos de estudio, y en base a lo observado tanto en laboratorio como en campo, se denotaron las sugerencias necesarias para su aplicación futura.

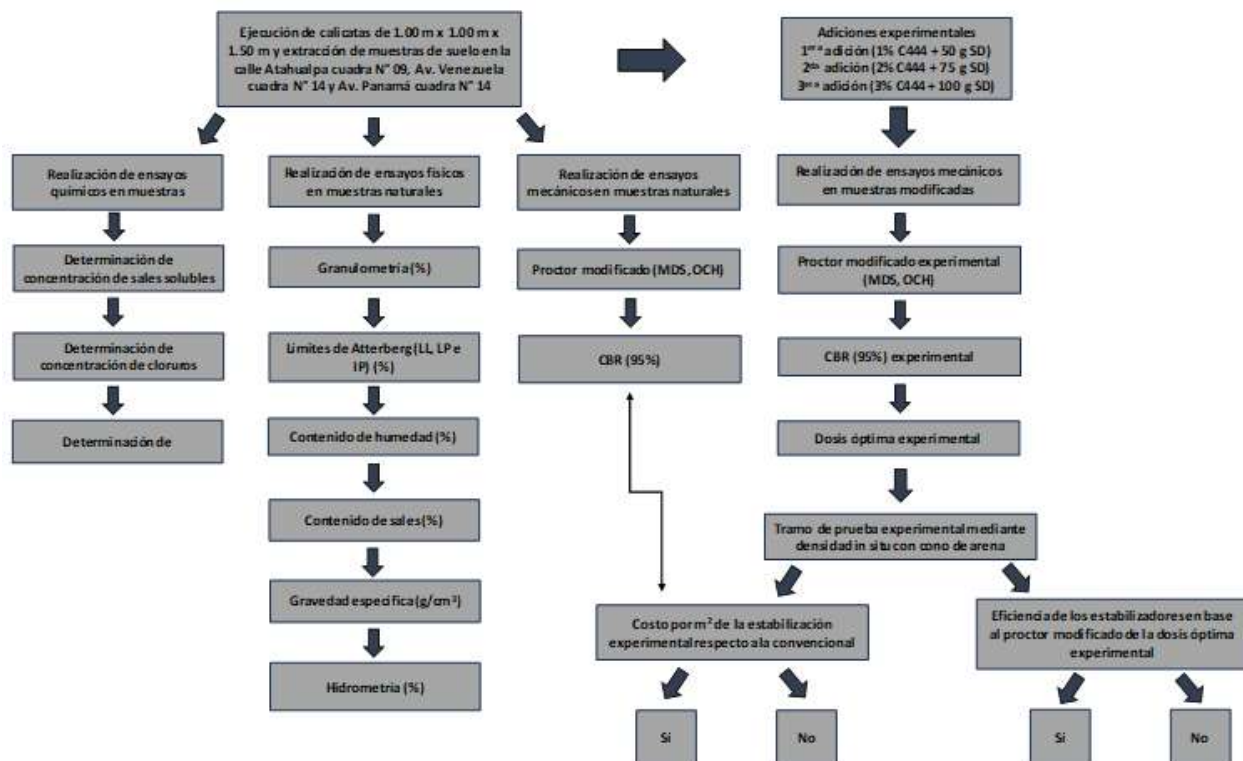


Figura 6. Flujograma para contraste de hipótesis del estudio.

Matriz de consistencia

Tabla 13. Matriz de consistencia

Problema	Hipótesis	Objetivos	Variables e indicadores
<p>¿De qué manera la adición combinada de catalizador de penetración líquido (C444) y sólido (SD) influyeron en la mejora de estabilización de suelos arcillosos con napa freática alta para fines de pavimentación?</p>	<p>La adición combinada de catalizador de penetración líquido (C444) y sólido (SD) influyó significativamente en la mejora de estabilización de suelos arcillosos con napa freática alta para fines de pavimentación .</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Evaluar la estabilización de suelos arcillosos con napa freática alta para fines de pavimentación mediante el uso combinado de catalizadores de penetración</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>a) Evaluar las características mecánicas básicas del suelo en algunas calles del distrito de José Leonardo Ortiz . b) Realizar la caracterización física de las muestras extraídas de suelo en estado natural. c) Cuantificar la concentración de sales, cloruros y sulfatos presentes en el suelo. d) Determinar la máxima densidad seca, grado de compactación y CBR para las muestras convencionales y experimentales. e) Determinar la dosis óptima experimental bajo adición combinada de los estabilizadores. f) Hallar el costo por m² de la estabilización experimental, respecto de la convencional. g) Efectuar un tramo de prueba experimental de 4 m² para la determinación de la densidad de campo y grado de compactación de la mejor respuesta experimental.</p>	<p>Variables independientes:</p> <p>Adición combinada de catalizador de penetración líquido (C444) y sólido (SD).</p> <p>Variable dependiente:</p> <p>Estabilización de suelos .</p> <p>Variables intervinientes:</p> <p>Índice de plasticidad.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Consideraciones éticas

En base a los lineamientos establecidos que rige el código ético del CIP, la presente indagación se efectuó de manera correcta, respetando todos los principios normados, cuya información obtenida es totalmente veraz y apropiada, donde los resultados no fueron manipulados ni alterados por conveniencia, dado que las referencias de los fundamentos teórico – prácticos sirvieron y servirán de gran ayuda para el desarrollo de investigaciones futuras y de la ingeniería misma, por medio del empleo de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con napa freática alta.

Los datos resultantes de los ensayos ejecutados obedecen a expresiones matemáticas establecidas de las normas AASHTO y NTP, los cuales son congruentes de acuerdo con los procedimientos y límites permisibles de las bases científicas anteriormente mencionadas. A su vez, los resultados de los ensayos físicos y mecánicos del suelo en estudio se llevaron a cabo en el laboratorio de la EICA – USAT, siendo totalmente oficiales y fidedignos. Respecto a los resultados de los ensayos químicos, fueron obtenidos en el laboratorio de la FIQIA de la UNPRG.

La presente evaluación contó los permisos aprobados de la EICA – USAT, cuyo aporte permitió contribuir en la obtención y ampliación de nuevos conocimientos en materia de estabilización de suelos.

Resultados

Generalidades

Según las finalidades de estudio, el EMS estuvo direccionado a la evaluación de tres tipos de suelos arcillosos, para los cuales, se determinaron sus características físicas y mecánicas en estado natural, y a su vez, los resultados experimentales para la mejora de la capacidad de soporte de la subrasante con catalizadores de penetración. Los puntos de investigación fueron tomados teniendo en cuenta los lineamientos de las normas E.050, CE.010 y CE.020.

INDECI en mayo del 2003, realizó un estudio de zonificación en la ciudad de Chiclayo, en la cual especifica que, en el distrito de JLO, la napa freática se encuentra relativamente a una profundidad de 1.80 m en las calles Democracia, Ferreñafe, América y Tahuantinsuyo, las cuales actualmente se encuentran pavimentadas, siendo relativamente cercanas a las vías de estudio, encontrándose nivel freático a una profundidad de 1.50 m.

Se considera napa freática alta cuando esta se encuentra a poca profundidad o cuando tiende a ser inferior o igual al nivel de desplante (Df). Para fines de pavimentación, el Df es igual a 1.50 m. Vegas & Mayle en el 2021, realizaron 7 calicatas en diferentes puntos de la Av. Chiclayo, cuyos puntos de exploración son relativamente cercanas a las vías de estudio, encontrando estratos del tipo CL (arcilla de baja plasticidad) y SC (arena arcillosa), cuya capacidad portante promedio fue de 5.42%, y, a su vez, hallaron napa freática a poca profundidad (1.30 m y 1.40 m), siendo inferior al nivel de desplante (Df) de 1.50 m, considerándose napa freática de condición alta.

Ubicación de las calicatas

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

Las calicatas fueron realizadas en el sector Upis 1^{er} de Mayo 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 .

Tabla 14. Ubicación de calicatas

Calicata	Localización	Estado de vía	Coordenadas	
			Norte	Este
1	Calle Atahualpa cuadra N° 9	Sin pavimentar	628382	9253274
2	Av. Venezuela cuadra N° 14	Sin pavimentar	628320	9253213
3	Av. Panamá cuadra N° 14	Sin pavimentar	628321	9253336

Fuente: Elaboración propia.



Figura 7. Localización de puntos de exploración (Fuente : Vista satelital de Google Earth).

Ensayos químicos

Fueron realizados en el laboratorio de la FIQIA – UNPRG , ensayándose 500 g para 3 muestras de suelo en estado natural, precisamente, de los últimos estratos de las calicatas efectuadas, para la determinación de la concentración de cloruros, sulfatos y sales solubles.

En la tabla 11, 12 y 13 se describen los resultados en masa de los ensayos realizados en dicha casa de estudios.

Tabla 15. Concentración de cloruros

Parámetro	Cloruros (mg Cl ⁻¹ /kg)
Calicata 1 - Muestra 2	352.588
Calicata 2 - Muestra 2	168.067
Calicata 3 - Muestra 1	1020.408

Fuente: Laboratorio FIQIA - UNPRG.

La muestra 2 de la calicata 1 contuvo una concentración de cloruros de 352.588 mg Cl⁻¹/kg, 168.067 mg Cl⁻¹/kg en la muestra 2 de la calicata 2, mientras que la muestra 1 de la calicata 3, de 1020.408 mg Cl⁻¹/kg.

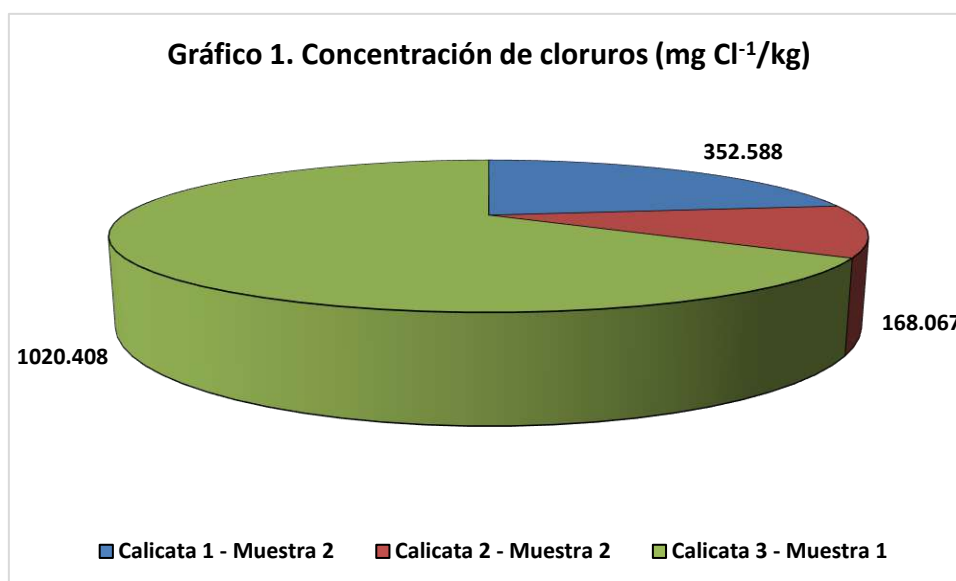


Tabla 16. Concentración de sulfatos

Parámetro	Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /kg)
Calicata 1 - Muestra 2	2380.939
Calicata 2 - Muestra 2	351.833
Calicata 3 - Muestra 1	1467.821

Fuente: Laboratorio FIQIA - UNPRG.

La muestra 2 de la calicata 1 contuvo una concentración de sulfatos de 2380.939 mg SO₄⁻²/kg, 351.833 mg SO₄⁻²/kg en la muestra 2 de la calicata 2, mientras que la muestra 1 de la calicata 3, de 1467.821 mg SO₄⁻²/kg.

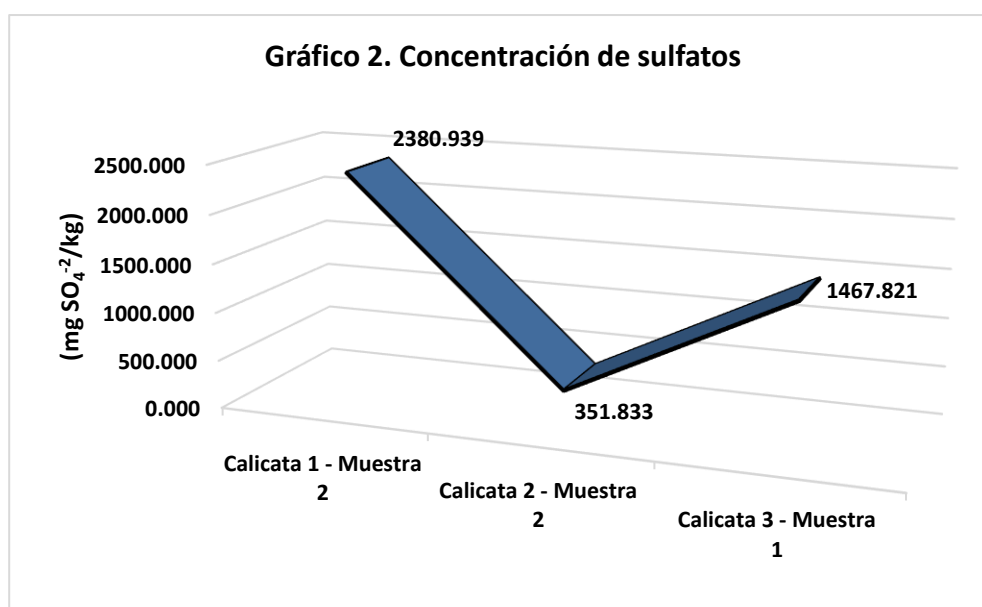
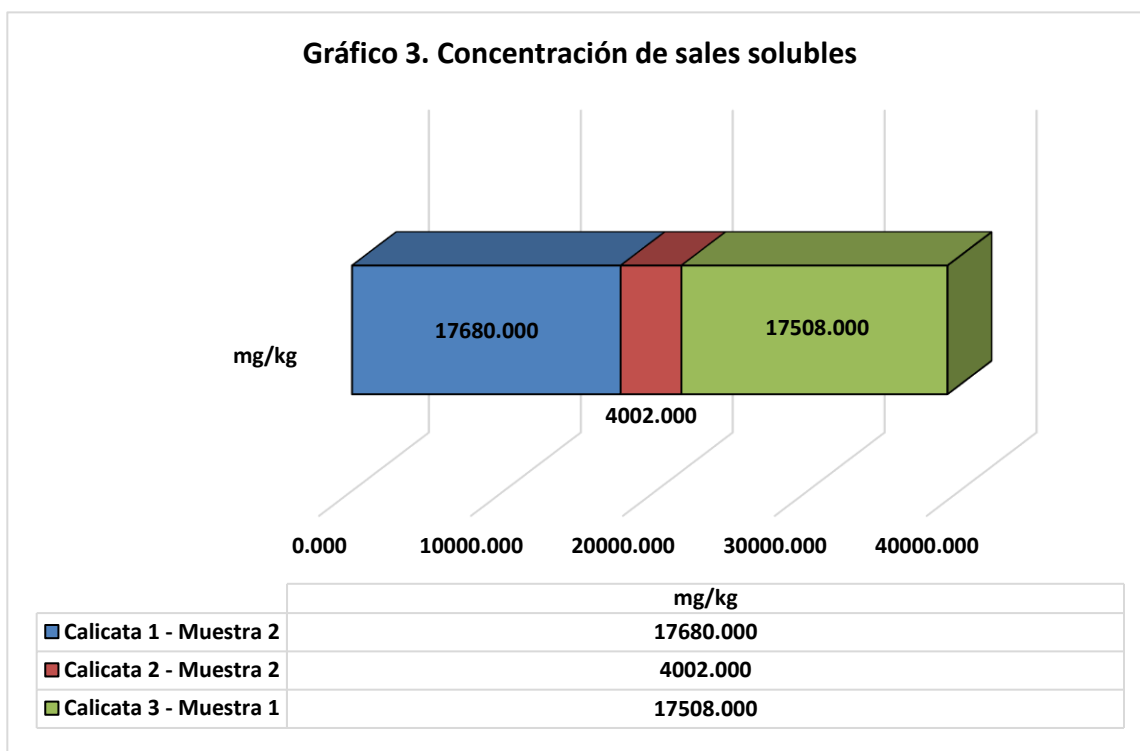


Tabla 17. Concentración de sales solubles

Parámetro	Sales solubles (mg/kg)
Calicata 1 - Muestra 2	17680.000
Calicata 2 - Muestra 2	4002.000
Calicata 3 - Muestra 1	17508.000

Fuente: Laboratorio FIQIA - UNPRG.

La muestra 2 de la calicata 1 contuvo una concentración de sales solubles de 17680 mg/kg, 4002 mg/kg en la muestra 2 de la calicata 2, mientras que la muestra 1 de la calicata 3, de 17508 mg/kg.



La concentración de cloruros, sulfatos y sales solubles, son variables que permiten medir la calidad del subsuelo y la agresividad de los agentes externos que contiene, las cuales influyen directamente sobre la eficiencia, masa, volumen y la interfaz de desarrollo mecánico de la capacidad de soporte de una determinada subrasante arcillosa.

Estas mediciones son necesarias, porque permiten cuantificar la consistencia del suelo, la cual puede reducir la capacidad de respuesta si es que no se llega a tomar el valor adecuado de la disolución de los catalizadores de penetración con el agua del subsuelo. Por lo que deducimos que los valores determinados tienen concentraciones altas, por lo que el empleo de los catalizadores de penetración, 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.

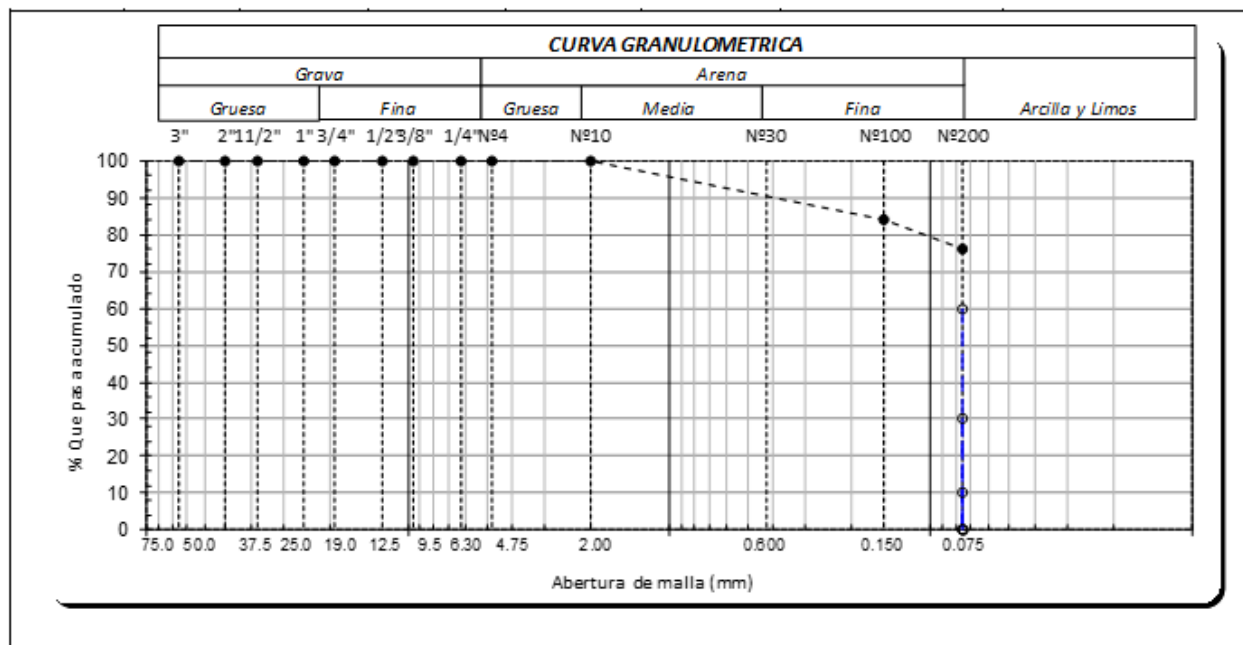
Ensayos físicos

Se detallan los resultados de los especímenes convencionales .

Granulometría

Para suelos finos, como fueron los suelos arcillosos evaluados, se tamizaron las muestras de suelos por las mallas N° 4, N° 10, N° 30, N° 100 y N° 200, observándose una distribución más pronunciada con mayores porcentajes de retención en las mallas N° 10 y N° 40, siendo menos uniforme entre las partículas finas del suelo de la muestra 1 – calicata N° 01.

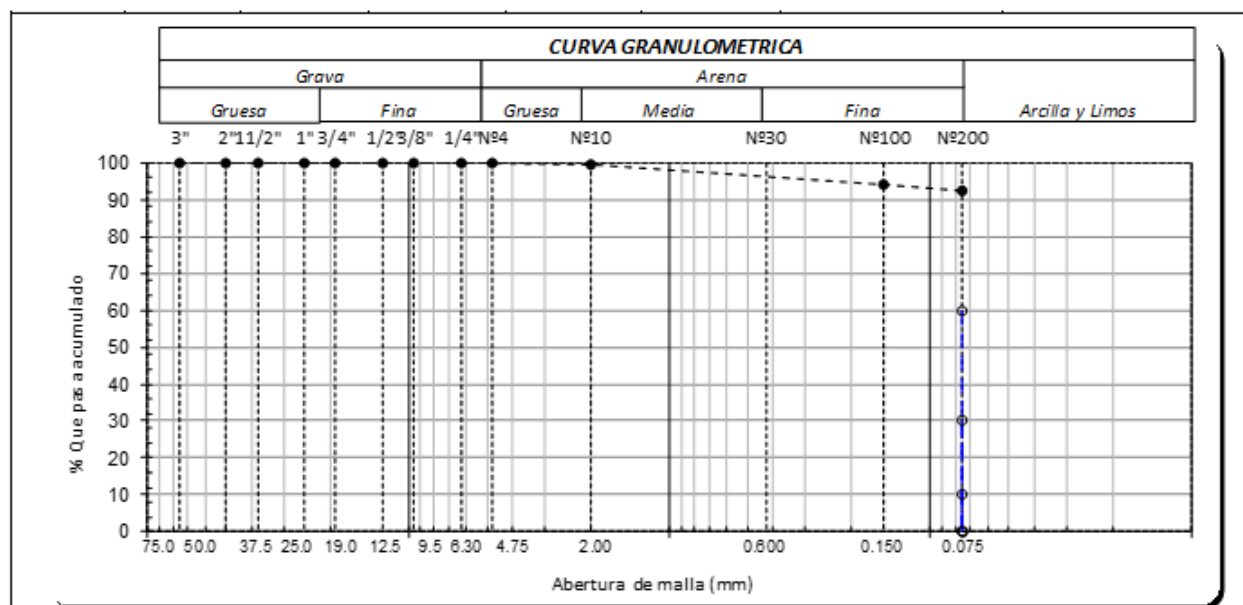
Gráfico 4. Granulometría muestra 1 – Calicata N° 01



Las mallas N° 10, N° 40, N° 30, N° 100 y N° 200 retuvieron el 99.7%, 97.4%, 90%, 83.9% y 76.3% de la muestra 1 de la calicata N° 01, respectivamente,

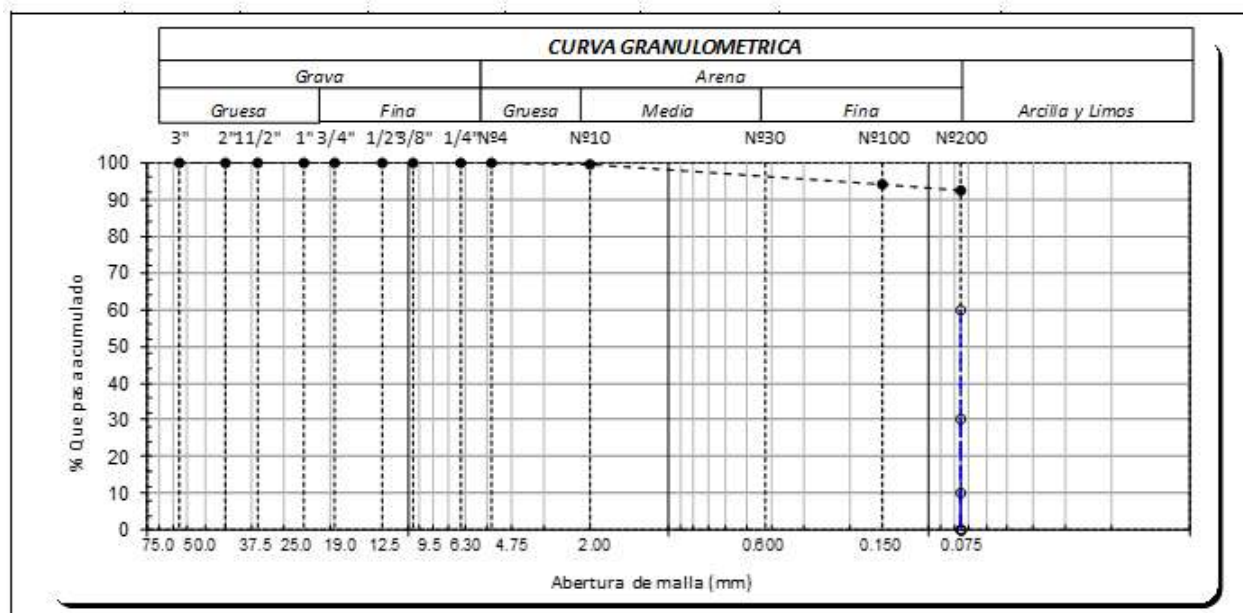
Del mismo modo, la muestra 2 de la calicata N° 01, tuvo una distribución menos pronunciada con mayores porcentajes de retención en las mallas N° 10 y N° 40, siendo más homogéneo.

Gráfico 5. Granulometría muestra 2 – Calicata N° 01



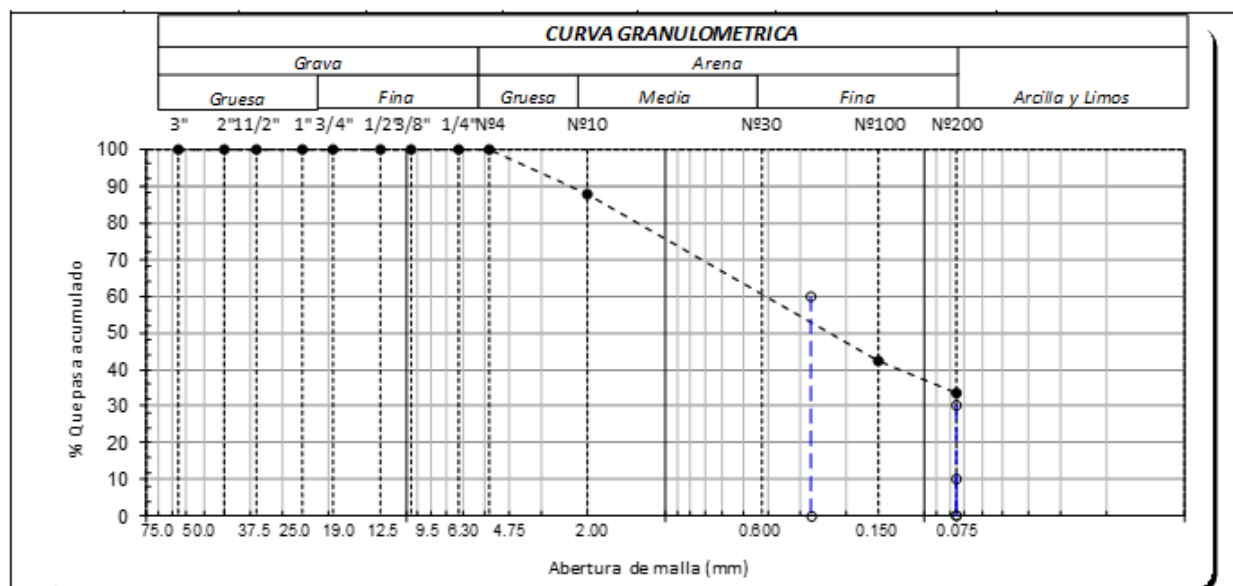
Las mallas N° 10, N° 40, N° 30, N° 100 y N° 200 retuvieron el 99.3%, 97.7%, 95%, 94.1% y 92.5% de la muestra 2 de la calicata N° 01, respectivamente.

Gráfico 6. Granulometría muestra 1 – Calicata N° 02



A su vez, la muestra 1 de la calicata N° 02, tuvo una distribución similar a la muestra 2 de la calicata N° 01, cuyos porcentajes de retención fueron superiores en las mallas N° 10 y N° 40. Las mallas N° 10, N° 40, N° 30, N° 100 y N° 200 retuvieron el 99.3%, 97.7%, 96%, 94% y 92.5% de la muestra 1 de la calicata N° 02, respectivamente,

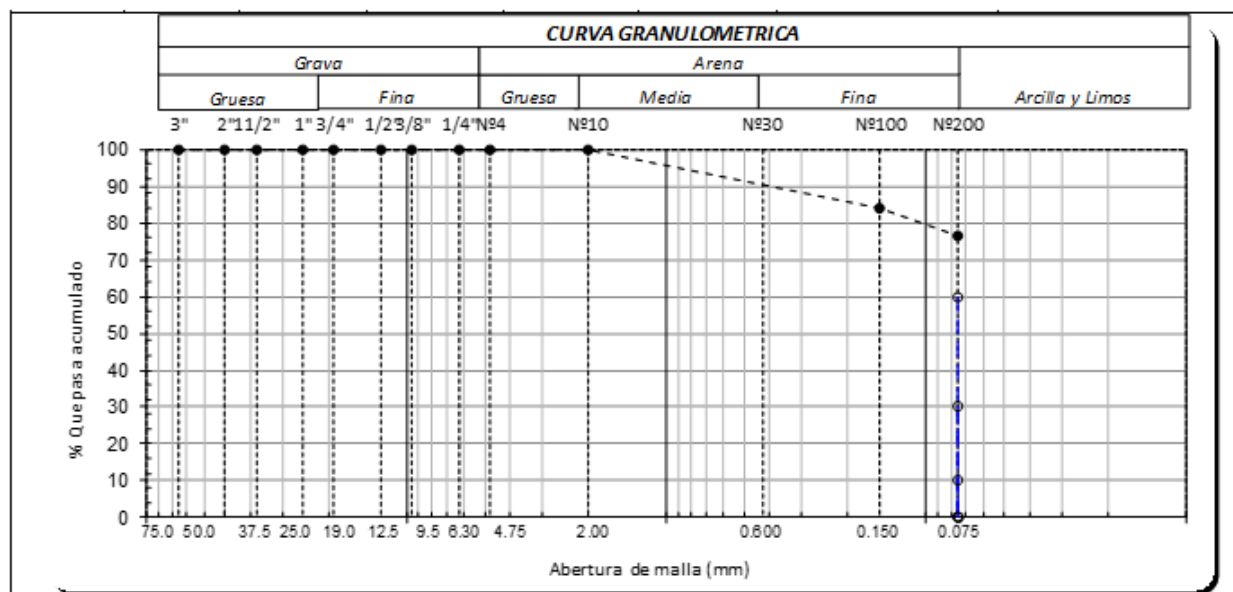
Gráfico 7. Granulometría muestra 2 – Calicata N° 02



En cambio, la muestra 2 de la calicata N° 02, tuvo una distribución más pronunciada con mayores porcentajes de retención en las mallas N° 10 y N° 40, siendo menos uniforme.

Las mallas N° 10, N° 40, N° 30, N° 100 y N° 200 retuvieron el 87.8%, 72.5%, 60%, 42.2% y 33.7% de la muestra 2 de la calicata N° 02, respectivamente,

Gráfico 8. Granulometría muestra 1 – Calicata N° 03



Parecidamente, la muestra 1 de la calicata N° 03, tuvo una distribución similar a la muestra 1 de la calicata N° 01, siendo menos homogéneo, cuyos mayores porcentajes de retención fueron en las

mallas N° 10 y N° 40. Las mallas N° 10, N° 40, N° 30, N° 100 y N° 200 retuvieron el 99.7%, 97.5%, 90%, 84% y 76.4% de la muestra 1 de la calicata N° 03, respectivamente,

Límites de Atterberg

Tabla 18. Límite líquido

Calicata	Muestra	Límite líquido (LL)
1	1	47.07
	2	51.13
2	1	50.45
	2	29.38
3	1	46.94

Fuente: Elaboración propia.

Los estratos 1 y 2 de la calicata N° 01 tuvieron LL de 47.07% y 51.13%. Mientras que las muestras 1 y 2 de la calicata N° 02, consignaron 50.45% y 29.38%. En cambio, la muestra 1 de la calicata N° 03, 46.94%.

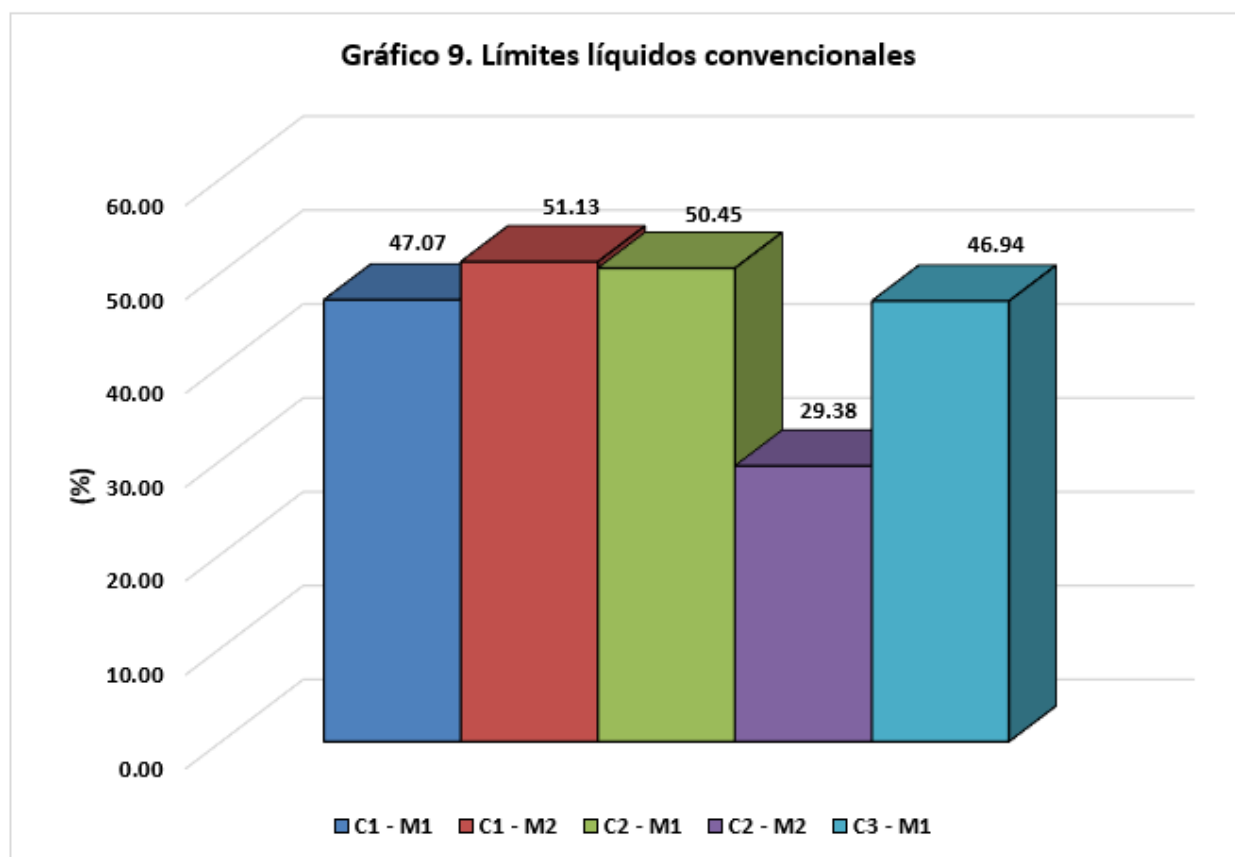


Tabla 19. Límite plástico

Calicata	Muestra	Límite plástico (LL)
1	1	26.60
	2	26.32
2	1	25.74
	2	13.64
3	1	27.23

Fuente: Elaboración propia.

Las muestras 1 y 2 de la calicata N° 01, tuvieron LP de 26.6% y 26.32%. Los estratos 1 y 2 de la calicata N° 02: 25.74% y 13.64%. Mientras que la muestra 1 de la calicata N° 03, 27.23%.

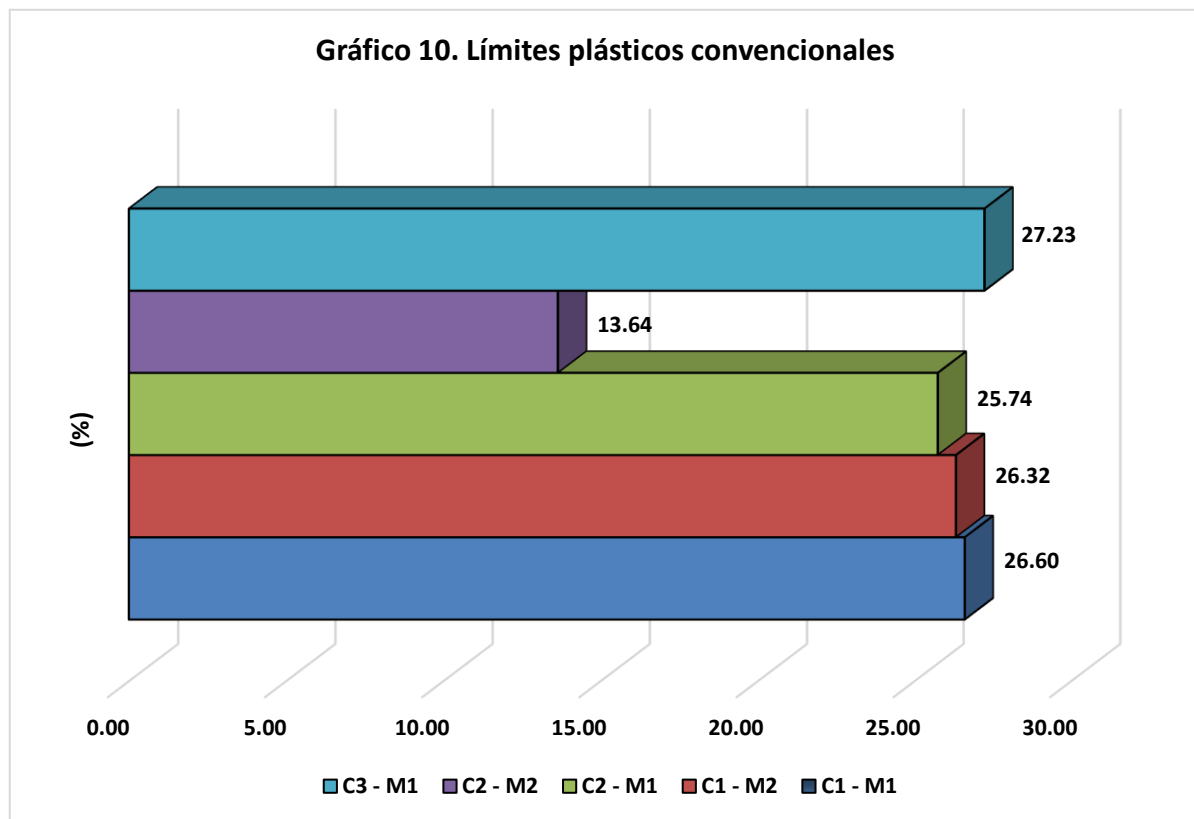
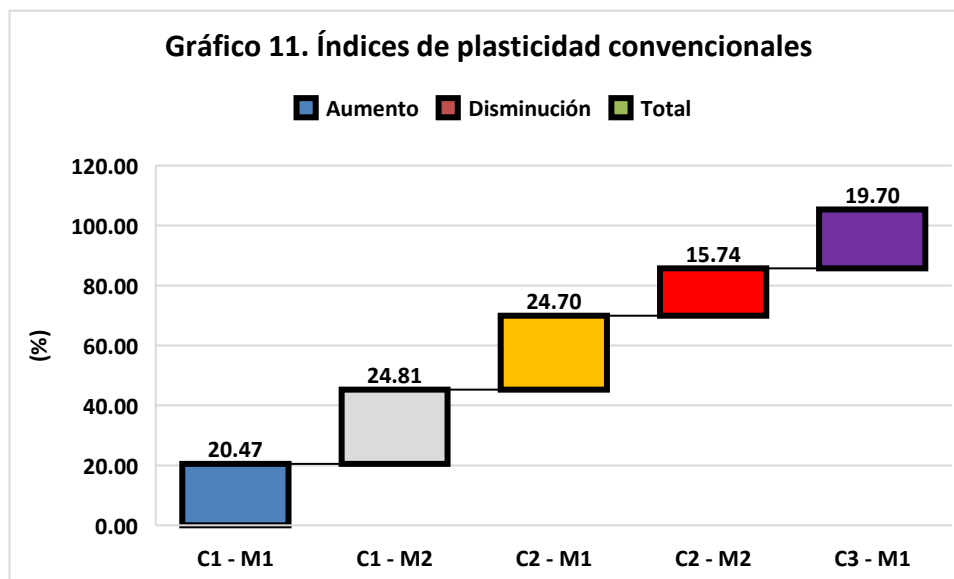


Tabla 20. Índice de plasticidad

Calicata	Muestra	Índice de plasticidad (IP)
1	1	20.47
	2	24.81
2	1	24.70
	2	15.74
3	1	19.70

Fuente: Elaboración propia.

La muestra 1 y 2 de la calicata N° 01, tuvieron un IP de 20.47% y 24.81%, mientras que, los estratos 1 y 2 de la calicata N° 02: 24.7% y 15.74%. La muestra 1 de la calicata N° 3, 19.7%.



Clasificación de suelos

Tabla 21. Clasificación SUCS

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

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los límites de consistencia, la muestra 1 y 2 de la calicata N° 01 se clasificaron como arcilla de baja plasticidad (CL) y arcilla de alta plasticidad (CH). Los estratos 1 y 2 de la calicata N° 02, como CH y arena arcillosa (SC). Mientras que, la muestra 1 de la calicata N° 03, como CL.

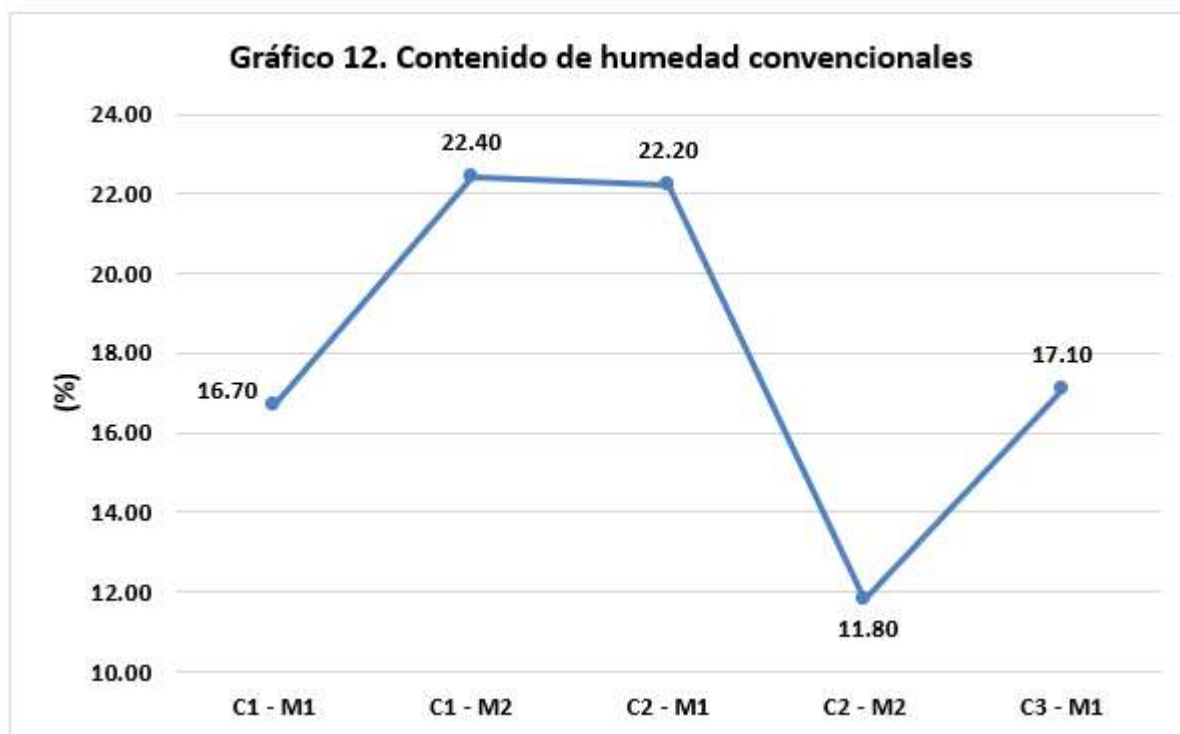
Contenido de humedad

Tabla 22. Contenido de humedad

Calicata	Muestra	Humedad (%)
1	1	16.70
	2	22.40
2	1	22.20
	2	11.80
3	1	17.10

Fuente: Elaboración propia.

La humedad de las muestras 1 y 2 de la calicata N° 01 fueron de 16.7% y 22.40%. En cuanto a las muestras 1 y 2 de la calicata N° 02, de 22.2% y 11.8%, mientras que, la muestra 1 de la calicata N° 3, de 17.1%.



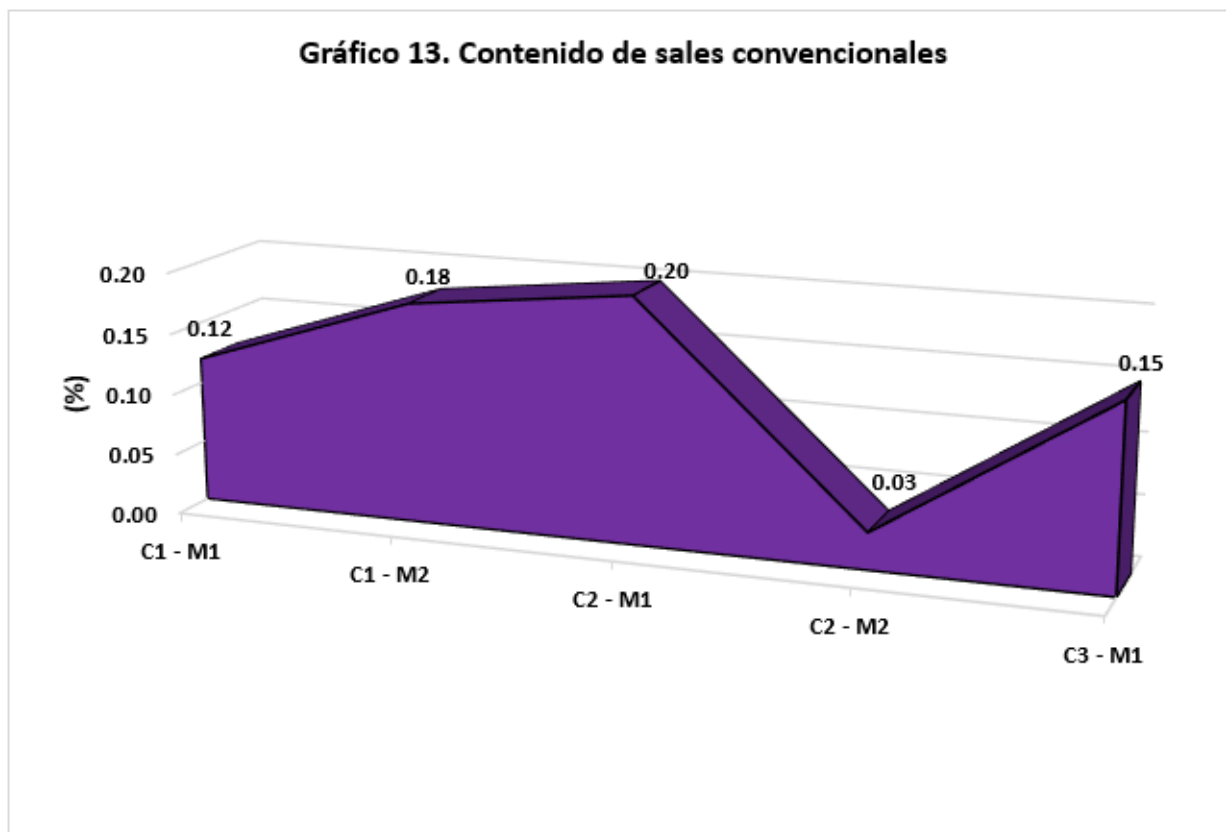
Contenido de sales

Tabla 23. Concentración de sales en porcentaje

Calicata	Muestra	Sales (%)
1	1	0.12
	2	0.18
2	1	0.20
	2	0.03
3	1	0.15

Fuente: Elaboración propia.

La concentración de sales en porcentaje para las muestras 1 y 2 de la calicata N° 01, fueron de 0.12% y 0.18%. En los estratos 1 y 2 de la calicata N° 02, de 0.20% y 0.03%. En cuanto a la muestra 1 de la calicata N° 03, de 0.15%.



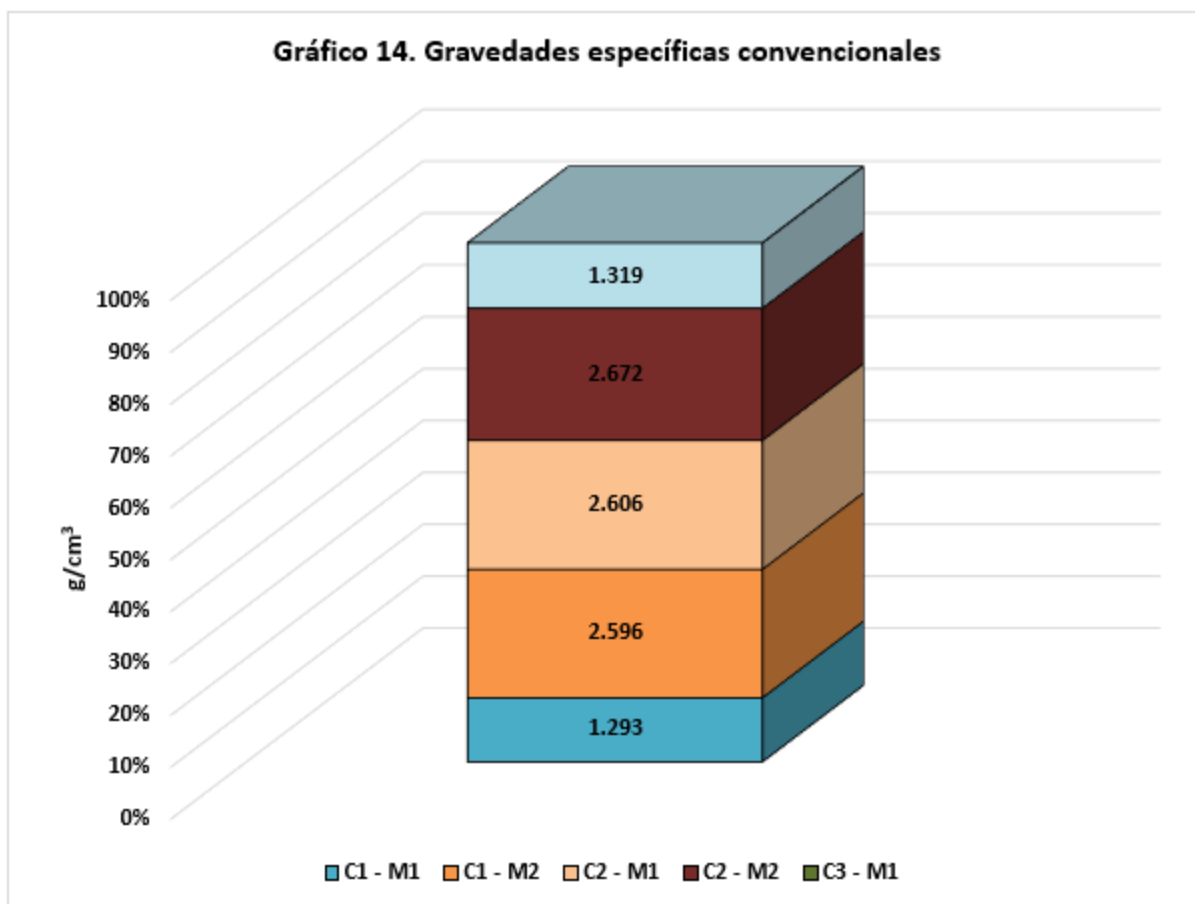
Gravedad específica

Tabla 24. Gravedad específica

Calicata	Muestra	Grav. Esp. (g/cm ³)
1	1	1.293
	2	2.596
2	1	2.606
	2	2.672
3	1	1.319

Fuente: Elaboración propia.

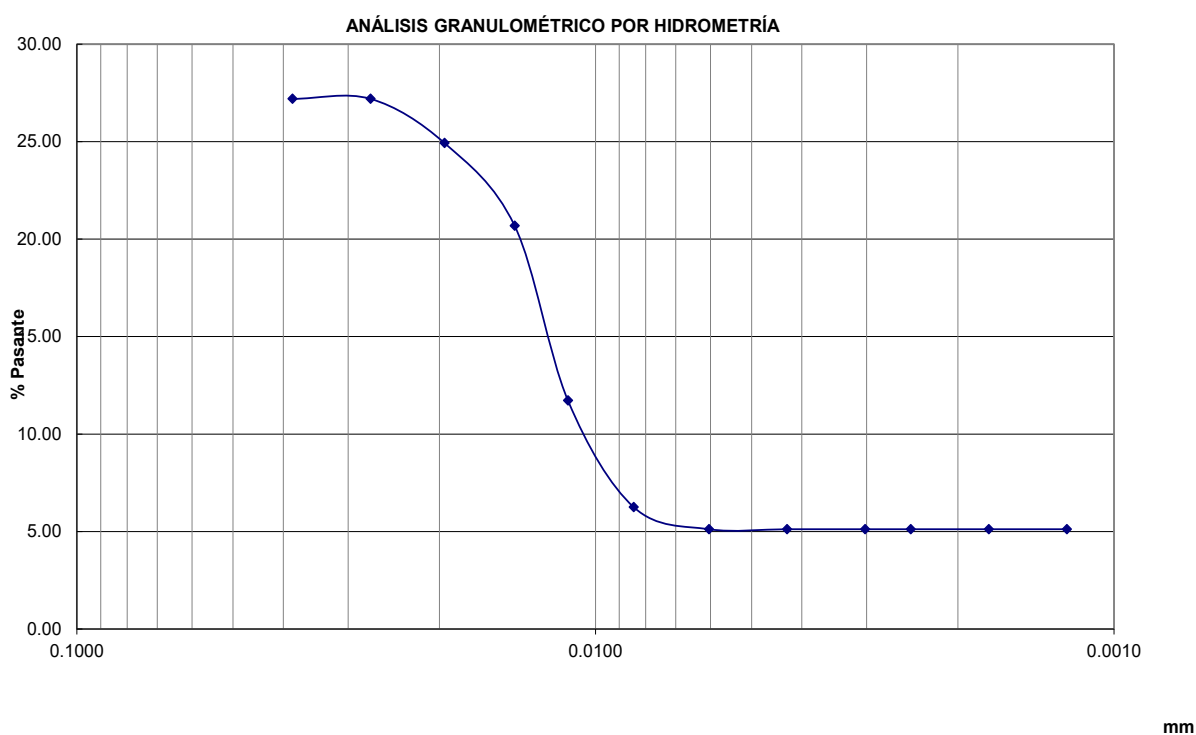
La gravedad específica de las muestras 1 y 2 de la calicata N° 01, fueron de 1.293 g/cm³ y 2.596 g/cm³. Las muestras de 1 y 2 de la calicata N° 02, de 2.606 g/cm³ y 2.672 g/cm³. En cuanto a la muestra 1 de la calicata N° 03, de 1.319 g/cm³.



Hidrometría

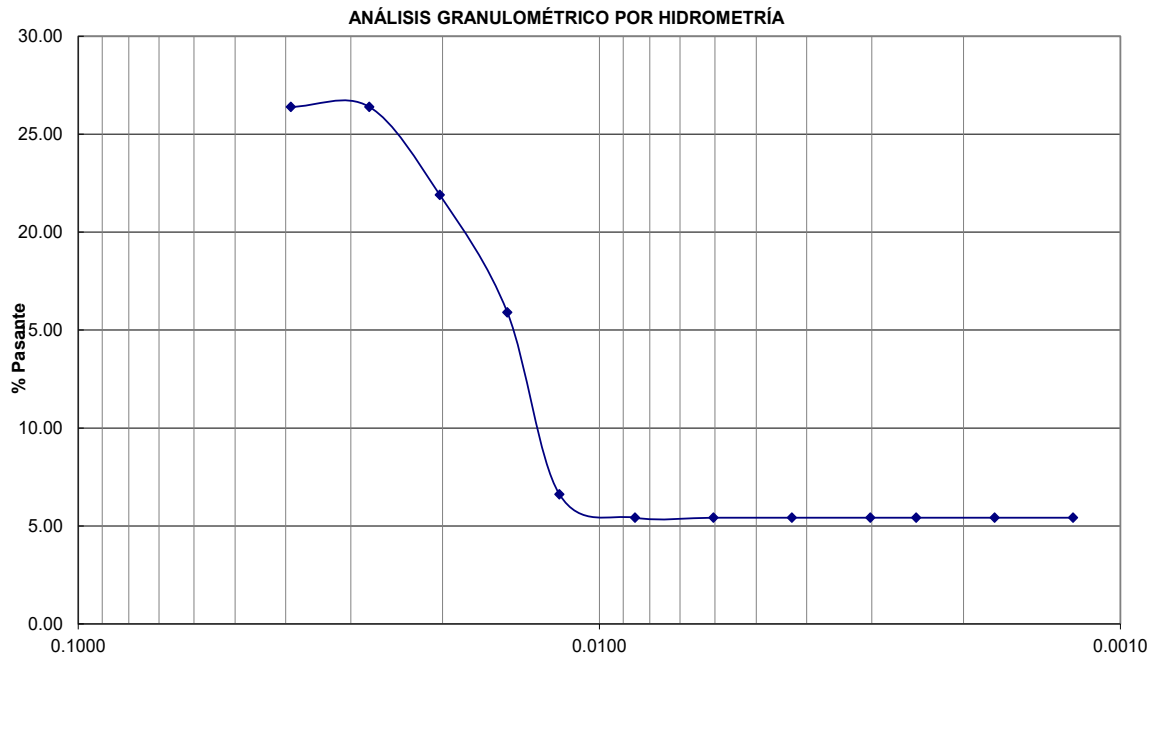
Se efectuó el ensayo de hidrometría, con el fin de analizar la textura de las muestras de suelo extraídos en estado natural, como a su vez, la de evaluar la influencia de los tiempos de lectura del hidrómetro, para la determinación de la distribución del tamaño de partículas finas de los suelos. Básicamente, consistió en preparar 1000 mL de una solución con aproximadamente 50 g de material pasante por el tamiz N° 40, habiendo sido agitada para que se alcance cierta homogeneización, y posteriormente, se dejó reposar para que se produzca la sedimentación de las partículas.

Gráfico 15. Hidrometría muestra 1 – Calicata N° 01



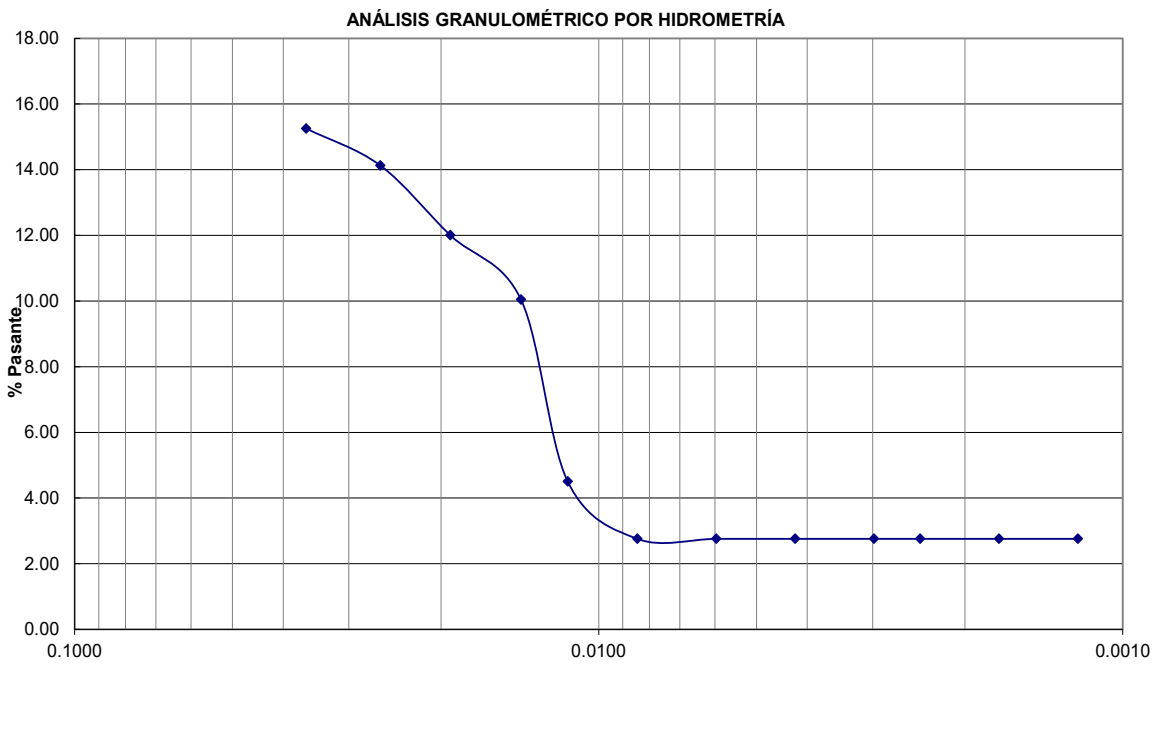
La muestra 1 de la calicata N° 01 tuvo un asentamiento ligeramente uniforme acelerado, teniendo un valor de 2.27 cm/min al cabo de 4 minutos, denotando una longitud promedio de 13.02 cm para períodos de 1 hora en adelante, cuyos diámetros de partículas oscilan entre 0.006 mm y 0.0012 mm.

Gráfico 16. Hidrometría muestra 1 – Calicata N° 02



La muestra 1 de la calicata N° 02 tuvo un asentamiento ligeramente uniforme acelerado, teniendo un valor de 2.44 cm/min al cabo de 4 minutos, denotando una longitud promedio de 13.02 cm para períodos de 30 minutos en adelante, cuyos diámetros de partículas oscilan entre 0.0085 mm y 0.0012 mm.

Gráfico 17. Hidrometría muestra 1 – Calicata N° 03



La muestra 1 de la calicata N° 03 tuvo un asentamiento ligeramente uniforme acelerado, teniendo un valor de 2.19 cm/min al cabo de 4 minutos, denotando una longitud promedio de 12.69 cm para períodos de 30 minutos en adelante, cuyos diámetros de partículas oscilan entre 0.0084 mm y 0.0012 mm.

Ensayos mecánicos

Estabilización de suelos convencional

Se determinaron las propiedades mecánicas de los suelos, 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 25. Máxima densidad seca convencional

Calicata	Muestra	Densidad máxima seca (g/cm ³)
1	2	1.835
2	2	1.876
3	1	1.723

Fuente: Elaboración propia.

La muestra 2 de la calicata N° 01 tuvo una DMS de 1.835 g/cm³. El estrato 2 de la calicata N° 02, 1.876 g/cm³, mientras que la muestra 1 de la calicata N° 03, 1.723 g/cm³.

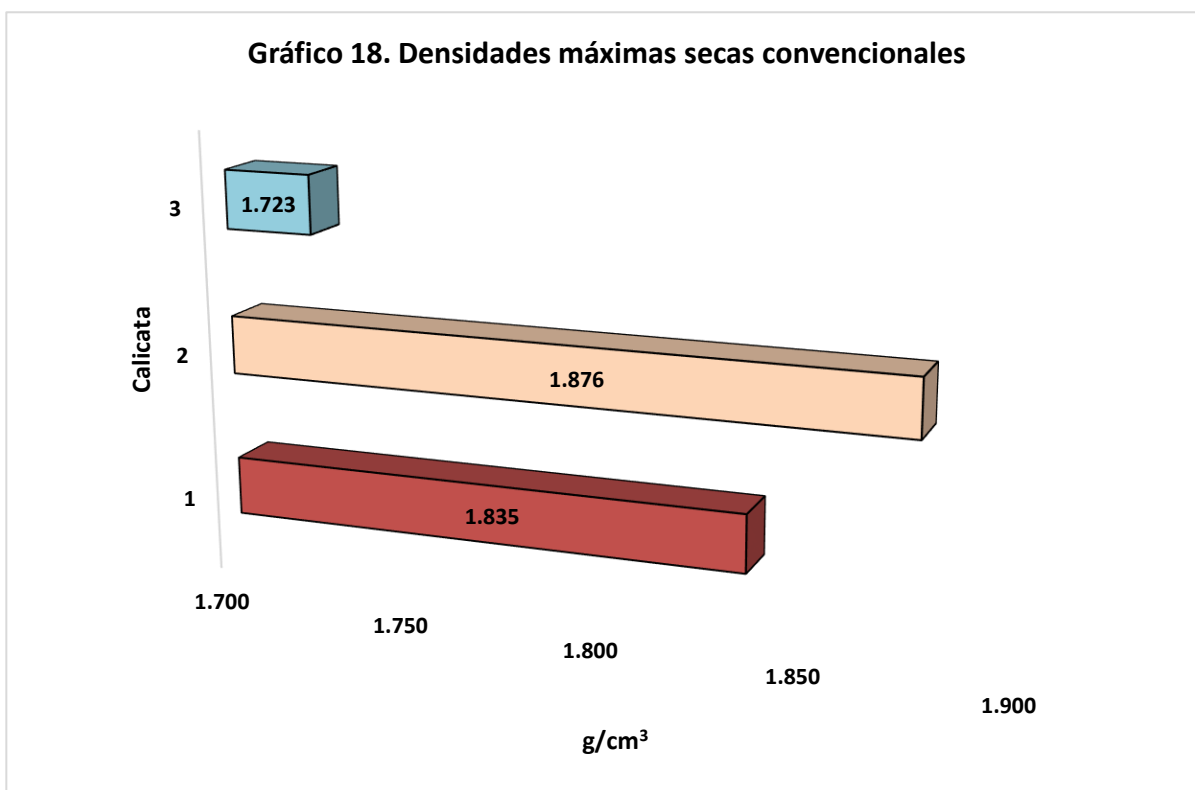
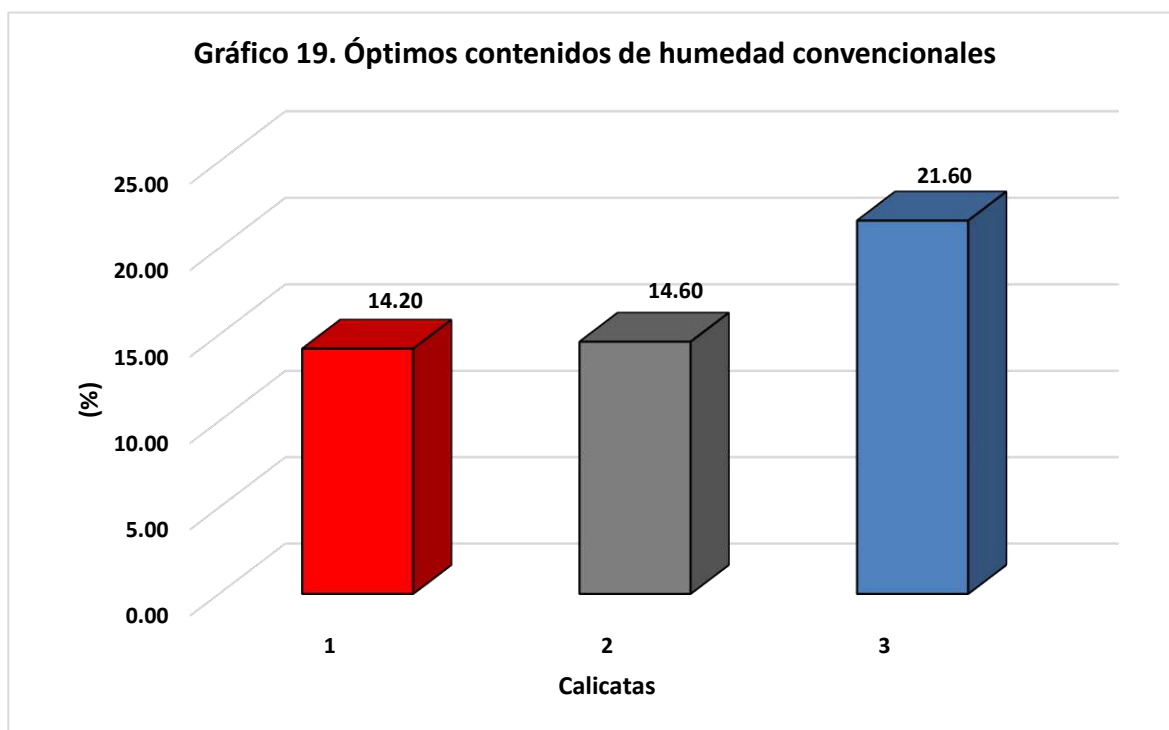


Tabla 26. Óptimo contenido de humedad convencional

Calicata	Muestra	Óptimo contenido de humedad (%)
1	2	14.20
2	2	14.60
3	1	21.60

Fuente: Elaboración propia.

La muestra 2 de la calicata N° 01 tuvo un OCH de 14.2%. El estrato 2 de la calicata N° 02, 14.60%, mientras que la muestra 1 de la calicata N° 03, 21.6%.



Grado de compactación (capacidad de soporte)

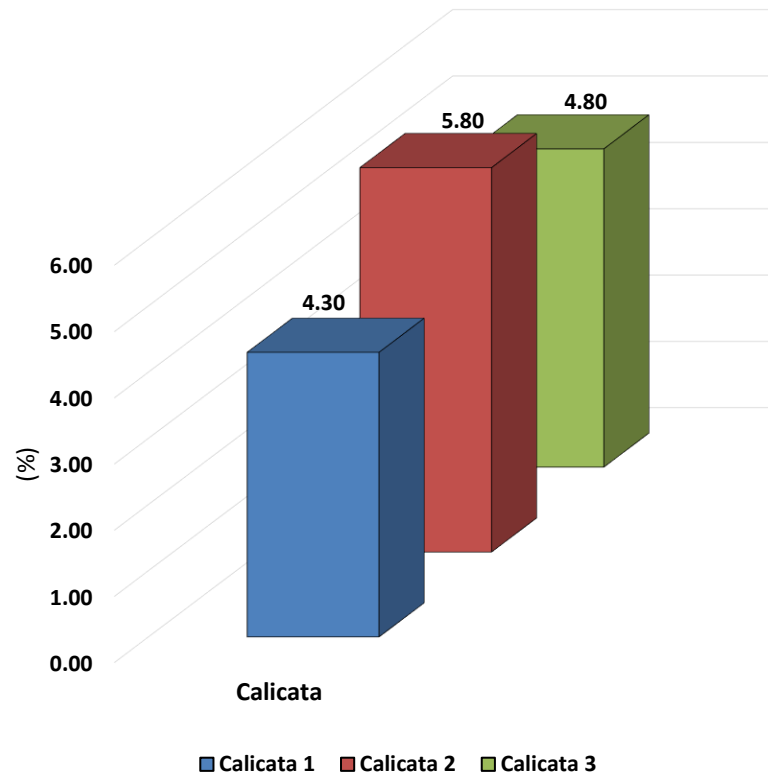
Se describen los resultados consignados del CBR convencional .

Tabla 27. CBR (95%) convencional

Calicata	Muestra	CBR (95%)
1	2	4.30
2	2	5.80
3	1	4.80

Fuente: Elaboración propia.

La muestra 2 de la calicata N° 01 tuvo un CBR al 95% de 4.3%. El estrato 2 de la calicata N° 02, 5.8%, mientras que la muestra 1 de la calicata N° 03, 4.8%. De acuerdo a lo indicado por la norma CE.020 y según resultados obtenidos, las vías necesitan estabilización, ya que el valor promedio de su capacidad de soporte (4.97%), es inferior al 6%.

Gráfico 20. CBR (95%) convencional

Estabilización de suelos experimental

Bajo la aplicación de los catalizadores de penetración: 1^{era} adición (1% C444 + 50 g SD), 2^{da} adición (2% C444 + 75 g SD) y 3^{era} adición (3% C444 + 100 g SD), se determinaron los siguientes resultados, mediante los ensayos de proctor modificado y CBR .

Densidad máxima seca y óptimo contenido de humedad experimental

Tabla 28. Máxima densidad seca experimental

Adición		Máxima densidad seca (g/cm ³)		
		Calicata 1	Calicata 2	Calicata 3
1% C444 + 50 g (SD)	1A	1.920	1.930	1.890
	1A	1.898	1.861	1.841
	1A	1.868	1.823	1.803
2% C444 + 75 g (SD)	2A	1.680	1.920	1.900
	2A	1.860	1.886	1.906
	2A	1.821	1.847	1.867
3% C444 + 100 g (SD)	3A	1.860	2.063	1.910
	3A	1.927	1.922	2.036
	3A	1.777	1.702	1.783

Fuente: Elaboración propia.

La muestra 2 de la calicata N° 01, experimentalmente bajo la 1^{era}, 2^{da} y 3^{era} adición, alcanzó una DMS de 1.92 g/cm³, 1.898 g/cm³, 1.868 g/cm³, 1.68 g/cm³, 1.86 g/cm³, 1.821 g/cm³, 1.86 g/cm³, 1.927 g/cm³ y 1.777 g/cm³, respectivamente. El estrato 2 de la calicata N° 02, de 1.93 g/cm³, 1.861 g/cm³, 1.823 g/cm³, 1.92 g/cm³, 1.886 g/cm³, 1.847 g/cm³, 2.063 g/cm³, 1.922 g/cm³ y 1.702 g/cm³. La muestra 1 de la calicata N° 03, de 1.89 g/cm³, 1.841 g/cm³, 1.803 g/cm³, 1.90 g/cm³, 1.906 g/cm³, 1.867 g/cm³, 1.91 g/cm³, 2.036 g/cm³ y 1.783 g/cm³.

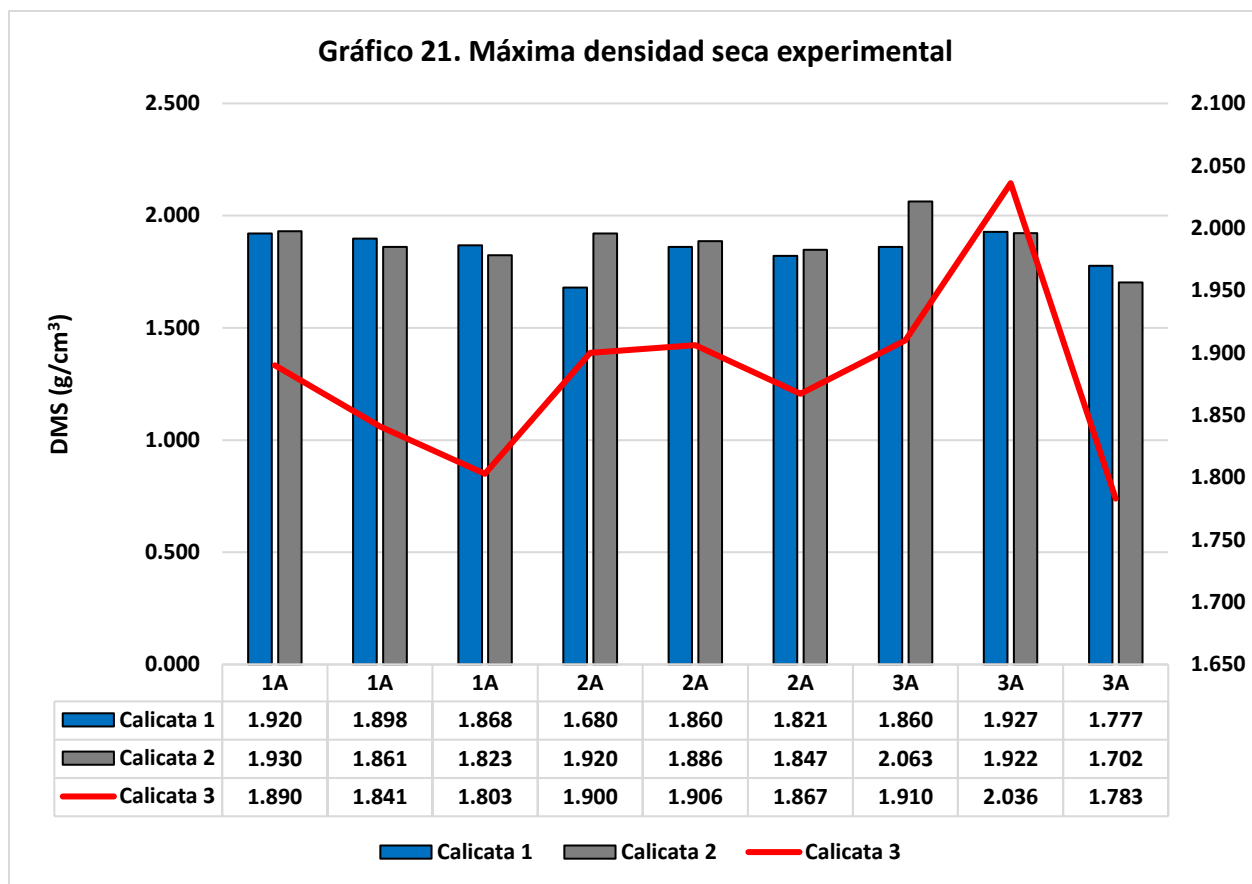
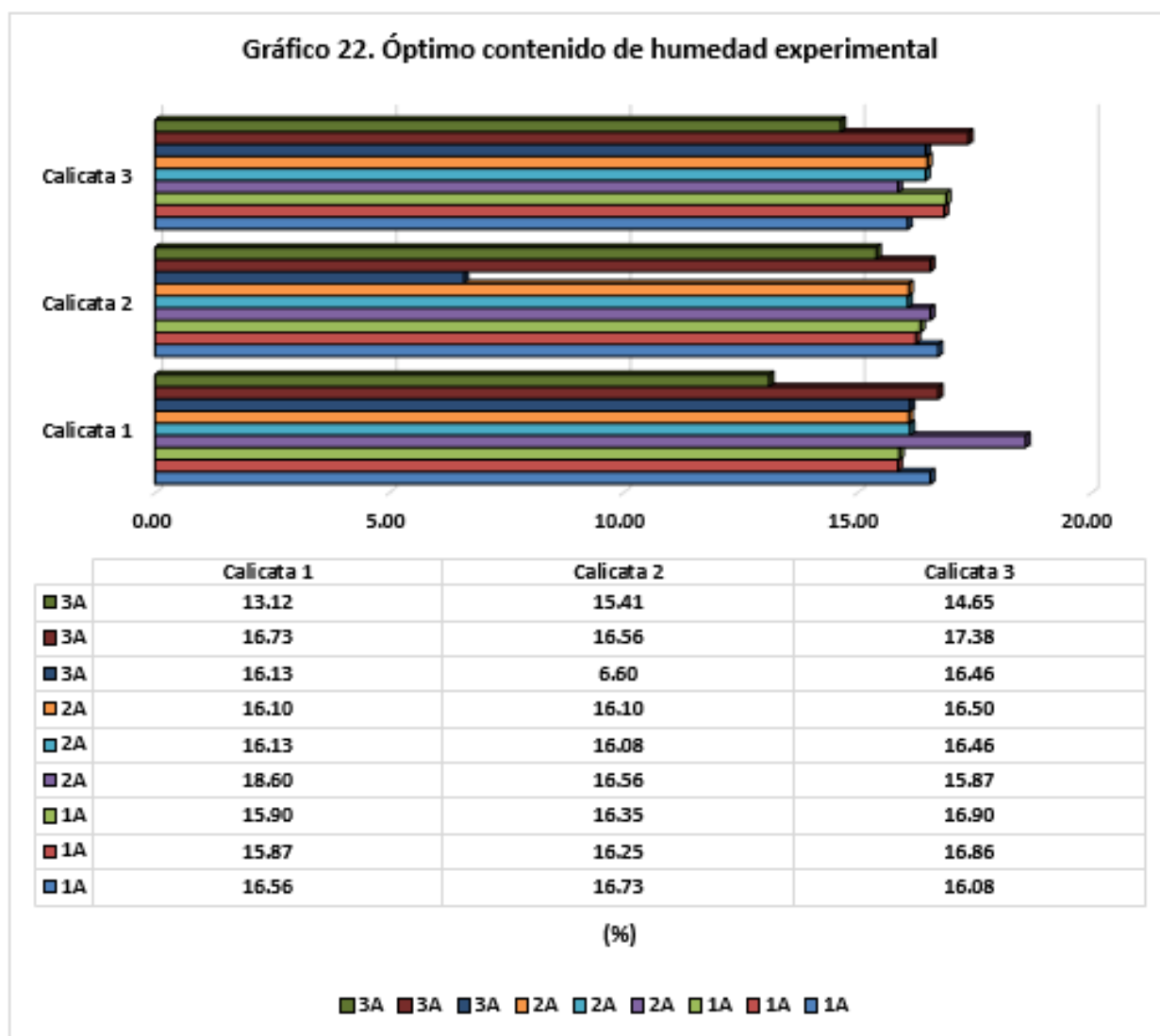


Tabla 29. Óptimo contenido de humedad experimental

Adición		Óptimo contenido de humedad (%)		
		Calicata 1	Calicata 2	Calicata 3
1% C444 + 50 g (SD)	1A	16.56	16.73	16.08
	1A	15.87	16.25	16.86
	1A	15.90	16.35	16.90
2% C444 + 75 g (SD)	2A	18.60	16.56	15.87
	2A	16.13	16.08	16.46
	2A	16.10	16.10	16.50
3% C444 + 100 g (SD)	3A	16.13	6.60	16.46
	3A	16.73	16.56	17.38
	3A	13.12	15.41	14.65

Fuente: Elaboración propia.

La muestra 2 de la calicata N° 01, experimentalmente bajo la 1^{era}, 2^{da} y 3^{era} adición, alcanzó un OCH de 16.56%, 15.87%, 15.90%, 18.60%, 16.13%, 16.10%, 16.13%, 16.73% y 13.12%, respectivamente. El estrato 2 de la calicata N° 02, de 16.73%, 16.25%, 16.35%, 16.56%, 16.08%, 16.10%, 6.60%, 16.56% y 15.41%. La muestra 1 de la calicata N° 03, de 16.08%, 16.86%, 16.90%, 15.87%, 16.46%, 16.50%, 16.46%, 17.38% y 14.65%.



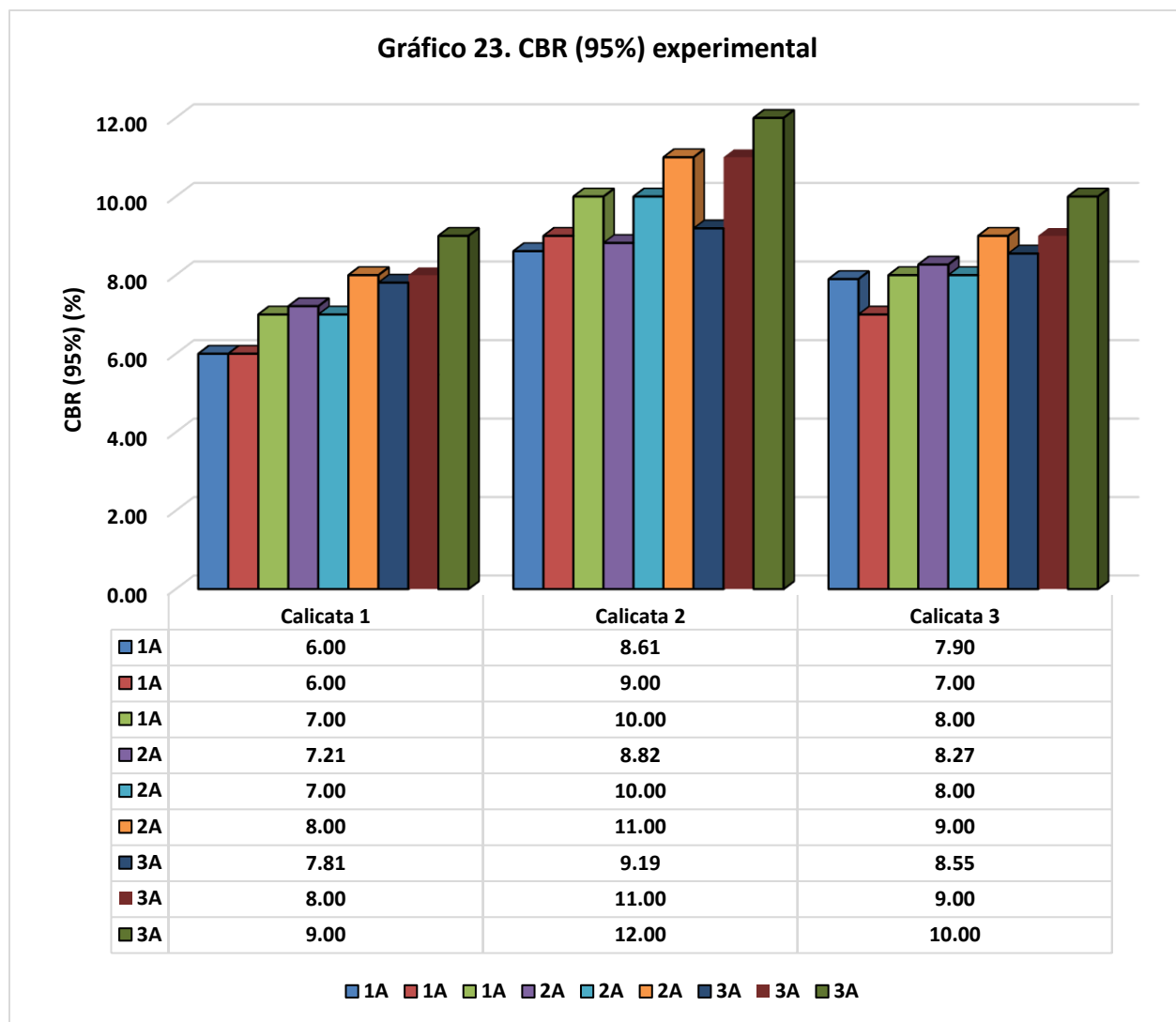
Grado de compactación experimental (capacidad de soporte)

Tabla 30. CBR (95%) experimental

Adición		CBR (95%) (%)		
		Calicata 1	Calicata 2	Calicata 3
1% C444 + 50 g (SD)	1A	6.00	8.61	7.90
	1A	6.00	9.00	7.00
	1A	7.00	10.00	8.00
2% C444 + 75 g (SD)	2A	7.21	8.82	8.27
	2A	7.00	10.00	8.00
	2A	8.00	11.00	9.00
3% C444 + 100 g (SD)	3A	7.81	9.19	8.55
	3A	8.00	11.00	9.00
	3A	9.00	12.00	10.00

Fuente: Elaboración propia.

La muestra 2 de la calicata N° 01, experimentalmente bajo la 1^{era}, 2^{da} y 3^{era} adición, alcanzó un CBR al 95% de 6%, 6%, 7%, 7.21%, 7%, 8%, 7.81%, 8% y 9% respectivamente. El estrato 2 de la calicata N° 02, de 8.61%, 9%, 10%, 8.82%, 10%, 11%, 9.19%, 11% y 12%. La muestra 1 de la calicata N° 03, de 7.9%, 7%, 8%, 8.27%, 8%, 9%, 8.55%, 9% y 10%.



A continuación, en la tabla 31 se muestran los resultados generales de los ensayos químicos, físicos y mecánicos.

Tabla 31. Resumen de resultados generales

Calicata - Muestra	Propiedades químicas			Propiedades físicas							Propiedades mecánicas		
	Cloruros (mg Cl ⁻ /kg)	Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /kg)	Sales (mg/kg)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Clasificación SUCS	Humedad (%)	Sales (%)	Gravedad específica (g/cm ³)	MDS (g/cm ³)	OCH (%)	CBR (95%)
C1 - M1	-	-	-	47.07	26.60	20.47	CL	16.70	0.12	1.293	-	-	-
C1 - M2	352.588	2380.939	17680.000	51.13	26.32	24.81	CH	22.40	0.18	2.596	1.835	14.20	4.30
C1 - M2 (1 ^{era} ad.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.895	16.11	6.33
C1 - M2 (2 ^{era} ad.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.787	16.94	7.40
C1 - M2 (3 ^{era} ad.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.855	15.33	8.27
C2 - M1	-	-	-	50.45	25.74	24.70	CH	22.20	0.20	2.606	-	-	-
C2 - M2	168.067	351.833	4002.000	29.38	13.64	15.74	SC	11.80	0.03	2.672	1.876	14.60	5.80
C2 - M2 (1 ^{era} ad.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.871	16.44	9.20
C2 - M2 (2 ^{era} ad.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.884	16.25	9.94
C2 - M2 (3 ^{era} ad.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.896	12.86	10.73
C3 - M1	1020.408	1467.821	17508.000	46.94	27.23	19.70	CL	17.10	0.15	1.319	1.723	21.60	4.80
C3 - M1 (1 ^{era} ad.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.845	16.61	7.63
C3 - M1 (2 ^{era} ad.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.891	16.28	8.42
C3 - M1 (3 ^{era} ad.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.910	16.16	9.18

Fuente: Elaboración propia.

Dosis óptima experimental

La muestra 2 de la calicata 2, clasificada como arena arcillosa (SC), presenta un CBR de 5.80% en condiciones naturales, que se eleva a 10.73% al agregar combinadamente los catalizadores bajo la 3era ad. Una adición del 3% C444 en 100 g de SD, con DMS de 1.896 g/cm³ y OCH de 12.86%, mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Venezuela, cuadra 14 del DJLO. Los catalizadores pueden aumentar el CBR del suelo hasta un 9.96%.

Costo de estabilización convencional y óptima experimental

Según lo obtenido, se procedió a realizar el costo por m² de estabilización experimental para subrasante bajo la 3^{era} adición de 3% C444 + 100 g (SD), siendo de S/.51.99, respecto al de una estabilización convencional de S/.64.54. A continuación se describe el detalle de la evaluación económica correspondiente.

Costo unitario estabilización convencional = S/. 64.54

01.01 Trazo y replanteo durante la obra						
m ² /DÍA	800.0000	EQ.	800.0000	Costo unitario directo por: m ²		1.28
Descripción		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
Topógrafo		hh	1.0000	0.0100	16.74	0.17
Oficial		hh	2.0000	0.0200	13.18	0.26
Peón		hh	4.0000	0.0400	11.96	0.48
Total mano de obra (S/.)						0.91
Materiales						
Yeso de 28 kg		bol	-	0.0100	10.00	0.10
Wincha		und	-	0.0020	3.00	0.01
Estaca de madera		p2	-	0.0100	2.00	0.02
Total materiales (S/.)						0.13
Equipos						
Herramientas manuales		%mo	-	0.0300	0.91	0.03
Teodolito		hm	1.0000	0.0100	12.00	0.12
Nivel		hm	1.0000	0.0100	10.00	0.10
Total equipos/herramientas (S/.)						0.25
01.02 Corte a nivel de subrasante con maquinaria						
m ² /DÍA	350.0000	EQ.	350.0000	Costo unitario directo por: m ³		6.21
Descripción		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
Capataz		hh	0.5000	0.0114	18.41	0.21
Peón		hh	1.0000	0.0229	11.96	0.27
Total mano de obra (S/.)						0.48
Equipos						
Herramientas manuales		%mo	-	0.0300	0.48	0.01
Tractor de orugas de 140-160 HP		hm	1.0000	0.0229	250.00	5.71
Total equipos/herramientas (S/.)						5.73
01.03 Perfilado y compactado de subrasante						
m ² /DÍA	1,200.0000	EQ.	1,200.0000	Costo unitario directo por: m ²		3.57
Descripción		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
Capataz		hh	0.1000	0.0007	18.41	0.01
Peón		hh	2.0000	0.0133	11.96	0.16
Total mano de obra (S/.)						0.17
Equipos						
Herramientas manuales		%mo	-	0.0030	0.17	0.001
Camión cisterna 4X2 (AGUA) 1,500 gal.		hm	1.0000	0.0067	130.00	0.867
Rodillo liso vibr. autop 70-100 HP 7-9 T.		hm	1.0000	0.0067	160.00	1.067
Motoniveladora de 125 HP		hm	1.0000	0.0067	220.00	1.467
Total equipos/herramientas (S/.)						3.40

01.04 Eliminación de material excedente							
m²/DÍA	335.0000	EQ.	335.0000	Costo unitario directo por: m²			12.23
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
Mano de obra							
Peón	hh	1.0000	0.0239	11.96	0.29		
Total mano de obra (\$/.)						0.29	
Equipos							
Camión volquete 10 M3.	hm	2.0000	0.0478	150.00	7.16		
Cargador s/lantas 125-155 HP 3 YD3.	hm	1.0000	0.0239	200.00	4.78		
Total equipos/herramientas (\$/.)						11.94	

01.05 Preparación de la subrasante c/equipo							
m²/DÍA	3,500.0000	EQ.	3,500.0000	Costo unitario directo por: m²			1.15
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
Mano de Obra							
Operario	hh	1.0000	0.0023	16.74	0.04		
Peón	hh	7.0000	0.0160	11.96	0.19		
Total mano de obra (\$/.)						0.24	
Equipos							
Camión cisterna (2,500 gal)	hm	1.0000	0.0023	100.00	0.23		
Rodillo liso vibr. autop 101-135HP 10-12T	hm	1.0000	0.0023	80.00	0.18		
Motoniveladora de 130-135 HP	hm	1.0000	0.0023	220.00	0.50		
Total equipos/herramientas (\$/.)						0.91	

01.06 Conformación de subrasante							
m²/DÍA	1,380.0000	EQ.	1,380.0000	Costo unitario directo por: m²			40.09
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
Mano de Obra							
Capataz	hh	1.0000	0.0058	18.41	0.11		
Peón	hh	6.0000	0.0348	11.96	0.42		
Total mano de obra (\$/.)						0.52	
Materiales							
Piedra over	m3	-	1.11	33.00	36.54		
Agua	m3	-	0.0177	3.00	0.05		
Total materiales (\$/.)						36.59	
Equipos							
Herramientas manuales	%mo	-	0.0300	0.52	0.02		
Camión cisterna 4X2 (AGUA) 1,500 gal.	hm	1.0000	0.0058	130.00	0.75		
Rodillo liso vibr. autop 70-100 HP 7-9 T.	hm	1.0000	0.0058	160.00	0.93		
Motoniveladora de 125 HP	hm	1.0000	0.0058	220.00	1.28		
Total equipos/herramientas (\$/.)						2.97	

Costo unitario estabilización experimental (3^{era} adición) = S/. 51.99

02.01 Trazo y replanteo durante la obra						
m ² /DÍA	800.0000	EQ.	800.0000	Costo unitario directo por: m ²		1.28
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
Topógrafo	hh	1.0000	0.0100	16.74	0.17	
Oficial	hh	2.0000	0.0200	13.18	0.26	
Peón	hh	4.0000	0.0400	11.96	0.48	
Total mano de obra (S/.)					0.91	
Materiales						
Yeso de 28 kg	bol	-	0.0100	10.00	0.10	
Wincha	und	-	0.0020	3.00	0.01	
Estaca de madera	p2	-	0.0100	2.00	0.02	
Total materiales (S/.)					0.13	
Equipos						
Herramientas manuales	%mo	-	0.0300	0.91	0.03	
Tedolito	hm	1.0000	0.0100	12.00	0.12	
Nivel	hm	1.0000	0.0100	10.00	0.10	
Total equipos/herramientas (S/.)					0.25	

02.02 Corte a nivel de subrasante con maquinaria						
m ² /DÍA	350.0000	EQ.	350.0000	Costo unitario directo por: m ²		6.21
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
Capataz	hh	0.5000	0.0114	18.41	0.21	
Peón	hh	1.0000	0.0229	11.96	0.27	
Total mano de obra (S/.)					0.48	
Equipos						
Herramientas manuales	%mo	-	0.0300	0.48	0.01	
Tractor de orugas de 140-160 HP	hm	1.0000	0.0229	250.00	5.71	
Total equipos/herramientas (S/.)					5.73	

02.03 Perfilado y compactado de subrasante						
m ² /DÍA	1,200.0000	EQ.	1,200.0000	Costo unitario directo por: m ²		3.57
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
Capataz	hh	0.1000	0.0007	18.41	0.01	
Peón	hh	2.0000	0.0133	11.96	0.16	
Total mano de obra (S/.)					0.17	
Equipos						
Herramientas manuales	%mo	-	0.0030	0.17	0.001	
Camión cisterna 4X2 (agua) 1,500 gal.	hm	1.0000	0.0067	130.00	0.867	
Rodillo liso vibr autop 70-100 HP 7-9 T.	hm	1.0000	0.0067	160.00	1.067	
Motoniveladora de 125 HP	hm	1.0000	0.0067	220.00	1.467	
Total equipos/herramientas (S/.)					3.40	

02.04 Eliminación de material excedente							
m²/DÍA	335.0000	EQ.	335.0000	Costo unitario directo por: m²			12.23
Descripción		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de obra							
Peón		hh	1.0000	0.0239	11.96	0.29	
Total mano de obra (\$/.)						0.29	
Equipos							
Camión volquete 10 M3.		hm	2.0000	0.0478	150.00	7.16	
Cargador s/lantas 125-155 HP 3 YD3.		hm	1.0000	0.0239	200.00	4.78	
Total equipos/herramientas (\$/.)						11.94	

02.05 Preparación de la subrasante c/equipo							
m²/DÍA	3,500.0000	EQ.	3,500.0000	Costo unitario directo por: m²			1.15
Descripción		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de obra							
Operario		hh	1.0000	0.0023	16.74	0.04	
Peón		hh	7.0000	0.0160	11.96	0.19	
Total mano de obra (\$/.)						0.24	
Equipos							
Camión cisterna (2,500 gal)		hm	1.0000	0.0023	100.00	0.23	
Rodillo liso vibr autop 101-135HP 10-12T		hm	1.0000	0.0023	80.00	0.18	
Motoniveladora de 130-135 HP		hm	1.0000	0.0023	220.00	0.50	
Total equipos/herramientas (\$/.)						0.91	

02.06 Conformación de subrasante							
m²/DÍA	1,380.0000	EQ.	1,380.0000	Costo unitario directo por: m²			27.54
Descripción		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de obra							
Capataz		hh	1.0000	0.0058	18.41	0.11	
Peón		hh	6.0000	0.0348	11.96	0.42	
Total mano de obra (\$/.)						0.52	
Materiales							
3% C444 + 100 g (SD)		m3	-	1.11	21.67	23.99	
Agua		m3	-	0.0177	3.00	0.05	
Total materiales (\$/.)						24.04	
Equipos							
Herramientas manuales		%mo	-	0.0300	0.52	0.02	
Camión cisterna 4X2 (AGUA) 1,500 gal.		hm	1.0000	0.0058	130.00	0.75	
Rodillo liso vibr autop 70-100 HP 7-9 T.		hm	1.0000	0.0058	160.00	0.93	
Motoniveladora de 125 HP		hm	1.0000	0.0058	220.00	1.28	
Total equipos/herramientas (\$/.)						2.97	

Tabla 32. Costo de estabilización convencional y experimental

Estabilización	P.U (\$/.)	Und
Convencional	64.54	m ²
3 ^{era} adición	51.99	m ²

Fuente: Elaboración propia.

Tramo de prueba experimental

Se procederá a presentar los resultados obtenidos del control de calidad, basado en el ensayo de densidad de campo mediante el cono de arena aplicado a la subrasante utilizando los catalizadores de penetración Consolid C444 y Solidry SD. Este análisis tiene como objetivo verificar la densidad máxima seca y el grado de compactación, asegurando así el cumplimiento de las especificaciones técnicas y proporcionando la mejor respuesta experimental, que a su vez validó los parámetros de densidad máxima seca y grado de compactación obtenidos. Se realizó la prueba de densidad de campo utilizando el método del cono de arena, y el punto de muestreo se situó en la avenida. Venezuela, Unidad No. 14 del DJLO.

El ensayo de densidad de campo permite comparar las densidades secas de obra con las del laboratorio. La densidad seca del campo se determina a partir de una prueba de laboratorio. Al comparar las densidades, se obtiene el grado de compactación, que es el porcentaje entre la densidad seca del campo y la densidad máxima del laboratorio.

El control de compactación en subrasante se basó en la densidad in situ, conforme a NTP 339.143 y ASTM D1556, usando 2 puntos para 4 m². Basado en la MDS de 1.702 g/cm³ y el OCH de 15.41% del laboratorio, con la 3ra adición de 3% C444 100 g (SD) sobre arena arcillosa (SC).

En primer lugar, se escarificó la subrasante a una profundidad de 0.20 m, para lo cual se perfiló el área de 4 m², correspondientes a 1.00 m de ancho x 4.00 m de largo. Una vez habilitada la excavación, se procedió a mezclar el suelo natural extraído con los catalizadores, bajo la 3^{era} adición (3% C444 + 100 g SD), para lo cual, se tuvo presente el siguiente cálculo antes del relleno, conformación y compactación del área estabilizada:

- ✓ Volumen de excavación = $4.00 \text{ m}^2 \times 0.20 \text{ m} = 0.80 \text{ m}^3$
- ✓ Gravedad específica de la C2 – M2 = $2.672 \text{ g/cm}^3 = 2672.00 \text{ kg/m}^3$
- ✓ Volumen efectivo por gravedad específica = $2672.00 \text{ kg/m}^3 * 0.80 \text{ m}^3 = 2137.60 \text{ kg}$
- ✓ Peso efectivo por área total = $2137.60 \text{ kg}/4.00 = 534.40 \text{ kg}$
- ✓ Cantidad de consolid C444 (3%) = $534.40 \text{ kg} * 0.03 = 16.032 \text{ L} \approx 16.05 \text{ L}$.
- ✓ Cantidad de solidry SD (C444 +100 g) = $16.05 \text{ kg} + 0.10 \text{ kg} = 16.15 \text{ kg}$

Una vez determinada las cantidades de incorporación, se mezcló de forma homogénea y se procedió a rellenar, conformar y compactar en dos capas de 0.10 m. A continuación, se muestran los valores correspondientes a este acápite:

Tabla 33. Densidad de campo

Fecha	MDS	OCH	Grado de compactación	Especificación	Condición
15/03/2025	1.704 g/cm ³	15.30%	100.10%	95.00%	APTO
15/03/2025	1.698 g/cm ³	15.20%	99.80%	95.00%	APTO

Fuente: Elaboración propia.

Por ende, el control de calidad cumplió con los parámetros de estudio, ya que la MDS, OCH y grado de compactación de campo fueron superiores al de laboratorio, comprobándose, que los catalizadores de penetración otorgan verdaderamente, una mejor respuesta mecánica de aumento , de la capacidad de soporte de suelos arcillosos con napa freática alta.

Discusión

Según el primer objetivo específico, de evaluar las características mecánicas básicas del suelo en algunas calles del distrito de José Leonardo Ortiz, los resultados obtenidos en las tablas 25, 26 y 27, corresponden a valores de MDS, OCH y CBR al 95% de compactación, de 1.835 g/cm^3 , 14.20% y 4.30% (calicata 1 – muestra 2), 1.876 g/cm^3 , 14.60% y 5.80% (calicata 2 – muestra 2) y de 1.723 g/cm^3 , 21.60% y 4.80% (calicata 3 – muestra 1), los cuales, al ser comparados con los resultados obtenidos por Díaz (2023), en su tesis titulada: “Aplicación de nanoestabilizador con catalizadores de penetración como estabilizador de suelos para pavimentos en la región Lambayeque”, concluye que el valor promedio de MDS, OCH y CBR al 95% de compactación en el distrito de José Leonardo Ortiz, fueron de 1.701 g/cm^3 , 14.77% y 5.29%, siendo estos, cercanos a los valores promedio obtenidos de 1.811 g/cm^3 (MDS), 16.80% (OCH), 4.97% (CRB al 95%), en 1.065%, 1.137%, 1.064%, respectivamente, por lo que se reafirma que las vías de estudio del distrito de José Leonardo Ortiz, son de baja capacidad de soporte. Cabe resaltar, que la NTP CE.020 (2018), establece que un suelo no requiere estabilizarla, siempre y cuando, el valor promedio de CBR sea mayor a 6.00%, y conforme a lo obtenido, las vías en estudio necesitan ser estabilizadas, ya que el CBR promedio fue de 4.97%, siendo menor a 6.00%.

De acuerdo el segundo objetivo específico, de realizar la caracterización física de las muestras extraídas de suelo en estado natural, los resultados obtenidos en las tablas 18, 19, 20, 21 y 22, denotaron, que las vías presentan 3 tipos de arcillas, las cuales fueron clasificadas como CL (40%), CH (40%) y SC (20%), con un LL mínimo de 29.38% y un máximo de 51.13%, LP de 13.64% y 27.23%, IP de 15.74% y 24.81%. A su vez, una humedad mínima de 11.80% y 22.40%, los cuales, al ser comparados con los resultados obtenidos por Ccoecca & Llaguento (2022), en su tesis titulada: “Estabilización de suelos con cloruro de sodio, para base y subbase en carreteras de tercera clase con fines de pavimentación - Lambayeque”, concluyen que determinaron 2 tipos de suelos, los cuales fueron clasificados como SP – SM (33.33%) y SC (66.67%), con LL mínimo de 20.05% y un máximo de 42.80%, LP de 15.52% y 22.54%, IP de 1.50%, y 20.26%.

A su vez, un contenido de humedad de 1.35% y 2.30%, cuyas características fueron próximas, dado que básicamente, los límites de consistencia de los tipos de suelos que evaluaron, variaron promediamente en 1.281%, 1.074% y 1.864%, respectivamente, por lo que se reafirma que los estratos del suelo Lambayecano, son variables, donde la caracterización física, depende exclusivamente del IP. Además, Montejo (2019), enfatiza que la caracterización física de una subrasante, varía entre sí, por el IP y contenido de humedad de cada tipo de suelo.

En base al tercer objetivo específico, de cuantificar la concentración de sales, cloruros y sulfatos presentes en el suelo, los resultados obtenidos en las tablas 15, 16 y 17, evidencian concentraciones de cloruros de 352.59 mgCl⁻¹/kg (calicata 1 – muestra 2), 168.07 mgCl⁻¹/kg (calicata 2 – muestra 2), 1020.41 mgCl⁻¹/kg (calicata 3 – muestra 1), cuya condición fue de moderada a severa (> 300.00 – >1000.00 mgCl⁻¹/kg). Del mismo modo, concentraciones de sulfatos de 2380.94 mgSO₄⁻¹/kg (calicata 1 – muestra 2), 351.83 mgSO₄⁻¹/kg (calicata 2 – muestra 2), 1467.82 mgSO₄⁻¹/kg (calicata 3 – muestra 1), cuya condición fue de leve a moderada (> 200.00 – >2000.00 mgSO₄⁻¹/kg). A su vez, concentración de sales solubles de 17680 mg/kg (calicata 1 – muestra 2), 4002.00 mg/kg (calicata 2 – muestra 2), 17508.00 mg/kg (calicata 3 – muestra 1), cuya condición fue de moderado a severo (> 2000.00 – >15000.00 mg/kg), los cuales, al ser comparados con los resultados obtenidos por Ccoecca & Llaguento (2022), en su tesis titulada: “Estabilización de suelos con cloruro de sodio, para base y subbase en carreteras de tercera clase con fines de pavimentación - Lambayeque”, concluyen que las concentraciones de sales solubles en las muestras naturales, fueron de 0.006% y 0.005%, siendo estas, inferiores a las obtenidas de 0.18%, 0.03% y de 0.15% en 30% y 6%, respectivamente. Cabe precisar, que los autores señalaron que no encontraron napa freática en su exploración de suelos, por lo que despreciaron determinar la concentración de cloruros y sulfatos, pero sin embargo, es necesario señalar, que es de suma importancia la determinación de estas concentraciones, dado que las vías en algún momento serán pavimentadas, ya sea mediante pavimentación flexible o rígida, cuyos factores inciden en la respuesta mecánica de las capas del pavimento, como también, en los diseños de mezclas asfálticas y de concreto.

Por lo que también, de acuerdo a los criterios técnicos del MTC (2016), las concentraciones químicas del suelo infieren directamente en el comportamiento mecánico de la subrasante y del pavimento, el cual, según la concentración presente en el estrato (leve, moderado o severo), recomiendan la impermeabilización de las mismas, mediante técnicas como geomallas, geotextiles, geomembranas, etc., siempre y cuando, exista napa freática, y, a su vez, mencionan que las concentraciones de sales solubles, no deben superar el 1%.

Respecto al cuarto objetivo específico, de determinar la máxima densidad seca, grado de compactación y CBR para las muestras convencionales y experimentales, los resultados convencionales obtenidos en las tablas 25, 26 y 27, precisan una MDS mínima y máxima de 1.723 g/cm^3 y 1.876 g/cm^3 , Del mismo modo, un OCH de 14.20 y 21.60%, mientras que el CBR al 95%, de 4.30% y 5.80%. En cambio, las tablas 28, 29 y 30, experimentalmente, según la 1^{era}, 2^{da} y 3^{era} ad., se determinaron CBR (95%) de 6.33%, 7.40% y 8.27% (punto 1). En el punto 2 de 9.20%, 9.94% y 10.73%. En cuanto al punto 3, de 7.63%, 8.42% y 9.18%, cuyo aumento fue progresivo cuando se aumenta el porcentaje de adición de los catalizadores, los cuales varían en 1.36%, 1.18% y 1.15%. La mínima MDS fue de 1.787 g/cm^3 (2^{da} ad.), y una máxima de 1.91 g/cm^3 (3^{era} ad.). El mínimo OCH de 12.86% (3^{era} adición) y el máximo de 16.94% (2^{da} adición). Concerniente a la influencia de los catalizadores de penetración sobre arcillas con napa freática alta, de acuerdo a las adiciones estudiadas, se determinaron CBR (95.00%) en la calicata 1 de 6.00%, 7.00%, 7.21%, 7.81%, 8.00% y 9.00%. En la calicata 2: 8.61%, 8.82%, 9.00%, 9.19%, 10.00%, 11.00% y 12.00%, mientras que en la calicata 3: 7.00%, 7.90%, 8.00%, 8.27%, 8.55%, 9.00% y 10.00%, cuya comparativa con los CBR convencionales de 4.30%, 5.80% y 4.80%, mejoran en promedio en 1.71%, 1.72%, y 1.75%, donde el valor máximo promedio hallado fue de 10.73%, respecto al CBR inicial promedio de 4.97%, variando positivamente en 2.16%, los cuales al ser comparados con los resultados obtenidos por Jácome & Ortiz (2022), en su artículo titulado: “Estabilización de un suelo de subrasante de carretera con el sistema Consolid”, concluyen que determinaron un suelo tipo MH, cuyo CBR al 95% promedio fue de 2.12%, el cual varía al obtenido promedio de 4.97% en 2.34%. A su vez, indicaron que bajo la adición de 0.032% C444 y 1.50% SD, el CBR experimental al 95%, aumento en promedio a 20.00%, el cual fue superior al obtenido máximo 10.73% en 1.86%, respectivamente.

Con lo descrito, se reafirma que los catalizadores C444 y SD, mejoran la consistencia y agrupan de forma más uniforme las partículas finas de los suelos arcillosos con napa freática alta, cuya respuesta mecánica puede aumentar, siempre y cuando, la dosificación sea mucho mayor. Además, según el MTC (2016), el valor mínimo aceptable para CBR a nivel de subrasante es de 6%, cuya condición experimental es regular (8.57%), correspondiendo al rango de 6% a 10%.

En cuanto al quinto objetivo específico, de determinar la dosis óptima experimental bajo adición combinada de los estabilizadores, los resultados obtenidos de la tabla 31, estipula que la dosis óptima experimental fue bajo la 3^{era} adición (3% C444 + 100 g SD), el cual tuvo mayor desarrollo mecánico, dado que el CBR aumentó de forma creciente, cuyo valor promedio máximo fue de 10.73%, el cual, al ser comparado por los resultados obtenidos por Sanca (2020), en su tesis titulada: “Estudio de la estabilización de suelos para mejorar su capacidad portante aplicando cloruro de sodio y Sistema Consolid - Puente Piedra 2019”, concluye que tras evaluar la influencia de los catalizadores bajo adiciones de C444 a 0.0045% y SD a 1.25%, 1.75% y 1.90%, determinó que la dosis óptima de C444 a 0.0045% y SD a 1.25%, disminuye el índice de plasticidad a 8.16% y aumenta el CBR a 22.08%, respecto de las muestras convencionales, los cuales son superiores a los obtenidos en 1.84%. Del mismo modo, Díaz (2023), en su tesis titulada: “Aplicación de nanoestabilizador con catalizadores de penetración como estabilizador de suelos para pavimentos en la región Lambayeque”, concluye que alcanzó con la dosificación de 0.0045% C444 + 100 gr SD, un mejor desempeño, cuyos CBR al 95% fueron de 55.43%, 61.15% y 76.80%, respectivamente, los cuales son superiores a los obtenidos en 5.37%. De lo mencionado, se puede afirmar que para suelos SC, la respuesta mecánica aumenta, cuando la dosificación es menor, en cambio, para suelos arcillosos con napa freática alta, el CBR aumenta, a medida que las adiciones son mayores, por lo que la relación de mejora de la capacidad de soporte, es directamente proporcional. Además, Eren & Filiz (2009), mencionan los catalizadores Consolid incrementan considerablemente las propiedades iniciales del suelo, los cuales influyen positivamente en la mejora de la capacidad de soporte.

Concernientemente al sexto objetivo específico, de hallar el costo por m^2 de la estabilización experimental, respecto de la convencional, los resultados obtenidos de la tabla 32, estipula que el costo de estabilización tradicional con piedra over por m^2 , fue de S/.64.54; mientras que para la 3^{era} ad. (3.00% C444 + 100 g SD), de S/.51.99, los cuales, al ser comparados con los resultados obtenidos por Sanca (2020), en su tesis titulada: “Estudio de la estabilización de suelos para mejorar su capacidad portante aplicando cloruro de sodio y Sistema Consolid - Puente Piedra 2019”, concluye que bajo la influencia de la adición de C444 a 0.0045% y SD a 1.25%, obtuvo un costo de S/.123.46 por m^3 , respecto al convencional con cemento de S/. 135.31, que equivalentemente, bajo un rendimiento de $4 m^3/día$, el costo por m^2 sería de S/.92.60, siendo esta última aproximación, mayor a lo obtenido en 1.78%. De lo indicado, se puede afirmar que el uso de los catalizadores C444 y SD, representan una reducción significativa de los costos de producción, dado que su uso es de alto impacto y debe ser tomado en cuenta para próximas construcciones. Además, Villalobos & Guevara (2020), mencionan que el uso de los catalizadores Consolid pueden reducir los espesores del pavimento de entre 3 a 7 cm, el cual optimiza los costos de ejecución hasta en 18% para suelos arcillosos.

En el séptimo objetivo, se realizó un tramo de prueba de $4 m^2$, obteniendo un CBR máximo del 12.00% al 95% de compactación. Con ese valor, se realizó la prueba, con MDS de $1.702 g/cm^3$ y OCH de 15.41%. La comprobación experimental siguió un control de calidad mediante el método del cono de arena, obteniendo una MDS de 1.704 y $1.698 g/cm^3$, un OCH de 15.30 y 15.20%, y una compactación de 100.10 y 99.80%, comparados con la NTP 339.141 (2018), ASTM D6938 (2018) y MTC EM115 (2016), logran ser superiores a la especificación mínima requerida de 95%. De lo mencionado, se puede afirmar que el resultado obtenido en laboratorio respecto al de in situ, varía ligeramente en 1.05%, de igual forma, la MDS fue similar en 0.01% (0.002 y $0.004 g/cm^3$). A su vez, el OCH disminuye en 0.11 y 0.21%, la medición de densidad de campo coincidió con la adición óptima. Además, Qipei (2015), enfatiza, que pese al deficiente nivel de servicio de una vía, los catalizadores C444 y SD, otorgan un buen comportamiento mecánico, siendo ideales para la construcción.

Conclusiones

De la caracterización mecánica de las muestras de suelo en estado natural, pertenecientes a las calles Atahualpa cuadra N° 09, Av. Venezuela cuadra N° 14 y Av. Panamá cuadra N° 14, se obtuvo un valor promedio de MDS de 1.811 g/cm^3 , un OCH de 16.80% y un CBR al 95% de 4.97%.

Se obtuvieron clasificaciones SUCS de CL, CH y SC con LL entre 29.38% y 51.13%. Un LP de 13.64% y 27.23% y un IP de 15.74% y 24.81%, con ventas de 0.03% y 0.20%. Humedad del 11.80% y 22.40%. La gravedad específica es de 1.293 y 2.672 g/cm^3 .

Según resultados del laboratorio de la FIQIA – UNPRG, la caracterización química de las muestras de suelo en estado natural, arrojaron valores de concentración de sales solubles de 17680.00, 4002.00 y 17508 mg/kg. En cuanto a cloruros, de 352.588, 168.067 y 1020.408 mg Cl^- /kg, mientras que, de sulfatos, cantidades de 2380.939, 351.833 y 1467.821 mg SO_4^{2-} /kg, respectivamente.

Las MDS obtenidas tuvieron densidades de 1.835, 1.876 y 1.723 g/cm^3 , OCH de 14.20%, 14.60% y 21.60%, y CBR al 95% de 4.30%, 5.80% y 4.80%, con un promedio de 4.97%, inferior al mínimo de 6%, lo que justifica su estabilización. Con los catalizadores Consolid C444 y SD, la 1era ad. alcanzó una MDS promedio de 1.870 g/cm^3 , 16.39% de OCH y un CBR al 95% de 7.72%. A la 2da ad., MDS: $1,854 \text{ g/cm}^3$, 16.49% también, CBR 95%: 8,59%. En la tercera ad., MDS de 1.887 g/cm^3 , 14.783% OCH y CBR al 95% de 9.39%.

En función de los resultados mecánicos experimentales obtenidos, la 3^{era} ad., es la más óptima, mejorando en 12.00% la capacidad de soporte de las vías en estudio.

En base al análisis de costos unitarios por m^2 , la estabilización convencional con piedra over, tuvo un monto de S/.64.54, mientras que bajo la 3^{era} adición (3% C444 + 100 g SD), el costo de S/.51.99, siendo más económica que la tradicional en 1.24%.

Del tramo de prueba experimental para 4 m^2 , bajo la 3^{era} adición en la calicata 2, se determinó in situ una MDS de 1.704 y 1.698 g/cm^3 , un OCH de 15.30 y 15.20% y una compactación de

100.10 y 99.80%, los cuales difieren de los obtenidos en el laboratorio en 0.01%, 0.16% y 1.05%, los cuales, según parámetros de las normas, son superiores, siendo aceptables.

Recomendaciones

Los materiales y muestras que se emplearán deben ser identificados de manera adecuada en el laboratorio, evitando un enfoque empírico, dado que esta selección impacta en la determinación de las propiedades del suelo y puede influir de manera directa en su resistencia y durabilidad.

Ahondar más los estudios de estabilización de suelos arcillosos con napa freática alta, bajo el sistema Consolid (C444) y Solidry (SD), con adiciones mayores en 3% y 100 g, respectivamente, con el fin de que puedan determinarse los comportamientos mecánicos de mejora o disminución de la capacidad de soporte en los tipos de suelos ya estudiados.

Realizar pruebas de corte directo y triaxiales para mejorar las características mecánicas del ángulo de cohesión y rozamiento con diferentes muestras de catalizadores de penetración, para subrasantes arcillosas con napa freática alta.

Comprobar los resultados obtenidos, dado que la concentración de sales, cloruros y sulfatos de los estratos de suelo son variados, por lo que dichas resultantes pueden diferir entre sí.

Referencias

- [1] Sanca Quispe, J. “*Estudio de la estabilización de suelos para mejorar su capacidad portante aplicando cloruro de sodio y Sistema Consolid - Puente Piedra 2019*”. UCV. Lima, Perú. 2020. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/50836>
- [2] Diaz Flores, I. P. “*Aplicación de nanoestabilizador con catalizadores de penetración como estabilizador de suelos para pavimentos en la región Lambayeque*”. USS. Chiclayo, Perú. 2023. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/11082>
- [3] Jácome Macias, G. & Ortiz Hernández, E. “*Estabilización de un suelo de subrasante de carretera con el sistema Consolid*”. Ingeniar. 2022. <https://doi.org/10.46296/ig.v5i10edespag.0061>
- [4] Y. Liu, Y. Yang, Y. Dong, Y. Lv, D. Wang & L. Qi, “*Mechanical properties and microstructure characteristics of the loess modified by the Consolid system*”. Hindawi. 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/1628985>
- [5] Abisha, M & J. José. “*Experimental investigation on soil stabilization technique by adding nano aluminium oxide additive in clay soil*”. Matéria. 2023. <https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2022-0272>
- [6] Sánchez. R. “*Evaluación de la capacidad portante del suelo estabilizado mediante el ensayo de corte directo en la Habilitación Urbana Consuelito, Chiclayo*”. Chiclayo, 2021. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/91568>
- [7] Ccoecca, E. & Llaguento, K. “*Estabilización de suelos con cloruro de sodio, para base y subbase en carreteras de tercera clase con fines de pavimentación - Lambayeque*”. Chiclayo, 2022. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/105103>
- [8] Díaz, J. “*Estudio de estabilización de suelos con el sistema Consolid para mejorar el camino vecinal Yántalo - C.P.M. Buenos Aires, Moyobamba - San Martín, 2016*”. Tarapoto, 2018. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/25535>
- [9] Qipei, J. “*Patente para suelo estabilizado CONSOLID, así como el método de preparación y aplicación de suelo estabilizado CONSOLID*”. 2015.

- [10] Eren, S. & Filiz, M. "Comparing the conventional soil stabilization methods to the Consolid system used as an alternative admixture matter in Isparta Dardere material". Construction and Building Materials. 2009. <https://doi.10.1016/j.conbuil dmat.2009.01.002>
- [11] Guerrero, C. & Cruz, L. "Estudio experimental de clasificación de suelos derivados de cenizas volcánicas en el suroccidente colombiano con el método SUCS, el AASHTO y un nuevo método de clasificación de suelos". Ingeniería y Desarrollo. 2018.
- [12] Mendizabal, K. "Adición del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelo arcilloso, Chilca". Huancayo, 2018.
- [13] Hernández-Sánchez, J., Figueroa Sandoval, B. & Martínez, M. "Propiedades físicas del suelo y su relación con la plasticidad en un sistema bajo labranza tradicional y no labranza". Revista mexicana de ciencias agrícolas. 2019.
- [14] Albites J. "Estudio de suelos". Suelos. 2010.
- [15] Marcial, D. & Landaeta, R. "Diseño de un dispositivo para la medición de la presión de expansión en suelos arcillosos". Boletín Técnico. 2008.
- [16] Montejó, A. "Estabilización de suelos". Ediciones de la U. 2019.
- [17] Alarcón, J., Jiménez, M. & Benitez, R. "Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso". Revista ingeniería de construcción. 2020.
- [18] Flores, I., Castro, I., García, J. & González, Y. "Influencia de la permeabilidad del suelo no saturado en los taludes de presas de tierra". Ingeniería Hidráulica y Ambiente. 2019.
- [19] Rondón, H. & Reyes, F. "Pavimentos: materiales, construcción y diseño". Ecoe Ediciones. Bogotá, Colombia. 2015.
- [20] More, S. & Ydrogo, E. "Estabilización de la subrasante en suelos adicionando la resina de plátano en el tramo Cacatachi - Chirapa, 2019". Tarapoto, 2019.
- [21] Villalobos, J. & Guevara, J. "Análisis de los estabilizadores químicos Consolid, proes y Conaid en resistencia y economía empleados en suelos arcillosos como propuesta para la mejora de la subrasante en las vías de accesos Asociación María Magdalena, Lurigancho - Chosica". Lima, 2020.

- [22] Afrin, H. A. "Review on different types soil stabilization techniques". International Journal of Transportation Engineering and Technology. 2017. <https://doi.10.11648/j.ijtet.20170302.12>
- [23] Afrin, H. "Stabilization of clayey soils using chloride components". American Journal of Civil Engineering. 2017. <https://doi.10.11648/j.ajce.20170506.18>
- [24] Aguirre, J. J. & Prado, M. "Estabilización de la subrasante en la vía Cuicocha – Apuela del km 32 al km 38, Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura, utilizando el sistema Consolid". PUCE. Ecuador, 2012. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/6424>
- [25] M. P. S.T. Anupiya, M. Saberian, J. Zhu, J. Li and R. Roychand, "Effect of crushed glass on the mechanical and microstructural behavior of highly expansive clay subgrade". Case Studies in Construction Materials, vol. 17, p. e01244, 2022.
- [26] B. Pushpakumara and W. Mendis, "Suitability of Rice Husk Ash (RHA) with lime as a soil stabilizer in geotechnical applications". International Journal of Geo-Engineering, vol. 13, no. 1, 2022.
- [27] Olivares Guzmán, J. Y. y Urbina Silva, S. N. "Propiedades Microestructurales y Mecánicas de Suelos Adicionando Cenizas de Cáscara de Arroz y Fibras de Plátano". USS. Chiclayo, Perú. 2023. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/11379>
- [28] Villanueva Meza, Cristian Deyvi. "Evaluación de la ceniza de carbón como aditivo estabilizador en suelos arcillosos con fines de pavimentación". USS. Chiclayo, Perú. 2023. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/10490>

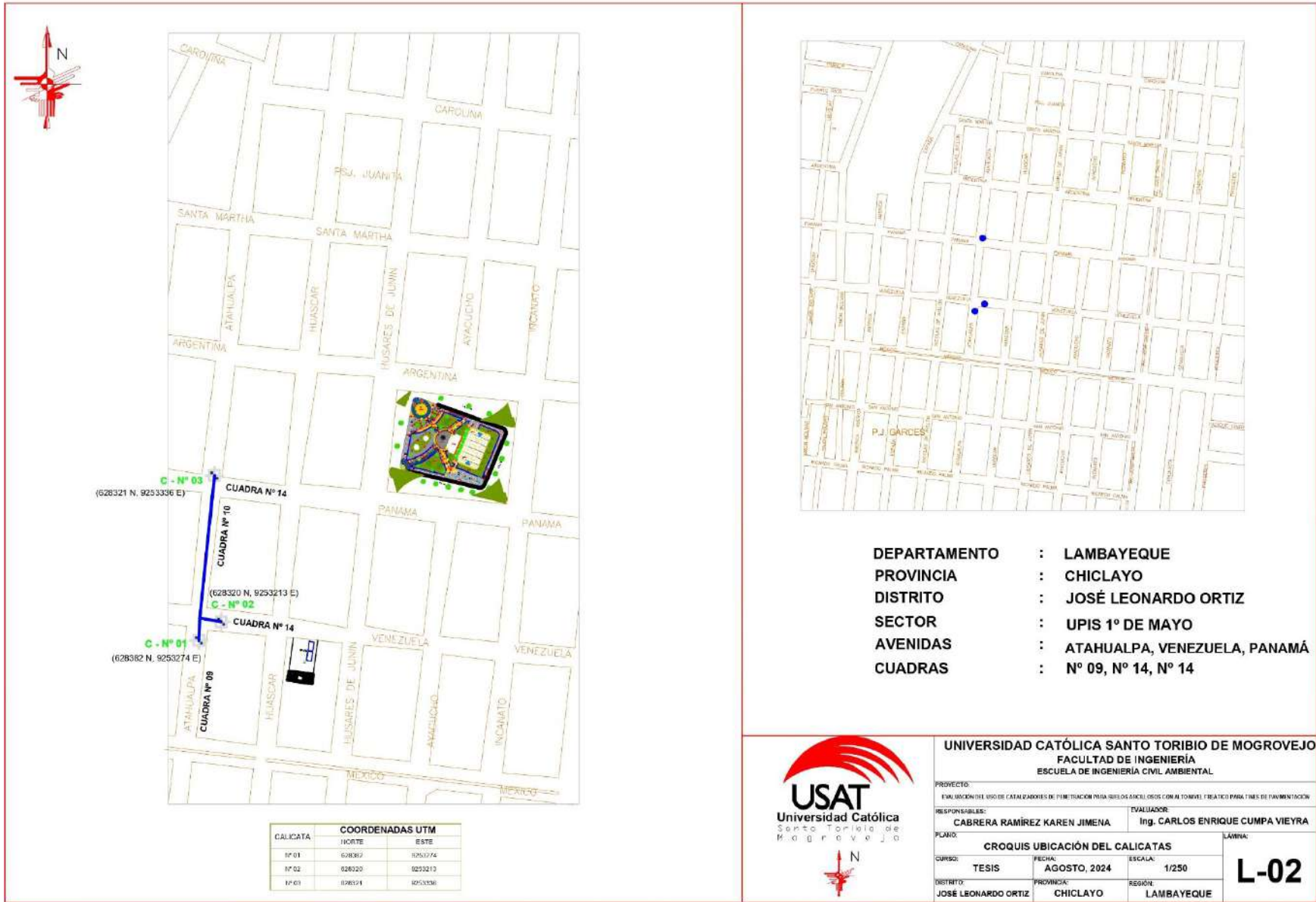
- [29] Surco Bocanegra, Y. F. “*Estabilización de suelos con emulsión asfáltica y tereftalato de polietileno con fines en carretera no pavimentada*”. USS. Chiclayo, Perú. 2022. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/10429>
- [30] Juárez Badillo, E. “*Mecánica de suelos 1: Fundamentos de la mecánica de suelos*”. Editorial Limusa (3^{ra} edición). DF, México. 2005.
- [31] Rucks, Garcia, Kaplán, Ponce de León & Hill. “*Propiedades físicas del suelo*”. Universidad de la República - Facultad de agronomía. Uruguay, 2004
- [32] Ministerio de Transportes y Comunicaciones. “*Manual de ensayo de materiales*”. (MTC, Ed.) (MC-06-16)”. Lima, Perú. 2016.
- [33] Ministerio de Transportes y Comunicaciones. “*Suelos, geología, geotecnia y pavimentos: sección suelos y pavimentos*”. (MTC, Ed.) (MC-05-14)”. Lima, Perú. 2014.
- [34] Norma Técnica Peruana CE.010. “*Pavimentos urbanos*”. Reglamento Nacional de Edificaciones. Perú, 2018.
- [35] Norma Técnica Peruana E.050. “*Suelos y cimentaciones*”. Reglamento Nacional de Edificaciones. Perú, 2018.
- [36] Norma Técnica Peruana CE.020. “*Estabilización de suelos y taludes*”. Reglamento Nacional de Edificaciones. Perú, 2018.
- [37] CONSOLID. “*Ingeniería ambiental para la estabilización de suelos y construcción vial*”. CONSOLID. 2015. <https://www.sistemaconsolid.com/>

Anexos

Anexo 1. Plano de ubicación del proyecto



Anexo 2. Plano de ubicación de calicatas



DEPARTAMENTO : LAMBAYEQUE
PROVINCIA : CHICLAYO
DISTRITO : JOSÉ LEONARDO ORTIZ
SECTOR : UPIS 1° DE MAYO
AVENIDAS : ATAHUALPA, VENEZUELA, PANAMÁ
CUADRAS : N° 09, N° 14, N° 14

CALICATA	COORDENADAS UTM	
	NORTE	ESTE
N° 01	628320	9253274
N° 02	628320	9253213
N° 03	628321	9253336



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL			
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL USO DE CATALIZADORES DE FIBRACIÓN PARA SEÑALES ANULOSAS CON ALTO NIVEL DE TRÁFICO PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN			
RESPONSABLES: CABRERA RAMÍREZ KAREN JIMENA		EVALUADOR: Ing. CARLOS ENRIQUE CUMPA VIEYRA	
PLANO: CROQUIS UBICACIÓN DEL CALICATAS			
CURSO: TESIS	FECHA: AGOSTO, 2024	ESCALA: 1/250	L-02
DISTRITO: JOSÉ LEONARDO ORTIZ	PROVINCIA: CHICLAYO	REGIÓN: LAMBAYEQUE	



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

- LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS
- CONCRETO Y ASFALTO

INFORME N° LEM USAT 008-2025-I

FECHA: 20 de Mayo 2025

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: Cabrera Ramírez, Karen Jimena

TITULO DE LA TESIS: Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación.

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:

- Ensayos de cloruros.
- Ensayos de sales.
- Ensayo de sulfatos.
- Granulometría.
- Hidrometría.
- Contenido de Humedad.
- Gravedad Específica.
- Límites de atterberg en tierra natural y con adiciones de 1%C444+50gr, 2%C444+75gr,3%C444+100gr.
- Proctor modificado en tierra natural y con adiciones de 1%C444+50gr, 2%C444+75gr,3%C444+100gr.
- CBR con tierra natural y con adiciones de 1%C444+50gr, 2%C444+75gr,3%C444+100gr.
- Densidad In Situ con cono de arena.

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto

H.
Rivad
Obli
Tec. Laboratorio
U.S.A.T.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



EXPEDIENTE N°: 15032025 - LMSCEACH

INFORME DE ENSAYO

Pag.: 01 de 01

TESTISTAS: CABREIRA RAMIREZ KAREN JIMENA
PROYECTO: "EVALUACIÓN DEL USO DE CATALIZADORES DE PENETRACIÓN PARA SUELOS ARCILLOSOS CON ALTO NIVEL FREÁTICO PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN"
UBICACIÓN: CALLE VENEZUELA - CUADRA N°9, Distrito JLO, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque.
FECHA RECEPCIÓN: sábado, 15 de Marzo de 2025
FECHA DE EMISIÓN: sábado, 15 de Marzo de 2025

DETALLE DE LA ACTIVIDAD
 Hora de llegada a obra: 8:45 a. m.
 Inicio de actividad en campo: 8:47 a. m.
 Fin de actividad en campo: 9:49 p.m.

Designación: ASTM D1556/D1556M - 15^{ed}

DENSIDAD Y PESO UNITARIO DE SUELOS IN SITU POR EL MÉTODO DEL CONO - ARENA

DATOS DEL MATERIAL EVALUADO

Informe de ensayo No.:
 Descripción Visual: Arena pobremente gradada color gris.
 Norma de Ensayo y Método: ASTM D1557 (Método A)

P.U Máximo (gr/cm³): 1.702
 Óptimo Contenido de Humedad (%): 15.41

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE ENSAYO:

Número de Ensayo	D-01	D-02				
Fecha de Ensayo	15/03/2025	15/03/2025				
Ubicación de las pruebas / Coordenadas UTM:	E: 628326 N: 9253213	E: 628323 N: 9253212				
Identificación de capa	Terreno Natural	Terreno Natural				
Espesor de capa (m)	0.20	0.20				
Otra identificación	DERECHO	DERECHO				

DATOS DE CAMPO y DE LABORATORIO:

1.- Masa de frasco + arena calibrada (g)	8,253	8,245				
2.- Masa de frasco + arena que queda (g)	2,864	3,054				
3.- Masa de arena en el cono + placa (g)	1,573	1,573				
4.- Densidad de la arena (g/cm ³)	1.42	1.42				
5.- Volumen total extraído (cm ³)	2687	2548				
6.- Masa del suelo extraído húmedo (g)	5,279	4,984				
7.- Masa del recipiente (g)	25	25				
8.- Masa del material retenido (g) No. 4	0	0				
9.- Masa de suelos extraído (g)	5,254	4,959				

CÁLCULO DE DENSIDADES

10.- Densidad húmeda del Suelos in-situ (g/cm ³)	1.964	1.956				
11.- Humedad del suelo con el uso del SPEEDY (%)	15.3	15.2				

CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E 108):

15.- Densidad Seca In-situ (g/cm ³)	1.704	1.698				
---	-------	-------	--	--	--	--

CONTROL DE COMPACTACIÓN

14.- Grava sobretamaño (g)	0.0	0.0				
15.- Máxima densidad seca (gr/cm ³): D4718	1.702	1.702				
17.- Compactación alcanzada (%)	100.1	99.8				
17.- Criterio de aceptación del cliente (%)	95.0	95.0				
18.- Conclusión (Aprobado / Recompactar)	Aprobado	Aprobado				

IDENTIFICACIÓN DE EQUIPAMIENTO EMPLEADO

ID Equipo cono - arena:	CON-001	Tamiz 3/4 in.:	T-05	ID Speedy:	S-001
ID Balanza:	B-01	Tamiz 3/8 in.:	T-08	Tamiz No. 10:	T-11
ID Lote de arena:	ARE-05	Tamiz No. 4 in.:	T-05	Tamiz No. 20:	T-12

OBSERVACIONES:

- Humedad determinada con Speedy

Ronald Miguel Ventura Cabanillas
INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 144953

Henry Rivadeneira Oblitas
USAT
 Universidad Católica del Perú

LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO

Jorge Amibal Mamapasca
JORGE AMIBAL MAMAPASCA
 T.E.C. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Volumen mínimo de hoyo según el T.M.

1 1/2 in.	2 830 cm ³
1 in.	2 125 cm ³
1/2 in.	1 415 cm ³



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS



REPORTE DE ANÁLISIS N° 076 - FIQA

1. DATOS DE CLIENTE : KAREN JIMENA CABRERA RAMIREZ
 2. NOMBRE DEL PROYECTO : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para suelos arcillos con alto nivel freático para fines de pavimentación.

3. DATOS DE LA MUESTRA

- Número de muestras : 3
- Tipo de muestra : suelos
- Nombre de la muestra : C1M2 / C2M2 / C3M2

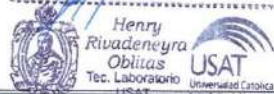
4. RESULTADOS DE ANÁLISIS

PARAMETRO	C1M2	C2M2	C3M2	METODO
Cloruros (mg Cl ⁻¹ / Kg)	352.588	168.067	1020.408	NTP 339.177 (2002). Suelos. Determinación de Cloruros
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² / Kg)	2380.939	351.833	1467.821	NTP 339.178 (2002). Suelos. Determinación de Sulfatos
Sales Solubles (mg/Kg)	17680	4002	17508	NTP 339.152 (2002). Suelos. Determinación de Sales Solubles

5. ALCANCE

- Según norma las muestras de suelos fueron secadas a temperatura de 75°C por 24 horas, posteriormente molidas y tamizadas a malla 50, para su respectivo análisis.

Firma		Firma	 Cristian David Visconde Beltrán INGENIERO QUÍMICO REG. CHP. 111172-
Analista	Marilyn Catherine Quinteros Vilchez	V°B°	Ing. Cristian David Visconde Beltrán
Fecha de Reporte		USAT 16 de julio del 2024	



TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Agosto del 2024

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 suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 399.127: 1998

Calicata N°: 01

Muestra: M-1

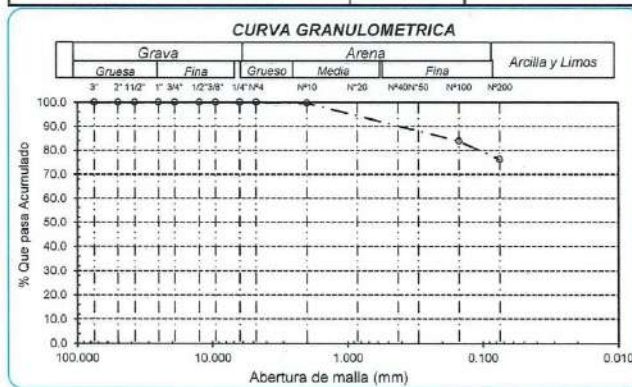
Profundidad: 0.20m. - 0.80m.

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	0.3	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



% Grava	G.G. %	0.0	0.0
	G. F. %	0.0	
% Arena	A. G. %	0.3	23.7
	A. M. %	2.3	
A. F. %	21.2		
% Arcilla y Limo	76.3	76.3	
Total	100.0	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	MALO



Determinar el contenido de humedad de un suelo

Humedad: 16.70%

contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

Sales: 0.12

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Agosto del 2024

ENSAYO : Peso específico relativo de sólidos (G_s)-Material que pasa la malla N° 4
 REFERENCIA : NTP 339.131 ASTM D - 854

Calicata: 01 Muestra: 01		C-01 M1					
1. N° de fiola		F-2					
2. Peso de la fiola	g.	89.81					
3. Peso de la muestra de suelo - seco	g.	50.0					
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola: (2+3)	g.	139.8					
5. Peso de la muestra + Fiola + agua	g.	352.6					
6. Peso de la fiola + peso de agua	g.	341.3					
7. Peso específico relativo de sólidos (G_s)	(3)/((3+6)-5) g/cm ³	1.293					

OBSERVACIONES :

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT






UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ (UNIVERSITY OF THE CATHOLIC PERU)
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



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

Escuela : Ingeniería Civil
Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
Calicata : N° 01 **Nivel Freático** : 1.50 m
Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 9, JLO, Lambayeque - Perú
Profundidad : 0.20 m - 1.50 m
Fecha de emisión : Chiclayo, Agosto 2024

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

Profundidad 0.0 (m)	Tipo de Excavación	Muestra N°	Símbolo	Clasificación SUCS	Descripción visual (IN-SITU)
0.2	A				Relleno
0.3	C I E L O	M - 1		CL A-7-6 (14)	Arcilla de baja plasticidad con arena
0.4					Límite líquido = 47.07
0.6					Límite plástico = 26.60
0.8	0.80				Índice de plasticidad = 20.47
					Contenido de humedad = 16.70%
					Contenido de sales = 0.12
1.0	A B I E R T O	M - 2		CH A-7-6 (16)	Arcilla de alta plasticidad
1.2					Límite líquido = 51.13
1.4					Límite plástico = 26.32
1.5					Índice de plasticidad = 24.81
1.5	1.50				Contenido de humedad = 22.40%
					Contenido de sales = 0.18
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

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y PAVIMENTOS
 USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

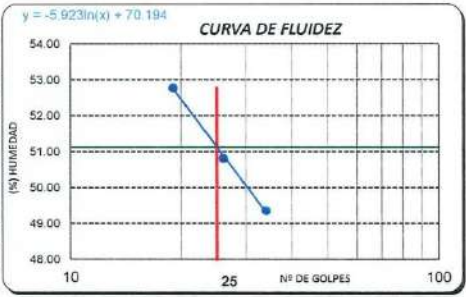


Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Agosto del 2024

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 suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata N°: 01 Muestra: M-2 Profundidad: 0.80m. - 1.50m.

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	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



% Grava	G.G. %	0.0	0.0
	G. F. %	0.0	
	A. G. %	0.7	
% Arena	A. M. %	1.6	7.5
	A. F. %	5.2	
% Arcilla y Limo		92.5	92.5
Total			100.0

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 (AASHTO)	A-7-6 (16)
Descripción	MALO



Determinar el contenido de humedad de un suelo
 Humedad: 22.40%
 contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.
 Sales: 0.18

Henry Rivadeneira Obilias
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



GRAVEDAD ESPECÍFICA

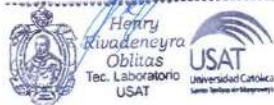
Tesisista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
Escuela : Ingeniería Civil
Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
Fecha de emisión : Chiclayo, Agosto del 2024

ENSAYO : Peso específico relativo de sólidos (G_s)-Material que pasa la malla N° 4
REFERENCIA : NTP 339.131 ASTM D - 854

Calicata: 01 Muestra: 02		C-01 M2					
1. N° de fiola		F-3					
2. Peso de la fiola	g.	63.26					
3. Peso de la muestra de suelo - seco	g.	50.0					
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola: (2+3)	g.	113.3					
5. Peso de la muestra + Fiola + agua	g.	199.8					
6. Peso de la fiola + peso de agua	g.	169.0					
7. Peso específico relativo de sólidos (G_s)	(3)/((3+6)-5) g/cm ³	2.596					

OBSERVACIONES :

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDROMETRÍA
 NORMA ASTM D421-58
 NORMA ASTM D422-63 (2007)**

Tesis: Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela: Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis: Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Material: Suelo Natural
 Ubicación: Calle Alahuajpa cuadra N°09, distrito de José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque
 Fecha de Ensayo: 26/08/2024
 Muestra: C1-M1

HIDROMETRO	151H	AGENTE DISPERSANTE	NaPO3	CONCENTRACION	0,05 N		
CORRECCION POR DEFLOCULANTE Cd		8		CORRECCION POR MENISCO, Cm		0,1	
VOLUMEN DEL HIDROMETRO 1000 cm ³		Ws, gr.	50	Gs:	2.541	a=	1,027

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	R'M	T °c	CT	RHC	WD1 %	R'H+CM	L(cm)	Lt (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
26/08/2023	08:30	1	23.00	22.2	183.9	198.88	408.38	23.1	8.76	8.76	0.012970	0.0384	27.20
26/08/2023	08:32	2	23.00	23.1	183.9	198.88	408.38	23.1	8.76	4.38	0.012970	0.0271	27.20
26/08/2023	08:34	4	22.00	24.5	168.3	182.31	374.35	22.1	9.09	2.27	0.012970	0.0195	24.93
26/08/2023	08:36	8	20.00	25.6	139.2	151.25	310.57	20.1	9.74	1.22	0.012970	0.0143	20.68
26/08/2023	08:51	15	15.00	24.6	78.7	85.70	175.97	15.1	11.38	0.76	0.012970	0.0113	11.72
26/08/2023	09:21	30	11.00	23.5	42.7	45.71	93.67	11.1	12.69	0.42	0.012970	0.0084	6.25
26/08/2023	09:30	60	10.00	23.5	35.4	37.45	76.89	10.1	13.02	0.22	0.012970	0.0050	5.12
26/08/2023	10:30	120	10.00	23.5	35.4	37.45	76.89	10.1	13.02	0.11	0.012970	0.0043	5.12
26/08/2023	12:30	240	10.00	23.5	35.4	37.45	76.89	10.1	13.02	0.05	0.012970	0.0030	5.12
26/08/2023	15:30	360	10.00	23.5	35.4	37.45	76.89	10.1	13.02	0.04	0.012970	0.0025	5.12
26/08/2023	20:34	720	10.00	23.5	35.4	37.45	76.89	10.1	13.02	0.02	0.012970	0.0017	5.12
27/08/2023	09:40	1440	10.00	23.5	35.4	37.45	76.89	10.1	13.02	0.01	0.012970	0.0012	5.12

% PASANTE TAMIZ Nº 200: 5.56



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SUELOS, CONCRETO Y ESCUELA DE INGENIEROS DE PAVIMENTOS
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ESCUELA DE INGENIEROS DE PAVIMENTOS



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

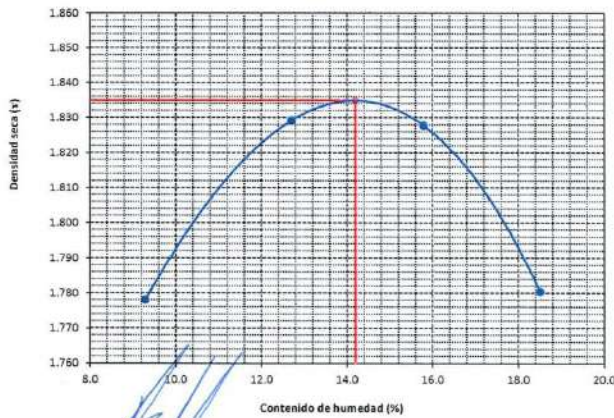
CALICATA : N° 01
 MUESTRA : M - 2 PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.50 m

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5626	5734	5784	5778
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	54.03	67.32	95.27
Peso del suelo seco + tara	g.	108.61	49.94	60.6	84.45
Peso de tara	g.	26.05	17.75	18.05	25.98
Peso de agua	g.	7.67	4.09	6.72	10.82
Peso de suelo seco	g.	82.56	32.19	42.55	58.47
Contenido de agua	%	9.3	12.7	15.8	18.5
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.778	1.829	1.828	1.780

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.835	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	14.20	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Obilias
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
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



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadrá N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : : N° 01
 MUESTRA : : M - 2
 PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN															
Nº Molde	A-4			A-5			A-6								
Nº Ceps	5			5			5								
Nº Golpes por capa	56			25			12								
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado						
Peso molde + Suelo húmedo	12305		12542		12980		13200		11875	12083					
Peso de molde (g)	7843		7843		8738		8738		7840	7840					
Peso del suelo húmedo (g)	4462		4699		4242		4462		4035	4243					
Volumen del molde (cc)	2122		2122		2125		2125		2132	2132					
Densidad húmeda (g/cc)	2.103		2.214		1.996		2.100		1.893	1.990					
% de humedad	14.42		16.09		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 N°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	86.39	86.4	94.82	94.82	93.54	93.5	94.66	94.66	78.77	78.8					
Tarro + Suelo seco (gr.)	77.97	78.0	84.36	84.36	84.22	84.2	83.86	83.86	71.25	71.3					
Peso del Agua (gr.)	8.4	8.4	10.5	10.5	9.3	9.3	10.8	10.8	7.5	7.5					
Peso del tarro (gr.)	19.58	19.58	19.37	19.37	19.74	19.74	19.55	19.55	19.85	19.85					
Peso del suelo seco (gr.)	58.4	58.4	65.0	65.0	64.5	64.5	64.3	64.3	51.4	51.4					
% de humedad	14.42	14.42	16.09	16.09	14.45	14.45	16.79	16.79	14.63	14.63					
Promedio de Humedad (%)	14.420		16.09		14.45		16.79		14.63						
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL		EXPANSIÓN		DIAL		EXPANSIÓN						
			Pulg	%	Pulg	%	Pulg	%							
7/09/2025	12:10	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
8/09/2025	12:10	24	0.22	0.006			0.15	0.004	0.12	0.003					
9/09/2025	12:10	48	1.45	0.036			1.25	0.031	1.35	0.034					
10/09/2025	12:10	72	5	0.125			5.35	0.134	6.31	0.158					
11/09/2025	12:10	96	10	0.250			10.36	0.259	10.39	0.260					
			4.57	total	5.47		4.57	total	5.67	4.57					
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	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	0'00"	0	2			0	2			0	2			
0.640	0.025	0'30"	84	34			26	12			13	7			
1.270	0.050	1'00"	118	47			58	24			30	14			
1.910	0.075	1'30"	144	57			80	32			42	18			
2.540	0.100	2'00"	1000	248	97	52.9	5.3	119	47	43.6	4.4	63	26	25.5	2.5
3.810	0.150	3'00"		274	107			168	68			90	36		
5.080	0.200	4'00"	1500	300	117	108.0	7.2	190	74	76.2	5.1	115	46	45.3	3.0
6.350	0.250	5'00"		339	132			208	81			140	55		
7.620	0.300	6'00"		385	150			275	107			161	63		
10.160	0.400	8'00"		442	172			329	128			195	76		
12.700	0.500	10'00"		510	201			380	148			244	95		

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, J.L.O, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

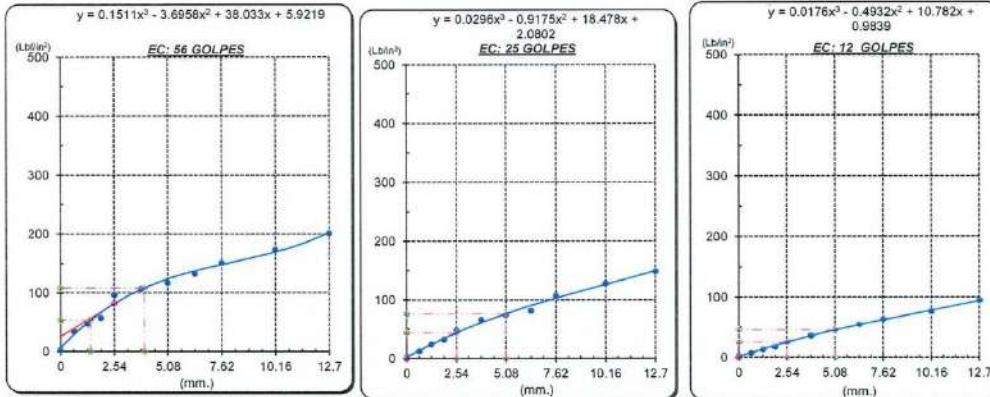


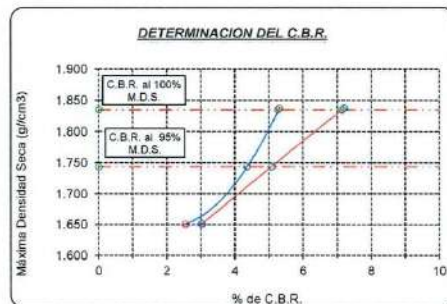
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.835 g./cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.743 g./cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	14.20 %

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 %



Henry Rivadeneira Obilias
 Tec. Laboratorio USAT
 Universidad Católica del Perú

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 01
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.50 m

Adición: 1% C444 + 50 g (SD)

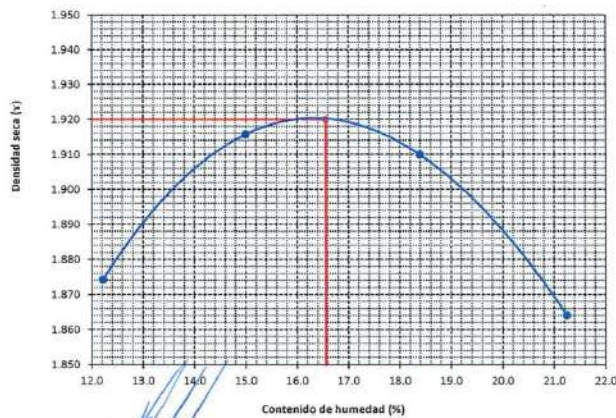
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5772	5863	5916	5915
Peso del molde	g.	3854	3854	3854	3854
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1918	2009	2062	2061
Volumen del molde	cm ³	911.9	911.9	911.9	911.9
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.103	2.203	2.261	2.260

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	68.76	68.09	72.33	74.34
Peso del suelo seco + tara	g.	63.41	61.8	64.13	64.71
Peso de tara	g.	19.63	19.87	19.55	19.38
Peso de agua	g.	5.35	6.29	8.2	9.63
Peso de suelo seco	g.	43.78	41.93	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	1.864

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

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 01
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.50 m
 Adición: 1% C444 + 50 g (SD)

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	12593		12815	13256		13390	12135		12350					
Peso de molde (g)	7843		7843	8738		8738	7840		7840					
Peso del suelo húmedo (g)	4750		4972	4518		4652	4295		4510					
Volumen del molde (cc)	2122		2122	2125		2125	2132		2132					
Densidad húmeda (g/cc)	2.238		2.343	2.126		2.189	2.015		2.115					
% de humedad	16.56		17.25	16.56		17.63	16.58		17.19					
Densidad seca (g/cc)	1.92		1.998	1.82		1.861	1.73		1.805					
HUMEDAD														
Tarro Nº														
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	68.40	68.40	77.07	77.07	75.35	75.35	76.44	76.44	61.34	61.34	66.00			
Tarro + Suelo seco (gr.)	61.56	61.56	68.76	68.76	67.54	67.54	68.05	68.05	55.60	55.60	76.40			
Peso del Agua (gr.)	6.8	6.8	8.3	8.3	7.8	7.8	8.4	8.4	5.7	5.7	9.6			
Peso del tarro (gr.)	20.25	20.25	20.59	20.59	20.37	20.37	20.46	20.46	20.97	20.97	20.55			
Peso del suelo seco (gr.)	41.3	41.3	48.2	48.2	47.2	47.2	47.6	47.6	34.6	34.6	55.9			
% de humedad	16.56	16.56	17.25	17.25	16.56	16.56	17.63	17.63	16.58	16.58	17.19			
Promedio de Humedad (%)	16.558		17.25		16.56		17.63		16.58		17.19			
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN		EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		EXPANSIÓN				
			DIAL	Pulg	%	DIAL	Pulg	%	DIAL	Pulg	%			
	12:25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
24/09/2024	12:25	24	0.22	0.006		0.15	0.004		0.12	0.003				
25/09/2024	12:25	48	1.45	0.036		1.25	0.031		1.35	0.034				
26/09/2024	12:25	72	5	0.125		5.35	0.134		6.31	0.158				
27/09/2024	12:25	96	10	0.250		10.36	0.259		10.39	0.260				
			4.57	total	5.47	4.57	total	5.67	4.57	total	5.69			
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	0'00"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	54.3	23			42.2	18			30.2	14		
1.270	0.050	1'00"	112.6	45			96.8	39			62.3	26		
1.910	0.075	1'30"	147.6	58			126.7	50			100.8	40		
2.540	0.100	2'00"	254.2	99	88.6	8.9	140.4	55	60.1	6.01	120.5	48	48.3	4.6
3.810	0.150	3'00"	324.8	127			201.6	79			160.6	63		
5.080	0.200	4'00"	420.8	164.7	175.0	11.7	316.7	123	117.2	7.8	250.2	97	97.8	6.6
6.350	0.250	5'00"	574.6	227			370.6	145			310.4	121		
7.620	0.300	6'00"	640.4	254			430.5	169			369.2	156		
10.160	0.400	8'00"	738.6	295			499.7	196			418.2	179		
12.700	0.500	10'00"	814.1	327			520.9	205			490.4	193		

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, J.L.O, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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 - PENETRACIÓN

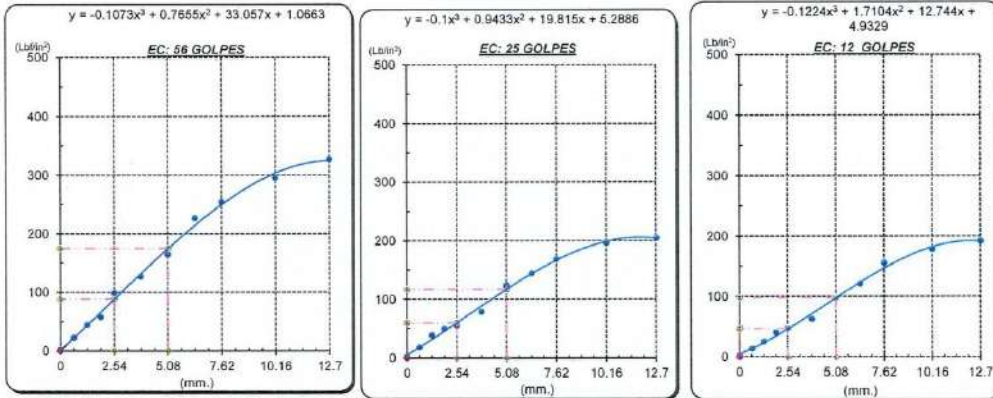


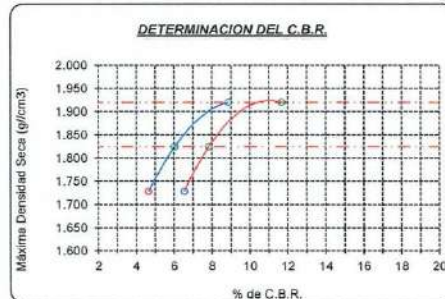
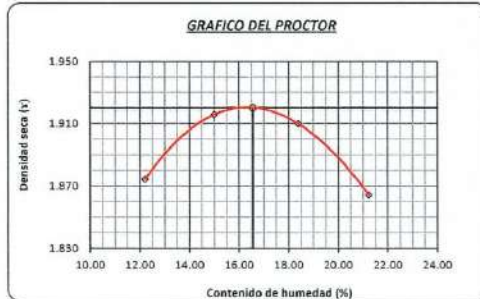
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.920 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.824 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	16.56 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	8.9 %	11.7 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	6.0 %	7.8 %



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

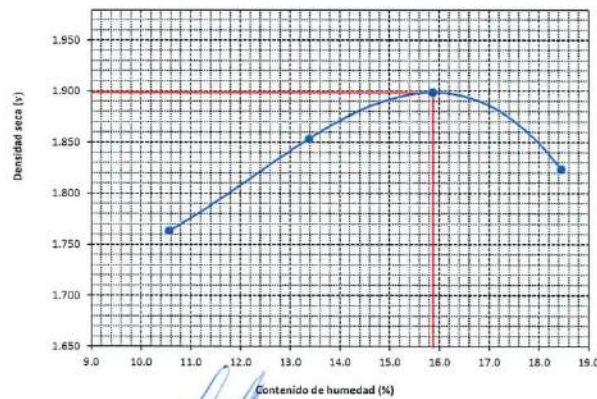
CALICATA : : N° 01
 MUESTRA : : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.50 m
 Adición: 1% C444 + 50g (SD)

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5982	6122	6213	6176
Peso del molde	g.	4180	4180	4180	4180
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1802	1942	2033	1996
Volumen del molde	cm ³	924.2	924.2	924.2	924.2
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.950	2.101	2.200	2.160

CONTENIDO DE HUMEDAD					
N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	70.42	69.79	73.02	75.72
Peso del suelo seco + tara	g.	65.72	64.09	65.78	67.15
Peso de tara	g.	21.23	21.48	20.16	20.68
Peso de agua	g.	4.7	5.7	7.24	8.57
Peso de suelo seco	g.	44.49	42.61	45.62	46.47
Contenido de agua	%	10.6	13.4	15.9	18.4
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.763	1.853	1.898	1.823

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.898	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	15.870	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : : Nº 01
 MUESTRA : : Nº 02 PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.50 m
 Adición: 1% C444 + 50g (SD)

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	5				1				12					
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	12569	12617	12390	12444	12482	12517								
Peso de molde (g)	8003	8003	8003	8003	8706	8706								
Peso del suelo húmedo (g)	4566	4614	4377	4441	3776	3811								
Volumen del molde (cc)	2107	2107	2107	2107	2113	2113								
Densidad húmeda (g/cc)	2.167	2.190	2.077	2.108	1.787	1.804								
% de humedad	14.70	15.77	15.23	16.72	15.84	16.78								
Densidad seca (g/cc)	1.889	1.892	1.803	1.806	1.543	1.544								
HUMEDAD														
Tarro Nº	-		-		-		-		-		-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	68.2	68.2	4614	4614	75.5	75.5	4441	4441	60.6	60.6	3811.0	3811.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)	62.1	62.1	4566	4566	68.3	68.3	4377	4377	55.1	55.1	3776.0	3776.0		
Peso del agua (gr.)	6.2	6.2	48.0	48.0	7.2	7.2	84.0	84.0	5.5	5.5	35.0	35.0		
Peso del tarro (gr.)	20.2	20.2	0	0	20.96	21.0	0	0	20.44	20.44	0	0		
Peso del suelo seco (gr.)	41.9	41.9	4481.3	4481.3	47.3	47.3	4299.5	4299.5	34.7	34.7	3718.6	3718.6		
% de humedad	14.70	14.70	15.77	15.77	15.23	15.23	16.72	16.72	15.84	15.84	16.78	16.78		
Promedio de Humedad (%)	14.70		15.77		15.23		16.72		15.84		16.78			
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
27/09/2024	12:35	0	0.30	0	0	0.30	0	0	0.30	0	0			
28/09/2024	12:35	24	1.90	0.048		2.05	0.051		2.18	0.055				
29/09/2024	12:35	48	2.30	0.058		2.45	0.061		2.52	0.063				
30/09/2024	12:35	72	2.85	0.071		2.98	0.075		3.09	0.077				
1/10/2024	12:35	96	3.05	0.076		3.15	0.079		3.19	0.080				
			4.57	total	1.67	4.57	total	1.72	4.57	total	1.75			
PENETRACION														
PENETRACION	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº 5				MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 12			
			CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
			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	0'00"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	60	25			53	22			39	17		
1.270	0.050	1'00"	95	38			80	32			75	30		
1.910	0.075	1'30"	152	60			130	51			106	42		
2.540	0.100	2'00"	201	78	74.4	7.4	129	51	57.3	5.7	140	55	54.8	5.5
3.810	0.150	3'00"	284	111			202	79			205	80		
5.080	0.200	4'00"	379	148	149.7	9.9	307	120	121.1	8.1	258	101	101.7	6.8
6.350	0.250	5'00"	485	191			408	160			313	122		
7.620	0.300	6'00"	586	232			497	195			363	142		
10.160	0.400	8'00"	720	287			596	236			445	174		
12.700	0.500	10'00"	891	360			709	283			491	193		

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, J.L.O, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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 - PENETRACIÓN

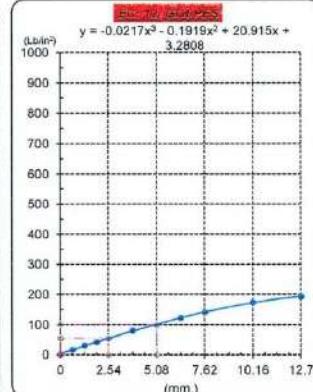
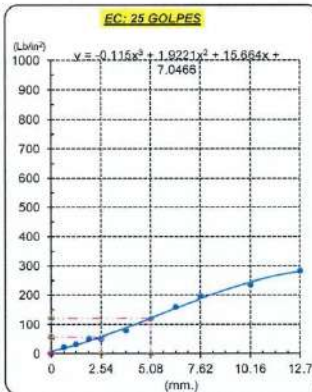
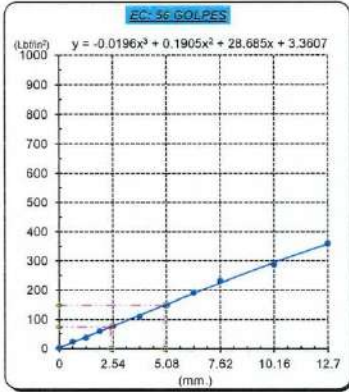


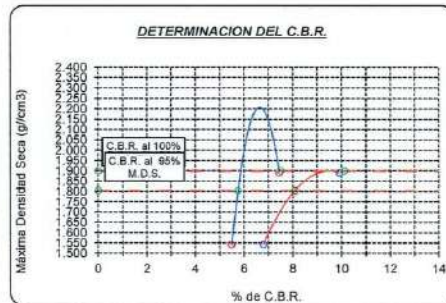
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.898 g/cm ³	
DENSIDAD SECA AL 95%	1.804 g/cm ³	1.70861
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	15.87 %	

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	7 %	10 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	6 %	8 %



Henry Rivadeneira Obitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

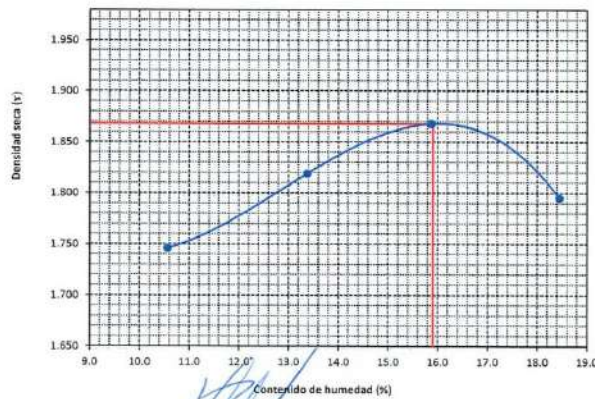
CALICATA : : Nº 01
 MUESTRA : : Nº 02 PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.50 m
 Adición: 1% C444 + 50g (SD)

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5996	6120	6216	6180
Peso del molde	g.	4180	4180	4180	4180
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1816	1940	2036	2000
Volumen del molde	cm ³	940.7	940.7	940.7	940.7
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.930	2.062	2.164	2.126

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	70.42	69.79	73.02	75.72
Peso del suelo seco + tara	g.	65.72	64.09	65.78	67.15
Peso de tara	g.	21.23	21.48	20.16	20.68
Peso de agua	g.	4.7	5.7	7.24	8.57
Peso de suelo seco	g.	44.49	42.61	45.62	46.47
Contenido de agua	%	10.6	13.4	15.9	18.4
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.746	1.819	1.868	1.795

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.868	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	15.90	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 01
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.50 m
 Adición: 1% C444 + 50g (SD)

COMPACTACIÓN														
N° Molde		5				1				12				
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		12564		12744		12366		12540		12211		12407		
Peso de molde (g)		8003		8003		8003		8003		8706		8706		
Peso del suelo húmedo (g)		4561		4741		4363		4537		3505		3701		
Volumen del molde (cc)		2107		2107		2107		2107		2113		2113		
Densidad húmeda (g/cc)		2.165		2.250		2.071		2.153		1.659		1.752		
% de humedad		15.30		19.32		15.65		19.71		15.81		21.48		
Densidad seca (g/cc)		1.877		1.886		1.791		1.799		1.432		1.442		
HUMEDAD														
Tarro N°		-		-		-		-		-		-		
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		82.0		82.0		4741		4741		89.0		89.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)		74.1		74.1		4561		4561		80.0		80.0		
Peso del Agua (gr.)		8.0		8.0		180.0		180.0		9.0		9.0		
Peso del tarro (gr.)		22.0		22.0		0		0		22.36		22.4		
Peso del suelo seco (gr.)		52.0		52.0		4476.9		4476.9		57.7		57.7		
% de humedad		15.30		15.30		19.32		19.32		15.65		15.65		
Promedio de Humedad (%)		15.30		15.30		19.32		19.32		15.65		15.65		
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL			EXPANSIÓN			DIAL			EXPANSIÓN		
			Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%	
2/10/2024	12:18	0	0.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3/10/2024	12:18	24	1.85	0.046		2.05	0.051		2.18	0.055		2.18	0.055	
4/10/2024	12:18	48	2.45	0.061		2.78	0.070		2.94	0.074		2.94	0.074	
5/10/2024	12:18	72	2.85	0.071		2.98	0.075		3.09	0.077		3.09	0.077	
6/10/2024	12:18	96	3.25	0.081		3.35	0.084		3.40	0.085		3.40	0.085	
			4.57	total	1.78	4.57	total	1.83	4.57	total	1.86	4.57	total	
PENETRACIÓN														
PENETRACION	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° 5				MOLDE N° 1				MOLDE N° 12			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2					0	2				
0.640	0.025	0'30"	61	25					54	23			40	17
1.270	0.050	1'00"	98	39					81	33			74	30
1.910	0.075	1'30"	150	59					132	52			104	41
2.540	0.100	2'00"	220	86	83.0	8.3			187	73	74.0	7.4	138	54
3.810	0.150	3'00"	321	125					281	109			203	79
5.080	0.200	4'00"	427	167	165.9	11.1			370	144	142.4	9.5	258	101
6.350	0.250	5'00"	527	208					455	178			310	121
7.620	0.300	6'00"	629	249					514	202			360	141
10.160	0.400	8'00"	790	317					621	246			440	172
12.700	0.500	10'00"	950	386					724	299			489	192

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, J.L.O, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

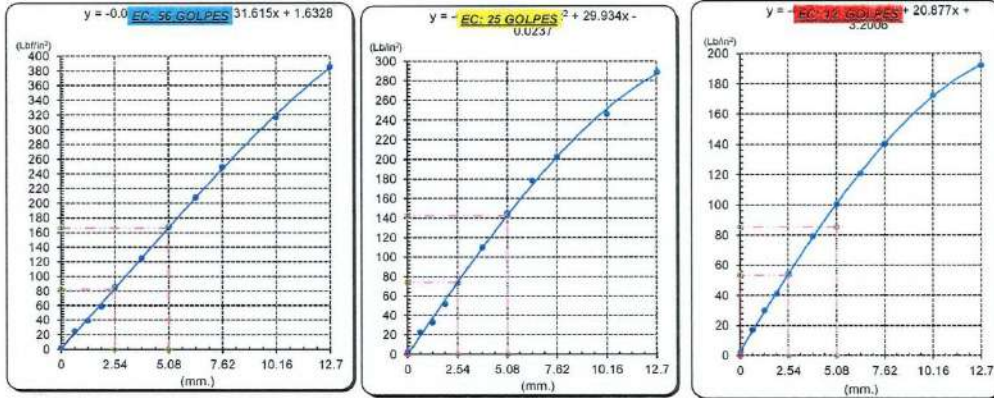


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.868 g/cm ³	
DENSIDAD SECA AL 95%	1.775 g/cm ³	1.68111
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	15.90 %	

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100% M.D.S.	8 %	11 %
C.B.R. AL 95% M.D.S.	7 %	9 %



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT
 Universidad Católica

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 01
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.50 m
 Adición: 2% C444 + 75 g (SD)

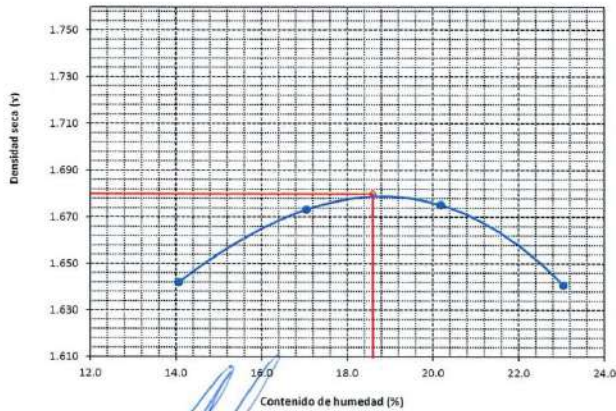
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5562	5640	5690	5695
Peso del molde	g.	3854	3854	3854	3854
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1708	1786	1836	1841
Volumen del molde	cm ³	911.9	911.9	911.9	911.9
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.873	1.959	2.013	2.019

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	70.25	69.45	74.29	76.54
Peso del suelo seco + tara	g.	64.08	62.3	65.27	66.07
Peso de tara	g.	20.23	20.37	20.59	20.64
Peso de agua	g.	6.17	7.15	9.02	10.47
Peso de suelo seco	g.	43.85	41.93	44.68	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	1.680	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	18.60	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Riadenebra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT
 USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 01
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.50 m
 Adición: 2% C444 + 75 g (SD)

COMPACTACIÓN														
N° Molde		A-1				A-2				A-3				
N° Capa		5				5				5				
N° Golpes por capa		56				25				12				
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado				
Peso molde + Suelo húmedo		12846	13067	12801	12972	12243	12446	12243	12446	12243	12446			
Peso de molde (g)		8621	8621	8804	8804	8453	8453	8453	8453	8453	8453			
Peso del suelo húmedo (g)		4225	4446	3997	4168	3790	3993	3790	3993	3790	3993			
Volumen del molde (cc)		2120	2120	2112	2112	2113	2113	2113	2113	2113	2113			
Densidad húmeda (g/cc)		1.993	2.097	1.893	1.973	1.794	1.890	1.794	1.890	1.794	1.890			
% de humedad		18.64	19.50	18.61	20.81	18.65	19.41	18.65	19.41	18.65	19.41			
Densidad seca (g/cc)		1.68	1.755	1.60	1.634	1.51	1.583	1.51	1.583	1.51	1.583			
HUMEDAD														
Tarro N°		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		70.11	70.11	77.71	77.71	76.34	76.34	77.80	77.80	61.63	61.63			
Tarro + Suelo seco (gr.)		62.43	62.43	68.35	68.35	67.58	67.58	68.01	68.01	55.19	55.19			
Peso del agua (gr.)		7.7	7.7	9.4	9.4	8.8	8.8	9.8	9.8	6.4	6.4			
Peso del tarro (gr.)		21.22	21.22	20.36	20.36	20.51	20.51	20.97	20.97	20.65	20.65			
Peso del suelo seco (gr.)		41.2	41.2	48.0	48.0	47.1	47.1	47.0	47.0	34.5	34.5			
% de humedad		18.64	18.64	19.50	19.50	18.61	18.61	20.81	20.81	18.65	18.65			
Promedio de Humedad (%)		18.636	19.50	18.61	20.81	18.65	19.41	18.65	19.41	18.65	19.41			
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN					
			DIAL	Pulg	%	DIAL	Pulg	%	DIAL	Pulg	%			
23/09/2024	14:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
24/09/2024	14:00	24	0.22	0.006	0.15	0.004	0.12	0.003	0.12	0.003	0.003			
25/09/2024	14:00	48	1.45	0.036	1.25	0.031	1.35	0.034	1.35	0.034	0.034			
26/09/2024	14:00	72	5	0.125	5.35	0.134	6.31	0.158	6.31	0.158	0.158			
27/09/2024	14:00	96	10	0.250	10.36	0.259	10.39	0.260	10.39	0.260	0.260			
			4.57	total 5.47	4.57	total 5.67	4.57	total 5.69	4.57	total 5.69	5.69			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND. Lb/in ²	MOLDE N° A-1				MOLDE N° A-2				MOLDE N° A-3			
			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	0'00"	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2		
0.640	0.025	0'30"	130.2	51	100.5	40	48.7	21	130.2	51	100.5	40		
1.270	0.050	1'00"	152.2	60	129.8	51	74.5	30	152.2	60	129.8	51		
1.910	0.075	1'30"	185.3	72	146.8	58	103.2	41	185.3	72	146.8	58		
2.540	0.100	2'00"	430.4	169	324.6	127	227.3	89	430.4	169	324.6	127		
3.810	0.150	3'00"	450.6	177	383.4	150	249.8	97	450.6	177	383.4	150		
5.080	0.200	4'00"	470.8	184.8	418.0	164	285.3	113	470.8	184.8	418.0	164		
6.350	0.250	5'00"	510.8	201	456.1	179	314.9	123	510.8	201	456.1	179		
7.820	0.300	6'00"	532.8	210	471.3	185	334.1	137	532.8	210	471.3	185		
10.150	0.400	8'00"	574.8	227					574.8	227				
12.700	0.500	10'00"	610.8	242					610.8	242				

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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 - PENETRACIÓN

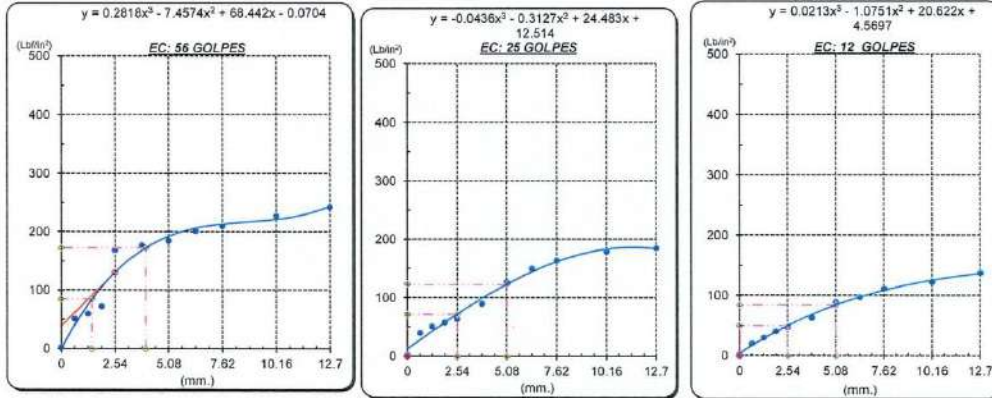


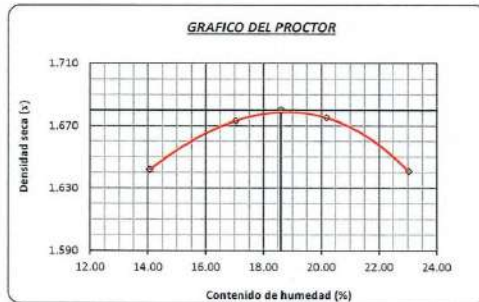
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.880 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.596 g/cm ³
ÓPTIMO CONT. DE HUMEDAD	18.60 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	8.5 %	11.5 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	7.21 %	8.2 %



Henry Rivadeneira Obilias
 Henry Rivadeneira Obilias
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 01
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD: 0.80 m - 1.50 m
 Adición: 2% C444 + 75 g (SD)

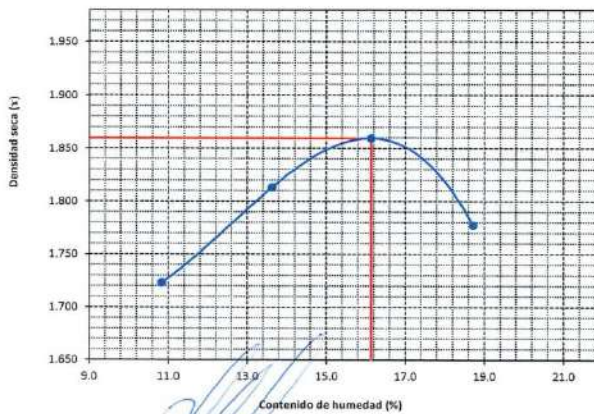
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	5945	6084	6176	6130
Peso del molde	g	4180	4180	4180	4180
Peso del suelo húmedo compactado	g	1765	1904	1996	1950
Volumen del molde	cm ³	924.2	924.2	924.2	924.2
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.910	2.080	2.160	2.110

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	71.27	70.21	72.63	73.22
Peso de tara	g	20.14	20.96	20.37	20.11
Peso de agua	g	5.54	6.71	8.43	9.94
Peso de suelo seco	g	51.13	49.25	52.26	53.11
Contenido de agua	%	10.8	13.6	16.1	18.7
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.723	1.813	1.860	1.777

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.860	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.13	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Obinas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLD, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : : N° 01
 MUESTRA : : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.50 m
 Adición: 2% C444 + 75 g (SD)

COMPACTACIÓN														
N° Molde		A-23				A-24				A-25				
N° Capa		5				5				5				
N° Golpes por capa		56				25				12				
CONDICIÓN DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado				
Peso molde + Suelo húmedo		12565	12643	12240	12557	12279	12486	12279	12486	12279	12486			
Peso de molde (g)		8003	8003	8003	8003	8003	8003	8003	8003	8003	8003			
Peso del suelo húmedo (g)		4562	4640	4237	4554	3979	4186	3979	4186	3979	4186			
Volumen del molde (cc)		2107	2107	2107	2107	2125	2125	2125	2125	2125	2125			
Densidad húmeda (g/cc)		2.165	2.202	2.011	2.161	1.872	1.970	1.872	1.970	1.872	1.970			
% de humedad		14.27	16.01	14.55	22.17	15.69	20.98	15.69	20.98	15.69	20.98			
Densidad seca (g/cc)		1.895	1.898	1.755	1.769	1.618	1.628	1.618	1.628	1.618	1.628			
HUMEDAD														
Tarro N°		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		82.9	82.9	4640	4640	88.8	88.8	4554	4554	74.6	74.6			
Tarro + Suelo seco (gr.)		75.2	75.2	4562	4562	80.1	80.1	4237	4237	67.3	67.3			
Peso del Agua (gr.)		7.7	7.7	78.0	78.0	8.7	8.7	317.0	317.0	7.3	7.3			
Peso del tarro (gr.)		21.25	21.25	0	0	20.48	20.48	0	0	20.67	20.67			
Peso del suelo seco (gr.)		54.0	54.0	4477.2	4477.2	59.6	59.6	4163.9	4163.9	46.6	46.6			
% de humedad		14.27	14.27	16.01	16.01	14.55	14.55	22.17	22.17	15.69	15.69			
Promedio de Humedad (%)		14.27		16.01		14.55		22.17		15.69				
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN					
			DIAL	Pulg	%	DIAL	Pulg	%	DIAL	Pulg	%			
28/09/2024	14:30	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0			
29/09/2024	14:30	24	2.80	0.070		3.00	0.075		3	0.075				
30/09/2024	14:30	48	3.20	0.080		3.60	0.088		3.6	0.090				
1/10/2024	14:30	72	3.80	0.095		3.90	0.098		4.1	0.103				
2/10/2024	14:30	96	4.10	0.103		4.30	0.108		4.5	0.113				
			4.57	total	2.24	4.57	total	2.35	4.57	total	2.48			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° A-23				MOLDE N° A-24				MOLDE N° A-25			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
mm.	pulg.	Lbf/in2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0.0	2			0.00	2		
0.640	0.025	0'30"	38	17			18.0	9			7	5		
1.270	0.050	1'00"	126	50			81.0	33			32	14		
1.910	0.075	1'30"	200	78			133.0	52			65	27		
2.540	0.100	2'00"	277	108	101.7	10.2	187.0	73	71.5	7.1	96	38	31.4	3.1
3.810	0.150	3'00"	352	137			245.0	95			134	53		
5.080	0.200	4'00"	502	197	195.1	13.0	426.0	167	162.3	10.8	138	54	80.8	5.4
6.350	0.250	5'00"	635	252			552.0	218			313	122		
7.820	0.300	6'00"	793	280			645.0	256			371	146		
10.160	0.400	8'00"	766	307			676.0	269			390	152		
12.700	0.500	10'00"	895	362			694.0	276			403	158		

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, J.L.O, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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 - PENETRACIÓN

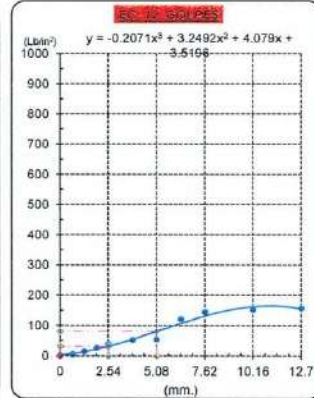
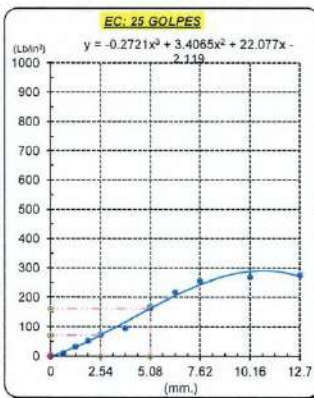
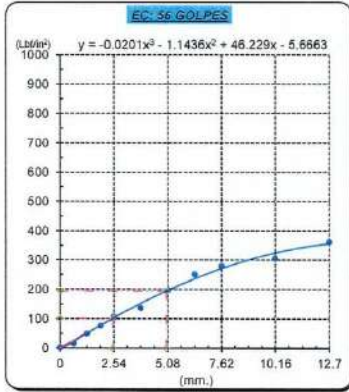


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.860 g/cm ³	
DENSIDAD SECA AL 95%	1.767 g/cm ³	1.67375
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	16.13 %	

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	9 %	12 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	7 %	11 %



Henry Rivadeneyra Obilias
 Tec. Laboratorio
 USAT

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : : N° 01
 MUESTRA : : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.50 m
 Adición: 2% C444 + 75 g (SD)

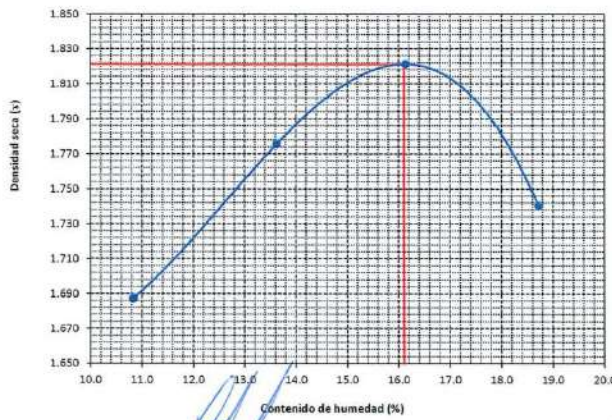
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5945	6084	6176	6130
Peso del molde	g.	4180	4180	4180	4180
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1765	1904	1996	1950
Volumen del molde	cm ³	943.7	943.7	943.7	943.7
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.870	2.018	2.115	2.066

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.	71.27	70.21	72.63	73.22
Peso de tara	g.	20.14	20.96	20.37	20.11
Peso de agua	g.	5.54	6.71	8.43	9.94
Peso de suelo seco	g.	51.13	49.25	52.26	53.11
Contenido de agua	%	10.8	13.6	16.1	18.7
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.687	1.776	1.821	1.741

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.821	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.10	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 01
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.50 m
 Adición: 2% C444 + 75 g (SD)

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	A-23			A-24			A-25							
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	12436		12558		12204		12319		12724		12810			
Peso de molde (g)	8003		8003		8003		8003		8706		8706			
Peso del suelo húmedo (g)	4433		4555		4201		4316		4018		4104			
Volumen del molde (cc)	2107		2107		2107		2107		2113		2113			
Densidad húmeda (g/cc)	2.104		2.162		1.994		2.048		1.902		1.942			
% de humedad	15.91		18.72		26.38		29.16		54.12		56.28			
Densidad seca (g/cc)	1.815		1.821		1.578		1.586		1.234		1.243			
HUMEDAD														
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	85.6	85.6	4555	4555	97.9	97.9	4316	4316	95.1	95.1	4104.0	4104.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)	76.8	76.8	4433	4433	81.7	81.7	4201	4201	69.6	69.6	4018.0	4018.0		
Peso del Agua (gr.)	8.8	8.8	122.0	122.0	16.2	16.2	115.0	115.0	25.5	25.5	86.0	86.0		
Peso del tarro (gr.)	21.25	21.25	0	0	20.48	20.48	0	0	22.5	22.5	0	0		
Peso del suelo seco (gr.)	55.6	55.6	4354.0	4354.0	61.2	61.2	4135.8	4135.8	47.1	47.1	3969.0	3969.0		
% de humedad	15.91	15.91	18.72	18.72	26.38	26.38	29.16	29.16	54.12	54.12	56.28	56.28		
Promedio de Humedad (%)	15.91	15.91	18.72	18.72	26.38	26.38	29.16	29.16	54.12	54.12	56.28	56.28		
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN					
			DIAL	Pulg	%	DIAL	Pulg	%	DIAL	Pulg	%			
2/10/2024	13:00	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0			
3/10/2024	13:00	24	2.50	0.063		2.80	0.070		3	0.075				
4/10/2024	13:00	48	3.10	0.078		3.20	0.080		3.4	0.085				
5/10/2024	13:00	72	3.50	0.088		3.70	0.093		3.8	0.095				
6/10/2024	13:00	96	3.90	0.098		4.10	0.103		4.2	0.105				
			4.57	total	2.13	4.57	total	2.24	4.57	total	2.30			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-23				MOLDE Nº A-24				MOLDE Nº A-25			
			CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0.0	2			0.00	2		
0.640	0.025	0'30"	29	13			15.0	8			12	7		
1.270	0.050	1'00"	120	47			79.0	32			41	18		
1.910	0.075	1'30"	169	66			150.0	59			122	48		
2.540	0.100	2'00"	249	97	101.4	10.1	186.0	79	72.4	7.2	143	56	57.2	5.7
3.810	0.150	3'00"	352	137			244.0	95			205	80		
5.080	0.200	4'00"	501	197	195.9	13.1	425.0	166	162.6	10.8	292	114	120.2	8.0
6.350	0.250	5'00"	632	251			551.0	217			425	166		
7.620	0.300	6'00"	701	279			644.0	256			385	182		
10.160	0.400	8'00"	765	306			674.0	268			485	191		
12.700	0.500	10'00"	895	362			692.0	276			580	217		

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, J.L.O. Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

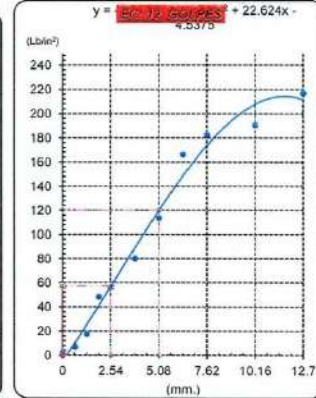
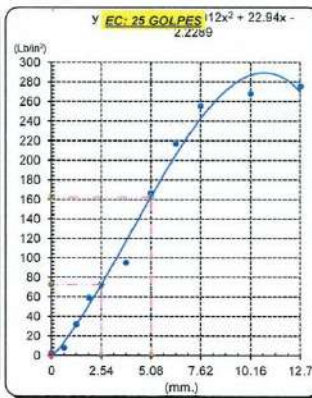
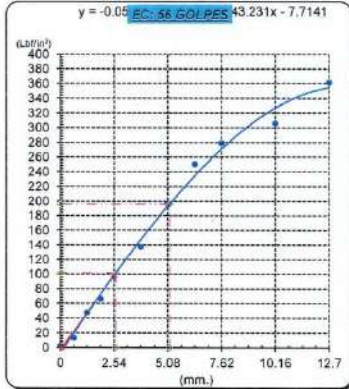


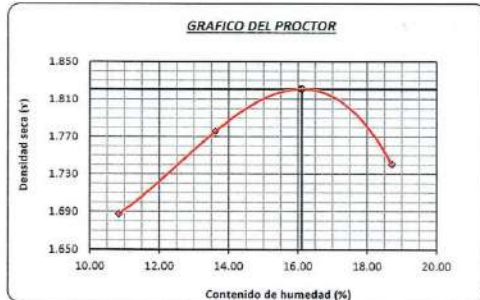
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.821 g/cm ³	
DENSIDAD SECA AL 95%	1.730 g/cm ³	1.63916
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	16.10 %	

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	10 %	13 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	8 %	12 %



Henry Rivadeneira Obitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 01
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.50 m

Adición: 3% C444 + 100 g (SD)

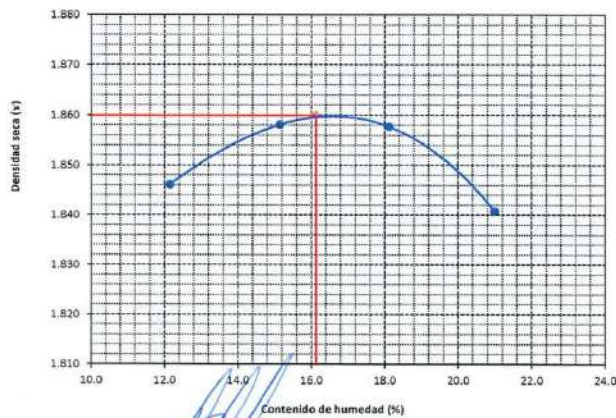
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5742	5805	5855	5885
Peso del molde	g.	3854	3854	3854	3854
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1888	1951	2001	2031
Volumen del molde	cm ³	911.9	911.9	911.9	911.9
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.070	2.139	2.194	2.227

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	69.56	71.75	72.22
Peso de tara	g.	20.14	20.96	20.37	20.11
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	1.846	1.858	1.858	1.841

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.860	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.13	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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-1893

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : : N° 01
 MUESTRA : : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.50 m
 Adición: 3% C444 + 100 g (SD)

COMPACTACIÓN												
N° Molde		A-10				A-11				A-12		
N° Capa		5				5				5		
N° Golpes por capa		56				25				12		
CONDICIÓN DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		
Peso molde + Suelo húmedo		12357		12542		12129		12372		12925		
Peso de molde (g)		7749		7749		7755		7755		8806		
Peso del suelo húmedo (g)		4608		4793		4374		4617		4119		
Volumen del molde (cc)		2133		2133		2124		2124		2118		
Densidad húmeda (g/cc)		2.160		2.247		2.059		2.174		1.945		
% de humedad		16.14		17.45		16.53		18.60		16.21		
Densidad seca (g/cc)		1.86		1.913		1.77		1.833		1.67		
HUMEDAD												
Tarro N°		-		-		-		-		-		
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		83.55		83.55		89.62		89.62		75.23		
Tarro + Suelo seco (gr.)		74.89		74.89		79.81		79.81		67.62		
Peso del Agua (gr.)		8.7		8.7		9.8		9.8		13.9		
Peso del tarro (gr.)		21.25		21.25		20.48		20.48		20.67		
Peso del suelo seco (gr.)		53.6		53.6		60.2		60.2		66.2		
% de humedad		16.14		17.45		16.53		18.60		16.21		
Promedio de Humedad (%)		16.145		17.45		16.53		18.60		16.21		
EXPANSIÓN												
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL		EXPANSIÓN		DIAL		EXPANSIÓN		DIAL	
			Pulg	%	Pulg	%	Pulg	%	Pulg	%		
7/10/2024	11:10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8/10/2024	12:10	24	0.22	0.006	0.15	0.004	0.12	0.003	0.12	0.003	0.03	
9/10/2024	13:10	48	1.46	0.036	1.25	0.031	1.35	0.034	1.35	0.034	0.04	
10/10/2024	14:10	72	5	0.125	5.35	0.134	6.31	0.158	6.31	0.158	0.26	
11/10/2024	15:10	96	10	0.250	10.36	0.259	10.39	0.260	10.39	0.260	0.57	
			4.57	total	4.57	total	4.57	total	4.57	total	5.69	
PENETRACIÓN												
PENETRACIÓN		TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° A-10			MOLDE N° A-11			MOLDE N° A-12		
				CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN	
mm.	pulg.		Lect. Dial	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	%	
0.000	0.000	0'00"	0	2		0	2		0	2		
0.840	0.025	0'30"	84.5	34		49.8	21		35.4	16		
1.270	0.050	1'00"	171.3	67		116.7	46		75.1	30		
1.910	0.075	1'30"	252.2	98		173.0	68		111.4	44		
2.540	0.100	2'00"	330.8	129	123.3	12.3	211.7	83	78.1	7.81	144.3	
3.810	0.150	3'00"	415.3	163		260.3	101		180.7	71		
5.080	0.200	4'00"	676.9	269.3	242.2	16.1	380.4	149	145.3	9.7	294.4	
6.350	0.250	5'00"	730.5	292		430.6	169		340.6	133		
7.620	0.300	6'00"	857.5	346		522.9	206		383.6	150		
10.180	0.400	8'00"	996.0	406		621.5	246		432.9	170		
12.700	0.500	10'00"	1036.2	424		662.0	263		451.6	177		

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, J.L.O, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

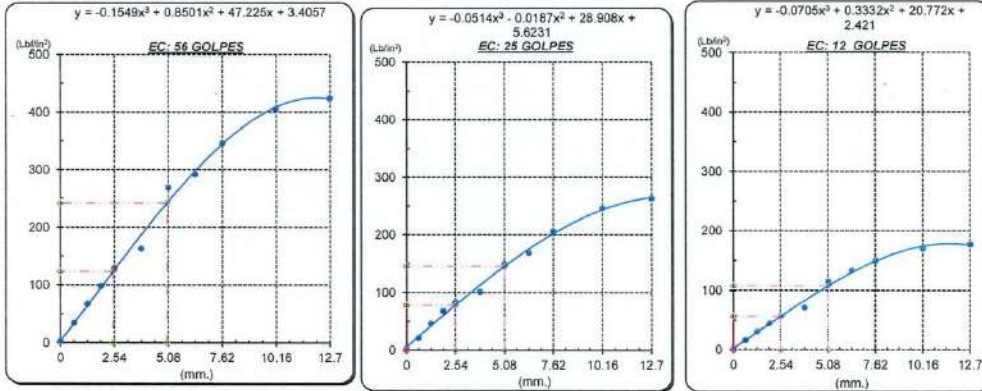


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.860 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.767 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	16.13 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	12.3 %	16.2 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	7.81 %	9.7 %

GRAFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DEL C.B.R.



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, I.L.O, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : : N° 01
 MUESTRA : : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.50 m

Adición: 3% C444 + 100 g (SD)

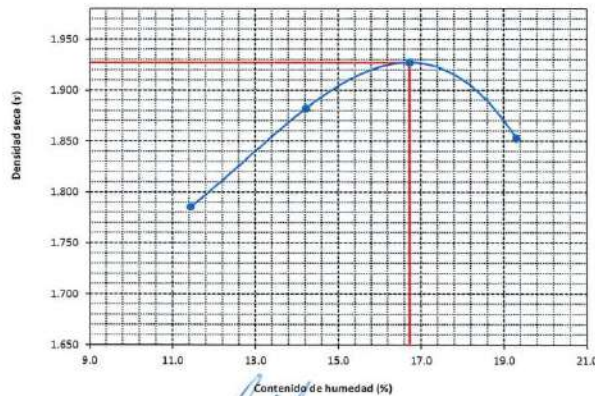
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	6019	6167	6259	6223
Peso del molde	g.	4180	4180	4180	4180
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1839	1987	2079	2043
Volumen del molde	cm ³	924.2	924.2	924.2	924.2
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.990	2.150	2.250	2.211

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.	71.30	69.44	72.78	73.76
Peso de tara	g.	21.21	21.23	21.56	21.69
Peso de agua	g.	5.73	6.86	8.57	10.05
Peso de suelo seco	g.	50.09	48.21	51.22	52.07
Contenido de agua	%	11.4	14.2	16.7	19.3
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.786	1.882	1.927	1.853

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.927	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.732	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Oblinas
 Tec. Laboratorio
 USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 01
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.50 m
 Adición: 3% C444 + 100 g (SD)

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	5				1				12					
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	12672	12740	12472	12516	12197	12251								
Peso de molde (g)	8003	8003	8003	8003	8395	8395								
Peso del suelo húmedo (g)	4669	4737	4469	4513	3802	3856								
Volumen del molde (cc)	2107	2107	2107	2107	2112	2112								
Densidad húmeda (g/cc)	2.216	2.248	2.121	2.142	1.800	1.826								
% de humedad	15.09	16.57	15.89	16.89	16.11	17.55								
Densidad seca (g/cc)	1.925	1.929	1.830	1.832	1.550	1.553								
HUMEDAD														
Tarro Nº														
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	155.6	155.6	4737	4737	204.0	204.0	4513	4513	157.8	157.8	3856.0	3856.0	3862.0	3862.0
Tarro + Suelo seco (gr.)	138.9	138.9	4669	4669	179.9	179.9	4469	4469	139.8	139.8	3802.0	3802.0	3802.0	3802.0
Peso del Agua (gr.)	16.7	16.7	68.0	68.0	24.1	24.1	44.0	44.0	18.0	18.0	54.0	54.0	54.0	54.0
Peso del tarro (gr.)	28.2	28.2	0	0	28.2	26.2	0	0	27.90	27.90	0	0	0	0
Peso del suelo seco (gr.)	110.7	110.7	4580.8	4580.8	151.7	151.7	4388.7	4388.7	111.9	111.9	3744.0	3744.0	3744.0	3744.0
% de humedad	15.09	15.09	16.57	16.57	15.89	15.89	16.89	16.89	16.11	16.11	17.55	17.55	17.55	17.55
Promedio de Humedad (%)	15.09		16.57		15.89		16.89		16.11		17.55		17.55	
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
14/10/2024	10:25	0	0.50	0	0	0.50	0	0	0.50	0	0			
15/10/2024	10:25	24	1.58	0.040		1.62	0.041		1.67	0.042				
16/10/2024	10:25	48	1.94	0.049		2.20	0.055		2.25	0.056				
17/10/2024	10:25	72	2.10	0.053		2.25	0.056		2.31	0.058				
18/10/2024	10:25	96	2.45	0.061		2.74	0.069		2.85	0.071				
			4.57	total	1.34	4.57	total	1.50	4.57	total	1.56			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº 5				MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 12			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	86	35			51	21			37	16		
1.270	0.050	1'00"	158	62			125	49			108	43		
1.910	0.075	1'30"	215	84			154	60			132	52		
2.540	0.100	2'00"	285	111	83.8	8.4	209	82	80.4	8.0	152	60	54.8	5.5
3.810	0.150	3'00"	359	140			287	112			178	70		
5.080	0.200	4'00"	426	167	169.3	11.3	374	146	142.1	9.5	218	84	86.2	5.7
6.350	0.250	5'00"	486	183			407	159			238	93		
7.620	0.300	6'00"	755	302			506	199			258	101		
10.180	0.400	8'00"	887	358			604	239			400	156		
12.700	0.500	10'00"	1025	418			715	285			435	170		

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 06, J.L.O, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

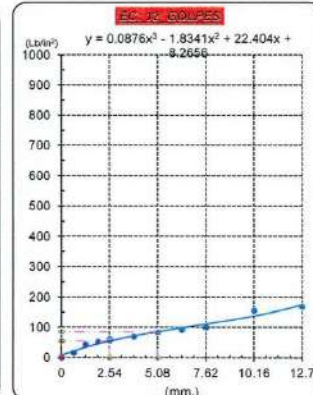
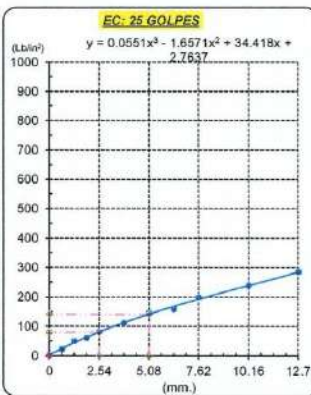
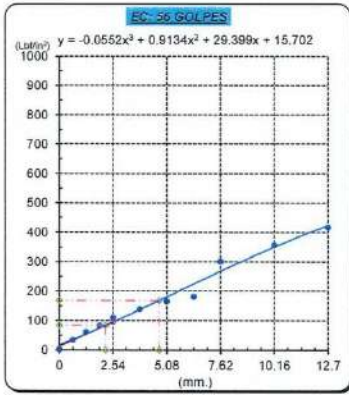


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.927 g/cm ³	
DENSIDAD SECA AL 95%	1.831 g/cm ³	1.73437
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	16.73 %	

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	8 %	11 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	8 %	9 %



Henry Rivaquienya Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TECNICO DEL LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 01
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.50 m

Adición: 3% C444 + 100 g (SD)

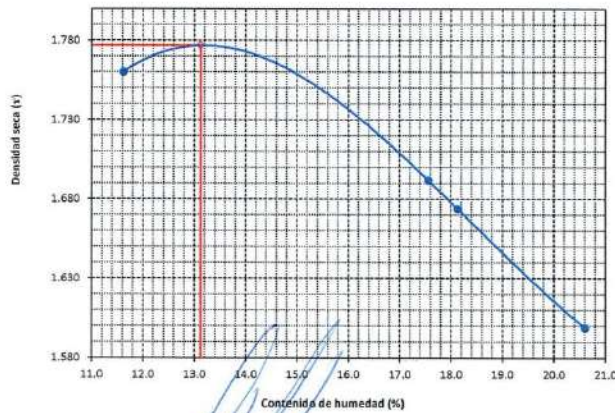
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5670	5727	5716	5704
Peso del molde	g.	3850	3850	3850	3850
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1820	1877	1866	1854
Volumen del molde	cm ³	943.7	943.7	943.7	943.7
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.929	1.989	1.977	1.965

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	124.52	129.87	123.74	123.54
Peso del suelo seco + tara	g.	107.89	114.54	108.96	113.52
Peso de tara	g.	27.17	27.25	27.45	27.29
Peso de agua	g.	16.63	15.33	14.78	10.02
Peso de suelo seco	g.	80.72	87.29	81.51	86.23
Contenido de agua	%	20.6	17.6	18.1	11.6
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.599	1.692	1.674	1.760

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.777	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	13.12	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : : N° 01
 MUESTRA : : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.50 m
 Adición: 3% C444 + 100 g (SD)

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	A-12				A-2				A-4					
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	12821	12852	11810	11880	12640	12703								
Peso de molde (g)	8495	8495	7295	7295	8478	8478								
Peso del suelo húmedo (g)	4326	4357	4515	4585	4162	4225								
Volumen del molde (cc)	1942	1942	2112	2112	2025	2025								
Densidad húmeda (g/cc)	2.228	2.244	2.138	2.171	2.055	2.088								
% de humedad	7.61	8.34	2.58	2.58	4.16	4.16								
Densidad seca (g/cc)	2.070	2.071	2.084	2.084	1.448	1.454								
HUMEDAD														
Tarro Nº														
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	61.3	61.3	4357	4357	224.6	224.6	4585	4585	98.5	98.5	4225.0	4225.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)	58.3	58.3	4326	4326	219.6	219.6	4515	4515	74.9	74.9	4162.0	4162.0		
Peso del Agua (gr.)	3.0	3.0	31.0	31.0	5.0	5.0	70.0	70.0	23.6	23.6	63.0	63.0		
Peso del tarro (gr.)	18.61	18.61	0	0	25.6	25.6	0	0	18.58	18.58	0	0		
Peso del suelo seco (gr.)	39.7	39.7	4238.3	4238.3	194.0	194.0	4422.8	4422.8	56.3	56.3	4102.6	4102.6		
% de humedad	7.61	7.61	8.34	8.34	2.58	2.58	4.16	4.16	41.97	41.97	43.51	43.51		
Promedio de Humedad (%)	7.61	7.61	8.34	8.34	2.58	2.58	4.16	4.16	41.97	41.97	43.51	43.51		
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN			DIAL	EXPANSIÓN			DIAL	EXPANSIÓN		
				Pulg	%			Pulg	%			Pulg	%	
26/10/2024	10:45	0	0.4	0	0	0.5	0	0	0.56	0	0			
27/10/2024	10:45	24	0.5	0.013		0.8	0.020		0.68	0.017				
28/10/2024	10:45	48	1	0.025		1	0.025		1	0.025				
29/10/2024	10:45	72	1.1	0.026		1.3	0.033		1.1	0.028				
30/10/2024	10:45	96	1.28	0.032		1.35	0.034		1.25	0.031				
			4.57	total	0.70	4.57	total	0.74	4.57	total	0.68			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-12				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-4			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			6	2		
0.640	0.025	0'30"	12	32			10	27			7	19		
1.270	0.050	1'00"	35	98			26	66			12	32		
1.910	0.075	1'30"	46	115			35	88			15	49		
2.540	0.100	2'00"	62	154	161.6	16.2	42	105	116.1	11.6	26	68	69.6	7.0
3.810	0.150	3'00"	93	229			75	185			42	105		
5.080	0.200	4'00"	118	290	320.8	21.4	96	237	236.1	15.7	63	156	152.6	10.2
6.350	0.250	5'00"	165	405			115	283			85	210		
7.620	0.300	6'00"	200	490			145	356			97	239		
10.160	0.400	8'00"	210	515			176	432			134	329		
12.700	0.500	10'00"	238	583			196	480			173	424		

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N° 09, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

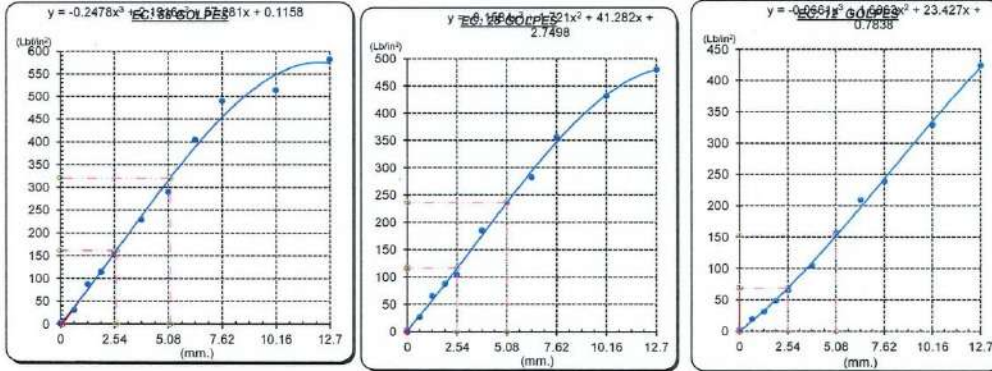


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.777 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.688 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	13.12 %

VALOR DEL C.B.R.

2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	12 % 16 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	9 % 12 %

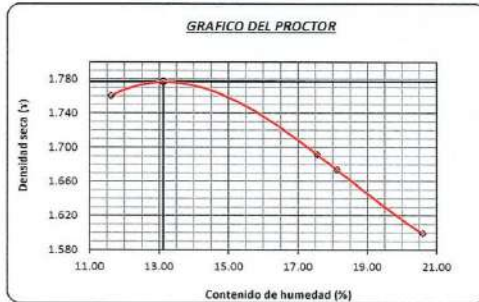


GRAFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DEL C.B.R.

Henry Rivadeneira Oblitas
 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Agosto del 2024

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 suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata N°: 02

Muestra: M-1

Profundidad: 0.20m. - 0.70m.

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	0.7	99.3
N° 20	0.850	1.2	98.8
N° 50	0.300	3.0	97.0
N° 100	0.150	6.0	94.0
N° 200	0.075	7.5	92.5



	G.G. %	G.F. %	A.G. %	A.M. %	A.F. %	
% Grava	0.0	0.0	0.0			0.0
% Arena			0.7	1.6	5.2	7.5
% Arcilla y Limo					92.5	92.5
Total						100.0
Contenido de Humedad						23.36

Límite líquido (LL)	50.45 (%)
Límite Plástico (LP)	25.74 (%)
Índice Plástico (IP)	24.70 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CH
Descripción del suelo	Arcilla de alta plasticidad
Clasificación (AASHTO)	A-7-6 (16)
Descripción	MALO



Determinar el contenido de humedad de un suelo

Humedad: 22.20%

contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

Sales: 0.20

Henry Rivadeneira Obilias
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TECNICO DE LABORATORIO



Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
Escuela : Ingeniería Civil
Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
Fecha de emisión : Chiclayo, Agosto del 2024

ENSAYO : Peso específico relativo de sólidos (G_s)-Material que pasa la malla N° 4
REFERENCIA : NTP 339.131 ASTM D - 854

Calicata: 02 Muestra: 01		C-02 M1					
1. N° de fiola		F-2					
2. Peso de la fiola	g.	89.81					
3. Peso de la muestra de suelo - seco	g.	50.0					
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola: (2+3)	g.	139.8					
5. Peso de la muestra + Fiola + agua	g.	368.8					
6. Peso de la fiola + peso de agua	g.	338.0					
7. Peso específico relativo de sólidos (G_s)	$(3)/((3+6)-5) \text{ g/cm}^3$	2.606					

OBSERVACIONES :

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


Henry
Rivadeneyra
Obitas
Tec. Laboratorio
USAT






UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Agosto del 2024

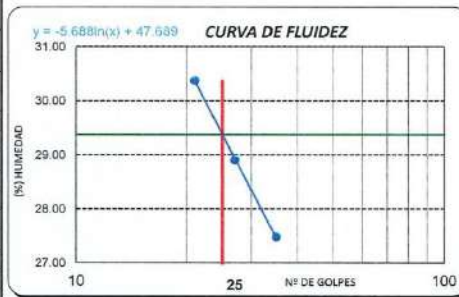
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 N.T.P. 399.131
 N.T.P. 339.127: 1998

Calicata N°: 02

Muestra: M-2

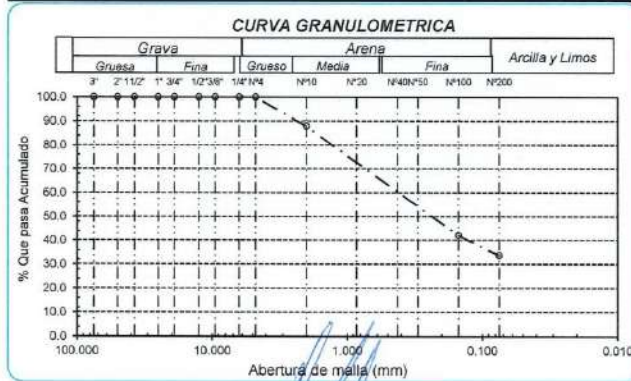
Profundidad: 0.70m. - 1.50m.

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	% Acumulados 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° 60	0.300	37.2	62.8
N° 100	0.150	57.8	42.2
N° 200	0.075	66.3	33.7



Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	0.0	0.0
	G.F. %	0.0	
	A.G. %	12.2	
% Arena	A.M. %	15.4	66.3
	A.F. %	35.8	
	% Arcilla y Limo	33.7	
Total		100.0	

Ensayo de Limite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	29.38 (%)
Límite Plástico (LP)	13.64 (%)
Índice Plástico (IP)	15.74 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	SC
Descripción del suelo	Arena arcillosa
Clasificación (AASHTO)	A-2-6 (1)
Descripción	REGULAR



Determinar el contenido de humedad de un suelo

Humedad: 11.80%

contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

Sales: 0.03

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



GRAVEDAD ESPECÍFICA

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
Escuela : Ingeniería Civil
Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
Fecha de emisión : Chiclayo, Agosto del 2024

ENSAYO : Peso específico relativo de sólidos (G_s)-Material que pasa la malla N° 4
REFERENCIA : NTP 339.131 ASTM D - 854

Calicata: 02 Muestra: 02		C-02 M2					
1. N° de fiola		F-3					
2. Peso de la fiola	g.	63.26					
3. Peso de la muestra de suelo - seco	g.	50.0					
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola (2+3)	g.	113.3					
5. Peso de la muestra + Fiola + agua	g.	209.3					
6. Peso de la fiola + peso de agua	g.	178.0					
7. Peso específico relativo de sólidos (G_s)	$(3)/((3+6)-5) \text{ g/cm}^3$	2.672					

OBSERVACIONES :

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Henry Rivas Obilias
Henry Rivas Obilias
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
UNIVERSIDAD CATÓLICA
SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



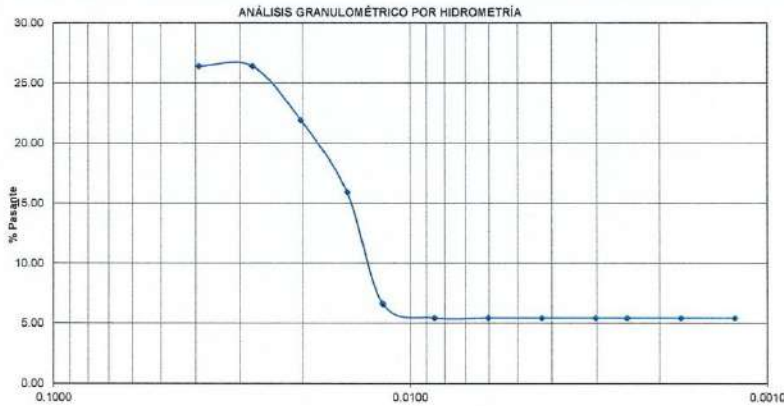
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDROMETRÍA
NORMA ASTM D421-56
NORMA ASTM D422-63 (2007)

Tesis: Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela: Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis: Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel fretico para fines de pavimentación
 Material: Suelo Natural
 Ubicación: Calle Atahuaipa cuadra N°09, distrito de José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque
 Fecha de Ensayo: 25/08/2024
 Muestra: C2-M2

HIDROMETRO	151H	AGENTE DISPERSANTE	NaPO3	CONCENTRACION	0,05 N
CORRECCION POR DEFLOCULANTE Cd		8	CORRECCION POR MENISCO, Cm		
VOLUMEN DEL HIDROMETRO		50	Gs:	2.541	a= 1.027
1000 cm ³		Ws, gr.			

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	R'M	T °c	CT	RHC	WD1 %	R'H+CM	L (cm)	Lt (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
26/08/2023	08:30	1	22.00	22.2	168.3	182.31	374.35	22.1	9.09	9.09	0.012970	0.0301	28.39
26/08/2023	08:32	2	22.00	23.1	168.3	182.31	374.35	22.1	9.09	4.54	0.012970	0.0276	28.39
26/08/2023	08:34	4	20.00	24.6	139.2	151.25	310.57	20.1	9.74	2.44	0.012970	0.0202	21.89
26/08/2023	08:36	8	17.00	25.6	100.8	109.84	225.54	17.1	10.72	1.34	0.012970	0.0150	15.90
26/08/2023	08:51	15	11.00	24.6	42.7	45.71	93.87	11.1	12.69	0.85	0.012970	0.0119	6.62
26/08/2023	09:21	30	10.00	23.5	35.4	37.45	76.89	10.1	13.02	0.43	0.012970	0.0085	5.42
26/08/2023	09:30	60	10.00	23.5	35.4	37.45	76.89	10.1	13.02	0.22	0.012970	0.0060	5.42
26/08/2023	10:30	120	10.00	23.5	35.4	37.45	76.89	10.1	13.02	0.11	0.012970	0.0043	5.42
26/08/2023	12:30	240	10.00	23.5	35.4	37.45	76.89	10.1	13.02	0.05	0.012970	0.0030	5.42
26/08/2023	15:30	360	10.00	23.5	35.4	37.45	76.89	10.1	13.02	0.04	0.012970	0.0025	5.42
26/08/2023	20:34	720	10.00	23.5	35.4	37.45	76.89	10.1	13.02	0.02	0.012970	0.0017	5.42
27/08/2023	08:40	1440	10.00	23.5	35.4	37.45	76.89	10.1	13.02	0.01	0.012970	0.0012	5.42

% PASANTE TAMIZ Nº 200: 7.05



mm

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





MINISTERIO DE EDUCACIÓN
 INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR
 USAT



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

Escuela : Ingeniería Civil
 Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Calicata : N° 02 Nivel Freático : 1.50 m
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Profundidad : 0.20 m - 1.50 m
 Fecha de emisión : Chiclayo, Agosto 2024

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

Profundidad 0.0 (m)	Tipo de Excavación	Muestra N°	Símbolo	Clasificación SUCS	Descripción visual (IN-SITU)
0.2	A				Relleno
0.3 0.4	C I E L O	M - 1		CH A-7-6 (16)	Arcilla de alta plasticidad Límite líquido = 50.45 Límite plástico = 25.74 Índice de plasticidad = 24.71 Contenido de humedad = 22.20% Contenido de sales = 0.20
0.6 0.8					0.70
1.0	A B I E R T O	M - 2		SC A-2-6 (1)	Arena arcillosa Límite líquido = 29.38 Límite plástico = 13.64 Índice de plasticidad = 15.74 Contenido de humedad = 11.80% Contenido de sales = 0.03
1.2 1.4					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

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando

una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))

N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 02
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.70 m - 1.50 m

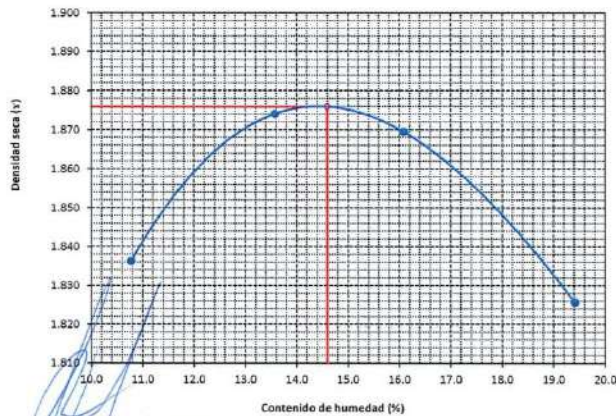
Numero de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5709	5795	5833	5842
Peso del molde	g.	3854	3854	3854	3854
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1855	1941	1979	1988
Volumen del molde	cm ³	911.9	911.9	911.9	911.9
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.034	2.129	2.170	2.180

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	71.42	70.53	75.61	77.62
Peso del suelo seco + tara	g.	66.55	64.65	68.16	68.52
Peso de tara	g.	21.36	21.34	21.84	21.65
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	1.826

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.876	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	14.60	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 02
 MUESTRA : N° 02

PROFUNDIDAD : 0.70 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
N° Molde		A-7				A-8				A-9				
N° Capa		5				5				5				
N° Golpes por capa		56				25				12				
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado				
Peso molde + Suelo húmedo		12405	12592	12241	12460	11945	12168							
Peso de molde (g)		7855	7855	7903	7903	7828	7828							
Peso del suelo húmedo (g)		4550	4737	4338	4557	4117	4340							
Volumen del molde (cc)		2117	2117	2119	2119	2125	2125							
Densidad húmeda (g/cc)		2.149	2.238	2.047	2.151	1.937	2.042							
% de humedad		14.51	15.91	14.81	15.99	14.74	15.72							
Densidad seca (g/cc)		1.88	1.930	1.78	1.854	1.69	1.765							
HUMEDAD														
Tarro N°		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		82.08	82.1	90.16	90.16	88.1	88.1	89.45	89.45	73.28	73.28			
Tarro + Suelo seco (gr.)		74.37	74.37	80.65	80.65	79.38	79.38	79.95	79.95	66.46	66.46			
Peso del Agua (gr.)		7.7	7.7	9.5	9.5	8.7	8.7	9.5	9.5	6.8	6.8			
Peso del tarro (gr.)		21.25	21.25	20.89	20.89	20.44	20.44	20.55	20.55	20.19	20.19			
Peso del suelo seco (gr.)		53.1	53.1	59.8	59.8	58.9	58.9	59.4	59.4	46.3	46.3			
% de humedad		14.51	14.51	15.91	15.91	14.81	14.81	15.99	15.99	14.74	14.74			
Promedio de Humedad (%)		14.514	14.514	15.91	15.91	14.81	14.81	15.99	15.99	14.74	14.74			
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL			EXPANSIÓN			DIAL			EXPANSIÓN		
			Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%	
12/09/2025	12:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13/09/2025	12:30	24	0.22	0.006		0.15	0.004		0.12	0.003		0.03	0.003	
14/09/2025	12:30	48	1.45	0.036		1.25	0.031		1.35	0.034		1.05	0.034	
15/09/2025	12:30	72	5	0.125		5.35	0.134		6.31	0.158		5.35	0.158	
16/09/2025	12:30	96	10	0.250		10.36	0.259		10.39	0.260		10.39	0.260	
			4.57	total	5.47	4.57	total	5.67	4.57	total	5.69	4.57	total	5.69
PENETRACION														
PENETRACION	TIEMPO	CARGA STAND	MOLDE N° A-7				MOLDE N° A-8				MOLDE N° A-9			
			CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
m.m.	pulg.	Lbf/in2												
0.000	0.000	0'00"	0	2					0	2				
0.640	0.025	0'30"	86.8	35					55.3	23				
1.270	0.050	1'00"	102.6	41					71.4	29				
1.910	0.075	1'30"	115.6	46					95.1	38				
2.540	0.100	2'00"	345.9	135	69.1	6.9			153.7	60	58.6	5.9		
3.810	0.150	3'00"	360.8	141					231.8	90				
5.080	0.200	4'00"	370.6	144.7	136.0	9.1			240.4	94	100.3	6.7		
6.350	0.250	5'00"	400.4	157					305.1	119				
7.620	0.300	6'00"	429.5	168					349.3	136				
10.180	0.400	8'00"	485.6	191					391.7	153				
12.700	0.500	10'00"	556.5	220					463.2	182				

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, J.L.O, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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 - PENETRACIÓN

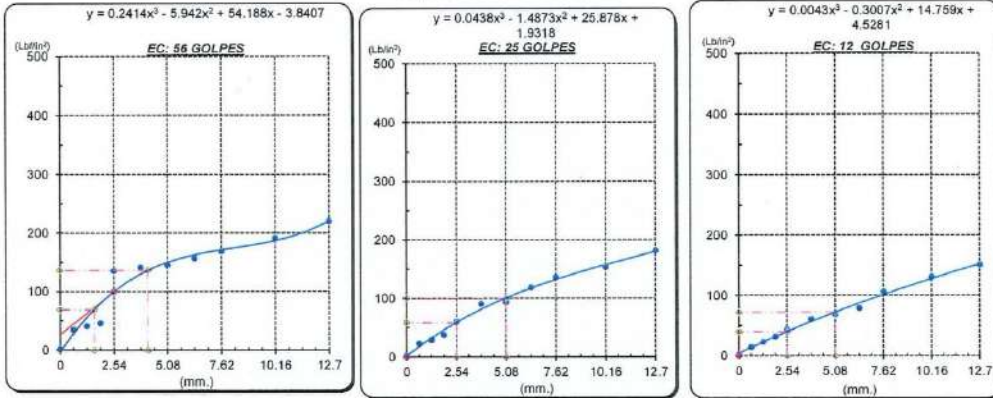


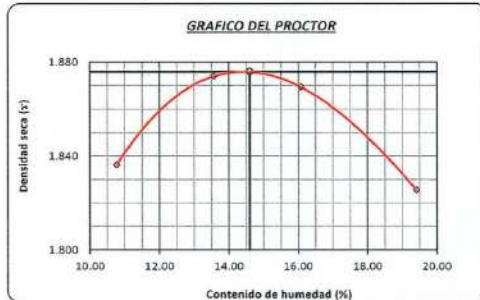
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.876 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.792 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	14.60 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	6.9 %	9.1 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	5.8 %	6.7 %



Henry Rivadeneira Obillas
 Tec. Laboratorio USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
Escuela : Ingeniería Civil
Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 02
 MUESTRA : N° 02
 PROFUNDIDAD : 0.70 m - 1.50 m
 Adición: 1% C444 + 50 g (SD)

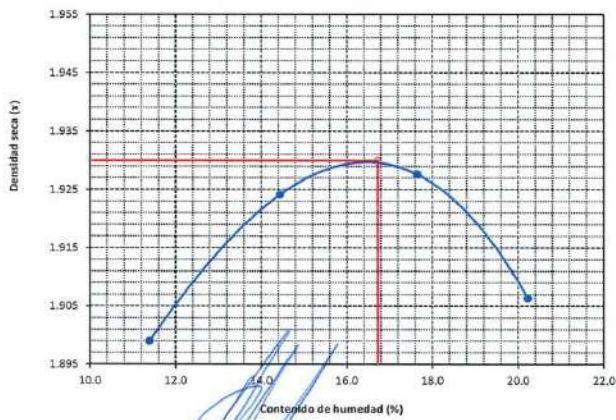
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5783	5662	5922	5944
Peso del molde	g.	3854	3854	3854	3854
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1929	2008	2068	2090
Volumen del molde	cm ³	911.9	911.9	911.9	911.9
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.115	2.202	2.266	2.292

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	69.35	72.38	73.36
Peso de tara	g.	21.21	21.23	21.56	21.69
Peso de agua	g.	5.71	6.95	8.97	10.45
Peso de suelo seco	g.	50.11	48.12	50.82	51.67
Contenido de agua	%	11.4	14.4	17.65	20.2
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.899	1.924	1.926	1.906

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.930	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.73	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 02
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.70 m - 1.50 m
 Adición: 1% C444 + 50 g (SD)

COMPACTACIÓN																									
N° Molde		A-4				A-5				A-6															
N° Capa		5				5				5															
N° Golpes por capa		56				25				12															
CONDICION DE LA MUESTRA																									
		Sin Saturado				Saturado				Sin Saturado		Saturado													
Peso molde + Suelo húmedo		12623				12871				13325		13572		12163		12525									
Peso de molde (g)		7843				7843				8738		8736		7840		7840									
Peso del suelo húmedo (g)		4780				5028				4587		4834		4323		4685									
Volumen del molde (cc)		2122				2122				2125		2125		2132		2132									
Densidad húmeda (g/cc)		2.253				2.369				2.159		2.275		2.028		2.197									
% de humedad		16.73				18.04				17.74		19.19		16.75		21.64									
Densidad seca (g/cc)		1.93				2.007				1.83		1.909		1.74		1.807									
HUMEDAD																									
Tarro N°																									
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		68.23		68.23		76.98		76.98		75.86		75.86		76.27		76.27		80.73		80.73		85.89		85.89	
Tarro + Suelo seco (gr.)		61.34		61.34		68.36		68.36		67.59		67.59		67.27		67.27		54.95		54.95		74.26		74.26	
Peso del Agua (gr.)		6.9		6.9		8.6		8.6		8.3		8.3		9.0		9.0		5.8		5.8		11.6		11.6	
Peso del tarro (gr.)		20.16		20.16		20.58		20.58		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		53.8		53.8	
% de humedad		16.73		16.73		18.04		18.04		17.74		17.74		19.19		19.19		16.75		16.75		21.64		21.64	
Promedio de Humedad (%)		16.731		16.731		18.04		18.04		17.74		17.74		19.19		19.19		16.75		16.75		21.64		21.64	
EXPANSIÓN																									
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN															
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%														
23/09/2024	12:25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0														
24/09/2024	12:25	24	0.22	0.006	0.15	0.004	0.12	0.003	0.12	0.003	0.003														
25/09/2024	12:25	48	1.45	0.036	1.25	0.031	1.35	0.034	1.35	0.034	0.034														
26/09/2024	12:25	72	5	0.125	5.35	0.134	6.31	0.158	6.31	0.158	0.158														
27/09/2024	12:25	96	10	0.250	10.36	0.259	10.39	0.260	10.39	0.260	0.260														
			4.57	total	5.47	4.57	total	5.67	4.57	total	5.69														
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	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%											
0.000	0.000	0'00"	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2													
0.640	0.025	0'30"	92.7	37	68.3	26	40.5	17	68.3	26	40.5	17													
1.270	0.050	1'00"	195.9	76	121.9	48	84.5	34	121.9	48	84.5	34													
1.910	0.075	1'30"	286.2	112	177.6	69	123.2	49	177.6	69	123.2	49													
2.540	0.100	2'00"	376.6	147	241.0	94	161.9	63	241.0	94	161.9	63	57.1	5.7											
3.810	0.150	3'00"	470.4	185	325.2	127	204.1	80	325.2	127	204.1	80													
5.080	0.200	4'00"	648.4	257.4	370.6	145	265.4	103	370.6	145	265.4	103	110.5	7.4											
6.350	0.250	5'00"	767.2	307	503.7	188	334.3	130	503.7	188	334.3	130													
7.620	0.300	6'00"	974.8	386	603.9	239	424.7	166	603.9	239	424.7	166													
10.160	0.400	8'00"	1128.5	464	715.3	285	490.4	193	715.3	285	490.4	193													
12.700	0.500	10'00"	1176.6	486	791.7	318	511.5	201	791.7	318	511.5	201													

Henry Rivas Obilias
 Tec. Laboratorio USAT





Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, J.L.O, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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 - PENETRACIÓN

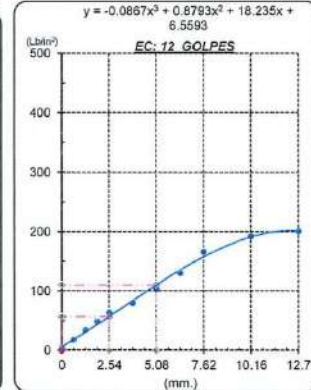
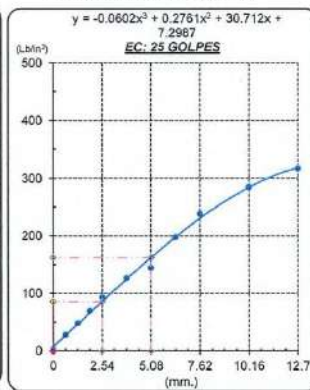
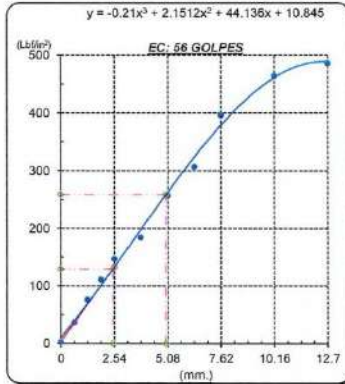


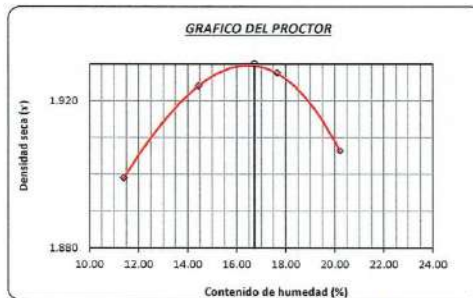
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.930 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.834 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	16.73 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	13.0 %	17.3 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	8.61 %	10.8 %



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : : N° 02
 MUESTRA : : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.70 m - 1.50 m
 Adición: 1% C444 + 50 g (SD)

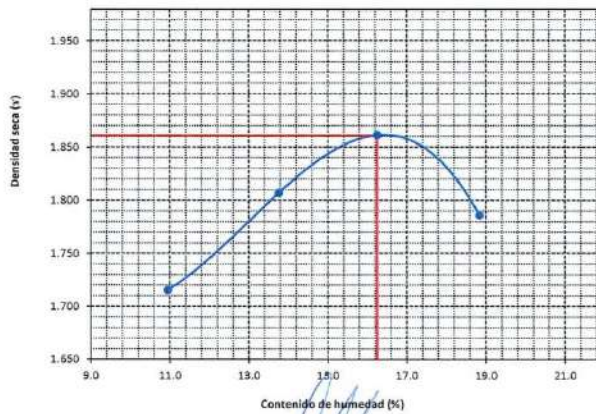
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5939	6080	6180	6142
Peso del molde	g.	4180	4180	4180	4180
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1759	1900	2000	1962
Volumen del molde	cm ³	924.2	924.2	924.2	924.2
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.903	2.056	2.164	2.123

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	77.20	76.29	81.33	83.82
Peso del suelo seco + tara	g.	71.59	69.50	72.82	73.80
Peso de tara	g.	20.36	20.15	20.46	20.59
Peso de agua	g.	5.61	6.79	8.51	10.02
Peso de suelo seco	g.	51.23	49.35	52.36	53.21
Contenido de agua	%	11.0	13.8	16.3	18.8
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.715	1.807	1.881	1.787

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.861	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.25	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación.
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2024

CALICATA : : N° 02
 MUESTRA : : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.70 m - 1.50 m
 Adición: 1% C444 + 50 g (SD)

COMPACTACIÓN															
N° Molde		A-23				A-24				A-25					
N° Capa		5				5				5					
N° Golpes por capa		56				25				12					
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo		12343		12418		12217		12322		12069		12273			
Peso de molde (g)		8003		8003		8003		8003		8300		8300			
Peso del suelo húmedo (g)		4340		4415		4214		4319		3789		3973			
Volumen del molde (cc)		2107		2107		2107		2107		2125		2125			
Densidad húmeda (g/cc)		2.060		2.095		2.000		2.050		1.774		1.870			
% de humedad		13.08		14.84		13.49		16.02		13.16		18.66			
Densidad seca (g/cc)		1.822		1.825		1.782		1.787		1.567		1.576			
HUMEDAD															
Tarro N°		-		-		-		-		-		-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		80.5		80.5		4415		4415		87.8		87.8			
Tarro + Suelo seco (gr.)		73.6		73.6		4340		4340		80.0		80.0			
Peso del Agua (gr.)		6.8		6.8		75.0		75.0		7.8		7.8			
Peso del tarro (gr.)		21.25		21.25		0		0		21.96		21.96			
Peso del suelo seco (gr.)		52.4		52.4		4262.4		4262.4		58.1		58.1			
% de humedad		13.08		13.08		14.84		14.84		13.49		13.49			
Promedio de Humedad (%)		13.08		13.08		14.84		14.84		13.49		13.49			
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN			DIAL	EXPANSIÓN			DIAL	EXPANSIÓN			
				Pulg	%			Pulg	%			Pulg	%		
27/09/2024	12:35	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28/09/2024	12:35	24	1.00	0.025		1.20	0.030		1.4	0.035					
29/09/2024	12:35	48	2.20	0.055		2.50	0.063		3.2	0.080					
30/09/2024	12:35	72	2.90	0.073		3.20	0.080		4.5	0.113					
1/10/2024	12:35	96	3.20	0.080		3.90	0.098		4.9	0.123					
			4.57	total 1.75		4.57	total 2.13		4.57	total 2.68					
PENETRACION															
PENETRACION		TIEMPO	CARGA STAND	MOLDE N° A-23				MOLDE N° A-24				MOLDE N° A-25			
				CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
mm.	pulg.		Lb/in2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"		0	2			0.0	2			0.00	2		
0.640	0.025	0'30"		79	32			57.0	24			33	15		
1.270	0.050	1'00"		165	65			121.0	48			73	30		
1.910	0.075	1'30"		240	94			175.0	68			106	42		
2.540	0.100	2'00"	1000	316	123	105.8	10.7	229.0	89	87.8	8.8	138	54	53.2	5.3
3.810	0.150	3'00"		394	154			286.0	111			171	67		
5.080	0.200	4'00"	1500	541	213	204.4	13.6	466.0	183	180.5	12.0	279	109	107.4	7.2
6.350	0.250	5'00"		675	288			592.0	234			355	139		
7.620	0.300	6'00"		744	297			686.0	273			412	161		
10.160	0.400	8'00"		803	322			716.0	286			431	169		
12.700	0.500	10'00"		940	381			735.0	294			444	174		

Henry Ribadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, J.L.O, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2024

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

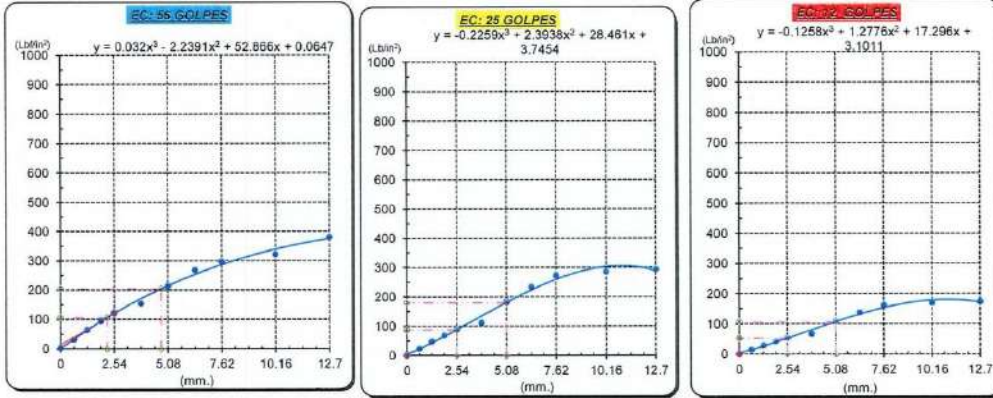


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.881 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.768 g/cm ³ 1.67534
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	16.25 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	12 %	15 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	9 %	12 %



[Handwritten signature]
 Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Tesis de Ingeniería Civil
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 02
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.70 m - 1.50 m
 Adición: 1% C444 + 50 g (SD)

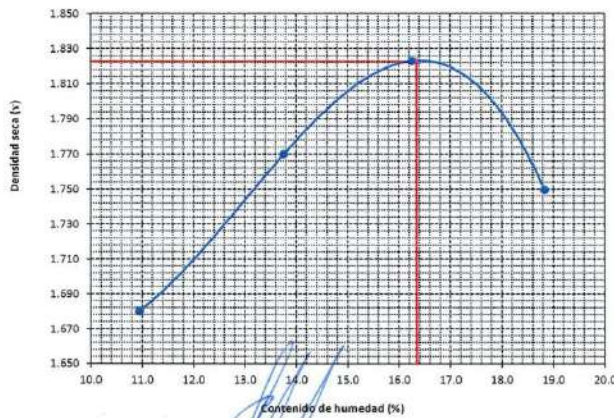
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5939	6080	6180	6142
Peso del molde	g.	4180	4180	4180	4180
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1759	1900	2000	1962
Volumen del molde	cm ³	943.7	943.7	943.7	943.7
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.864	2.013	2.119	2.079

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	77.20	76.29	81.33	83.82
Peso del suelo seco + tara	g.	71.59	69.50	72.82	73.80
Peso de tara	g.	20.36	20.15	20.46	20.59
Peso de agua	g.	5.61	6.79	8.51	10.02
Peso de suelo seco	g.	51.23	49.35	52.36	53.21
Contenido de agua	%	11.0	13.8	16.3	18.8
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.680	1.770	1.823	1.750

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.823	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.35	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 02
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.70 m - 1.50 m
 Adición: 1% C444 + 50 g (SD)

COMPACTACIÓN															
N° Molde	A-23				A-24				A-25						
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	13144		13242		12985		13085		12805		13008				
Peso de molde (g)	8706		8706		8706		8706		8806		8806				
Peso del suelo húmedo (g)	4438		4536		4279		4379		3999		4202				
Volumen del molde (cc)	2113		2113		2113		2113		2118		2118				
Densidad húmeda (g/cc)	2.100		2.147		2.025		2.072		1.888		1.984				
% de humedad	19.32		21.56		18.39		20.77		14.12		19.28				
Densidad seca (g/cc)	1.760		1.766		1.710		1.716		1.654		1.663				
HUMEDAD															
Tarro N°	-		-		-		-		-		-				
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	82.4	82.4	4536	4536	88.9	88.9	4379	4379	72.4	72.4	4202.0	4202.0			
Tarro + Suelo seco (gr.)	72.5	72.5	4438	4438	78.5	78.5	4279	4279	66.1	66.1	3999.0	3999.0			
Peso del Agua (gr.)	9.9	9.9	98.0	98.0	10.4	10.4	100.0	100.0	6.3	6.3	203.0	203.0			
Peso del tarro (gr.)	21.25	21.25	0	0	21.96	21.96	0	0	21.49	21.49	0	0			
Peso del suelo seco (gr.)	51.3	51.3	4361.2	4361.2	56.5	56.5	4207.0	4207.0	44.6	44.6	3933.9	3933.9			
% de humedad	19.32	19.32	21.56	21.56	18.39	18.39	20.77	20.77	14.12	14.12	19.28	19.28			
Promedio de Humedad (%)	19.32	19.32	21.56	21.56	18.39	18.39	20.77	20.77	14.12	14.12	19.28	19.28			
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN						
			DIAL	Pulg	%	DIAL	Pulg	%	DIAL	Pulg	%				
2/10/2024	12:18	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0				
3/10/2024	12:18	24	1.20	0.030		1.40	0.035		1.6	0.040					
4/10/2024	12:18	48	2.40	0.060		2.60	0.065		3.1	0.078					
5/10/2024	12:18	72	3.10	0.078		3.30	0.083		4.3	0.108					
8/10/2024	12:18	96	3.50	0.088		3.80	0.095		4.5	0.113					
			4.57	total 1.92		4.57	total 2.08		4.57	total 2.46					
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° A-23				MOLDE N° A-24				MOLDE N° A-25				
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	
0.000	0.000	0'00"	0	2			0.0	2			0.00	2			
0.640	0.025	0'30"	80	32			35.0	15			28	13			
1.270	0.050	1'00"	117	46			97.0	39			85	34			
1.910	0.075	1'30"	245	95			164.0	64			119	47			
2.540	0.100	2'00"	1000	325	127	98.2	9.8	224.0	87	86.5	8.7	152	60	59.8	5.0
3.810	0.150	3'00"		347	135			292.0	114			214	83		
5.080	0.200	4'00"	1500	507	199	189.0	12.6	415.0	162	158.1	10.5	265	103	103.0	6.9
6.350	0.250	5'00"		561	221			450.0	176			308	120		
7.620	0.300	6'00"		762	305			620.0	246			344	134		
10.160	0.400	8'00"		754	302			504.0	198			412	161		
12.700	0.500	10'00"		908	367			598.0	237			473	188		

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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 - PENETRACIÓN

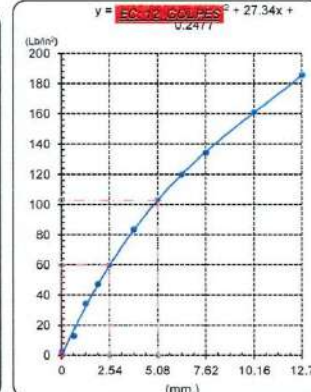
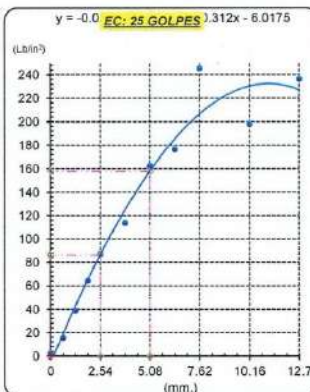
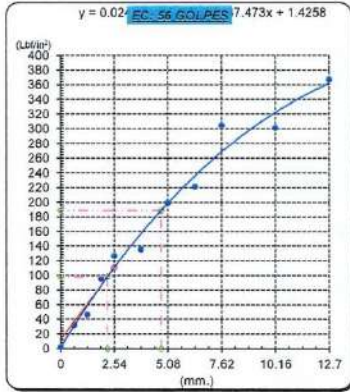


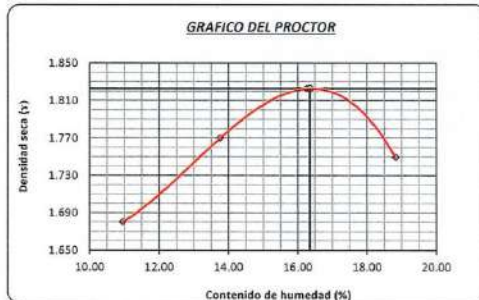
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.823 g/cm ³	
DENSIDAD SECA AL 95%	1.732 g/cm ³	1.64072
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	16.35 %	

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.		5.08 cm.	
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	12 %		15 %	
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	10 %		12 %	



Henry Rivadeneira Oblitas
 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT Universidad Católica

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe3))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 02
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.70 m - 1.50 m
 Adición: 2% C444 + 75 g (SD)

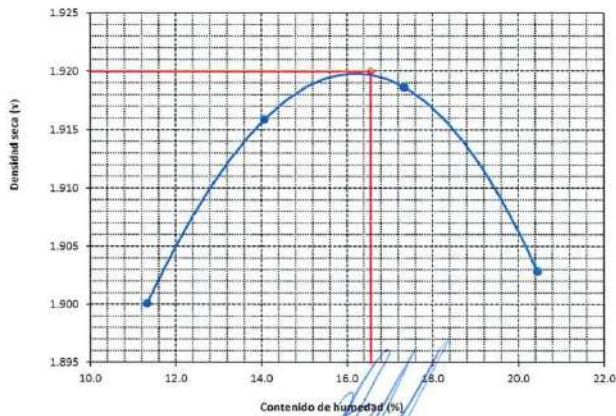
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5783	5847	5907	5944
Peso del molde	g.	3854	3854	3854	3854
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1929	1993	2053	2090
Volumen del molde	cm ³	911.9	911.9	911.9	911.9
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.115	2.186	2.251	2.292

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	68.76	68.09	72.33	74.34
Peso del suelo seco + tara	g.	63.76	62.14	64.53	65.01
Peso de tara	g.	19.63	19.87	19.55	19.38
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	1.920	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.56	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 02
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.70 m - 1.50 m
 Adición: 2% C444 + 75 g (SD)

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	A-1				A-2				A-3					
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	13366	13573	13295	13572	12709	13025								
Peso de molde (g)	8621	8621	8804	8904	8453	8453								
Peso del suelo húmedo (g)	4745	4952	4491	4768	4256	4572								
Volumen del molde (cc)	2126	2120	2112	2112	2113	2113								
Densidad húmeda (g/cc)	2.238	2.336	2.126	2.258	2.014	2.164								
% de humedad	16.56	17.99	16.58	19.03	16.54	21.56								
Densidad seca (g/cc)	1.92	1.980	1.82	1.897	1.73	1.780								
HUMEDAD														
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	68.40	68.40	77.07	77.07	75.35	75.35	76.44	76.44	61.34	61.34	86.00	86.00		
Tarro + Suelo seco (gr.)	61.56	61.56	68.46	68.46	67.53	67.53	67.49	67.49	55.61	55.61	74.39	74.39		
Peso del Agua (gr.)	6.8	6.8	8.6	8.6	7.8	7.8	9.0	9.0	5.7	5.7	11.6	11.6		
Peso del tarro (gr.)	20.25	20.25	20.59	20.59	20.37	20.37	20.46	20.46	20.97	20.97	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	16.58	16.58	19.03	19.03	16.54	16.54	21.56	21.56		
Promedio de Humedad (%)	16.558		17.99		16.58		19.03		16.54		21.56			
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL		EXPANSION Pulg. %		DIAL		EXPANSION Pulg. %					
23/09/2024	14:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
24/09/2024	14:00	24	0.22	0.006	0.15	0.004	0.12	0.003						
25/09/2024	14:00	48	1.45	0.036	1.25	0.031	1.35	0.034						
26/09/2024	14:00	72	5	0.125	5.35	0.134	6.31	0.156						
27/09/2024	14:00	96	10	0.250	10.36	0.259	10.39	0.260						
			4.57	total	5.47	4.57	total	5.67	4.57	total	5.69			
PENETRACION														
PENETRACION	TIEMPO	CARGA STAND. Lbt/in2	MOLDE Nº A-1				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3			
			CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
mm.	pulg.		Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	96.2	38			69.2	28			42.2	18		
1.270	0.050	1'00"	201.8	79			124.3	49			86.8	35		
1.910	0.075	1'30"	292.1	114			193.5	76			126.7	50		
2.540	0.100	2'00"	384.8	150	126.5	12.6	249.9	97	88.2	8.82	165.4	65	58.2	5.8
3.810	0.150	3'00"	481.0	189			340.4	133			207.6	81		
5.080	0.200	4'00"	574.6	227.0	256.8	17.1	390.3	153	172.7	11.5	270.4	105	112.2	7.5
6.350	0.250	5'00"	782.5	314			519.0	204			336.7	131		
7.620	0.300	6'00"	996.0	406			671.5	267			430.5	169		
10.160	0.400	8'00"	1155.5	478			786.4	315			499.7	196		
12.700	0.500	10'00"	1203.6	498			852.8	344			520.9	205		

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, J.L.O, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

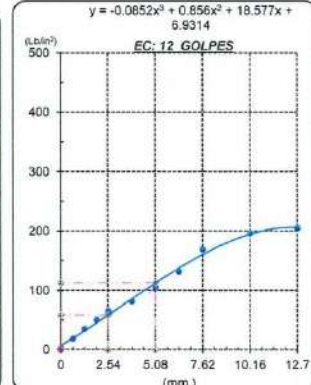
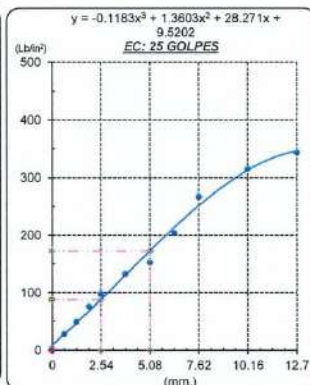
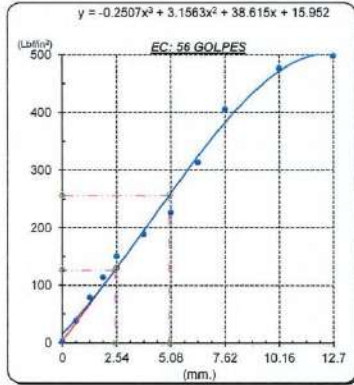


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.920 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.824 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	16.56 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	12.6 %	17.1 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	8.82 %	11.5 %



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 02
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.70 m - 1.50 m
 Adición: 2% C444 + 75 g (SD)

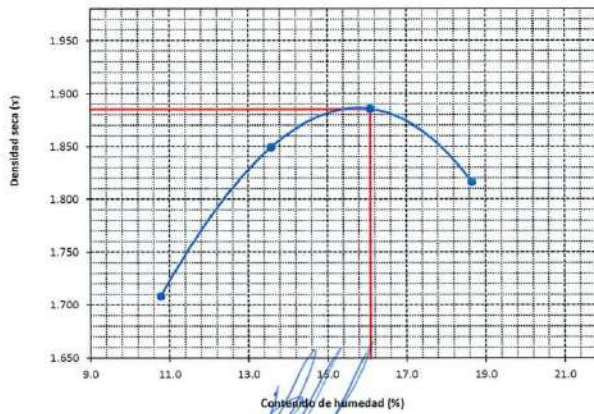
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5929	6121	6203	6172
Peso del molde	g.	4180	4180	4180	4180
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1749	1941	2023	1992
Volumen del molde	cm ³	924.2	924.2	924.2	924.2
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.892	2.100	2.189	2.155

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	71.42	70.53	75.61	77.62
Peso del suelo seco + tara	g.	66.55	64.65	68.16	68.82
Peso de tara	g.	21.36	21.34	21.84	21.64
Peso de agua	g.	4.87	5.88	7.45	8.8
Peso de suelo seco	g.	45.19	43.31	46.32	47.18
Contenido de agua	%	10.8	13.6	16.1	18.7
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.708	1.849	1.886	1.817

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.886	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.08	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 02
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.70 m - 1.50 m
 Adición: 2% C444 + 75 g (SD)

COMPACTACIÓN															
N° Molde		A-23				A-24				A-25					
N° Capa		5				5				5					
N° Golpes por capa		56				25				12					
CONDICIÓN DE LA MUESTRA															
		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado					
Peso molde + Suelo húmedo		12495		12532		12251		12358		12094					
Peso de molde (g)		8003		8003		8003		8003		8300					
Peso del suelo húmedo (g)		4492		4529		4248		4355		3794					
Volumen del molde (cc)		2107		2107		2107		2107		2125					
Densidad húmeda (g/cc)		2.132		2.150		2.015		2.067		1.785					
% de humedad		14.00		14.84		14.58		17.14		15.74					
Densidad seca (g/cc)		1.870		1.872		1.780		1.764		1.543					
HUMEDAD															
Tarro N°		-		-		-		-		-					
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		82.1		4529		88.1		4355		4002.0					
Tarro + Suelo seco (gr.)		74.6		4492		79.6		4248		3794.0					
Peso del Agua (gr.)		7.5		37.0		8.6		107.0		208.0					
Peso del tarro (gr.)		21.25		0		20.44		0		20.19					
Peso del suelo seco (gr.)		53.4		4409.5		59.1		4174.5		3736.4					
% de humedad		14.00		14.84		14.58		17.14		15.74					
Promedio de Humedad (%)		14.00		14.84		14.58		17.14		15.74					
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%				
28/09/2024	14:30	0	0.60	0	0	0	0	0	0	0	0				
29/09/2024	14:30	24	2.20	0.055		2.30	0.058		2.4	0.060					
30/09/2024	14:30	48	2.30	0.058		2.50	0.063		3.1	0.078					
1/10/2024	14:30	72	3.00	0.075		3.50	0.088		4.3	0.106					
2/10/2024	14:30	96	3.30	0.083		3.80	0.095		3.84	0.096					
			4.57	total	1.81	4.57	total	2.08	4.57	total	2.10				
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° A-23				MOLDE N° A-24				MOLDE N° A-25			
				CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
				Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
mm.	pulg.	Lbf/in2	0	2			0.0	2			0.00	2			
0.640	0.025	0'30"	78	32			56.0	27			42	18			
1.270	0.050	1'00"	174	68			130.0	51			83	33			
1.910	0.075	1'30"	249	97			184.0	72			112	44			
2.540	0.100	2'00"	325	127	107.4	10.7	238.0	93	91.8	9.2	147	58	50.2	5.0	
3.810	0.150	3'00"	403	158			295.0	115			181	71			
5.090	0.200	4'00"	560	217	205.5	13.7	475.0	186	184.7	12.3	188	73	102.5	6.8	
6.350	0.250	5'00"	664	264			611.0	242			364	142			
7.620	0.300	6'00"	753	301			685.0	273			421	165			
10.160	0.400	8'00"	812	326			725.0	289			440	172			
12.700	0.500	10'00"	948	385			744.0	297			452				

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, J.L.D, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

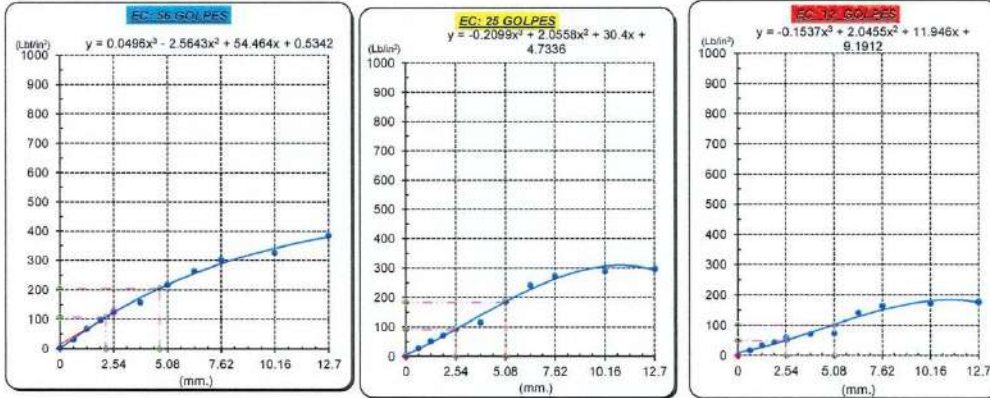


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.886 g./cm ³	
DENSIDAD SECA AL 95%	1.791 g./cm ³	1.69707
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	16.08 %	

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	11 %	14 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	10 %	13 %



Henry Rivadeneyra Oblias
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/pe³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
Escuela : Ingeniería Civil
Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 02
MUESTRA : N° 02
PROFUNDIDAD : 0.70 m - 1.50 m
 Adición: 2% C444 + 75 g (SD)

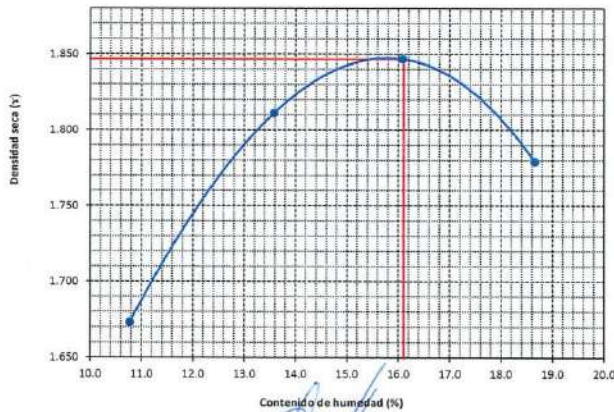
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5929	6121	6203	6172
Peso del molde	g.	4180	4180	4180	4180
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1749	1941	2023	1992
Volumen del molde	cm ³	943.7	943.7	943.7	943.7
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.853	2.057	2.144	2.111

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	71.42	70.53	75.61	77.62
Peso del suelo seco + tara	g.	66.55	64.65	68.16	68.82
Peso de tara	g.	21.36	21.34	21.84	21.64
Peso de agua	g.	4.87	5.88	7.45	8.8
Peso de suelo seco	g.	45.19	43.31	46.32	47.18
Contenido de agua	%	10.8	13.6	16.1	18.7
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.673	1.811	1.847	1.779

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.847	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.10	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Obitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 02
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.70 m - 1.50 m
 Adición: 2% C444 + 75 g (SD)

COMPACTACIÓN														
N° Molde		A-23			A-24			A-25						
N° Capa		5			5			5						
N° Golpes por capa		56			25			12						
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado				
Peso molde + Suelo húmedo		12530	12613	12292	12399	12235	12343	12235	12343	12235	12343			
Peso de molde (g)		8003	8003	8003	8003	8300	8300	8300	8300	8300	8300			
Peso del suelo húmedo (g)		4527	4610	4289	4396	3935	4043	3935	4043	3935	4043			
Volumen del molde (cc)		2107	2107	2107	2107	2125	2125	2125	2125	2125	2125			
Densidad húmeda (g/cc)		2.149	2.188	2.036	2.086	1.852	1.903	1.852	1.903	1.852	1.903			
% de humedad		21.16	23.02	21.65	24.19	29.66	32.44	29.66	32.44	29.66	32.44			
Densidad seca (g/cc)		1.773	1.779	1.673	1.680	1.426	1.437	1.426	1.437	1.426	1.437			
HUMEDAD														
Tarro N°														
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		92.8	92.8	4610	4610	99.3	99.3	4396	4396	87.0	87.0			
Tarro + Suelo seco (gr.)		81.5	81.5	4527	4527	86.5	86.5	4289	4289	73.3	73.3			
Peso del Agua (gr.)		11.3	11.3	83.0	83.0	12.8	12.8	107.0	107.0	13.7	13.7			
Peso del tarro (gr.)		28.2	28.2	0	0	27.34	27.34	0	0	27.09	27.09			
Peso del suelo seco (gr.)		53.3	53.3	4448.1	4448.1	59.2	59.2	4218.4	4218.4	46.2	46.2			
% de humedad		21.16	21.16	23.02	23.02	21.65	21.65	24.19	24.19	29.66	29.66			
Promedio de Humedad (%)		21.16		23.02		21.65		24.19		29.66				
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
2/10/2024	13:00	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0			
3/10/2024	13:00	24	2.10	0.053		2.30	0.058		2.4	0.080				
4/10/2024	13:00	48	2.40	0.060		2.50	0.053		3.2	0.080				
5/10/2024	13:00	72	2.80	0.070		3.50	0.088		4.3	0.108				
6/10/2024	13:00	96	3.10	0.078		3.70	0.093		4	0.100				
			4.57	total	1.70	4.57	total	2.03	4.57	total	2.19			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° A-23				MOLDE N° A-24				MOLDE N° A-25			
			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	0'00"	0	2			0.0	2		0.00	2			
0.640	0.025	0'30"	96	35			74.0	30		45	19			
1.270	0.050	1'00"	182	71			137.0	54		82	33			
1.910	0.075	1'30"	256	100			192.0	75		115	46			
2.540	0.100	2'00"	332	129	107.4	10.7	240.0	94	94.6	9.5	148	58	51.3	
3.810	0.150	3'00"	410	160			305.0	119		185	72			
5.090	0.200	4'00"	558	220	205.5	13.7	483.0	190	188.1	12.5	196	77	104.7	
6.350	0.250	5'00"	672	267			620.0	248		371	145			
7.620	0.300	6'00"	761	305			693.0	276		429	168			
10.180	0.400	8'00"	828	333			732.0	292		468	176			
12.700	0.500	10'00"	971	395			752.0	301		483	181			

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

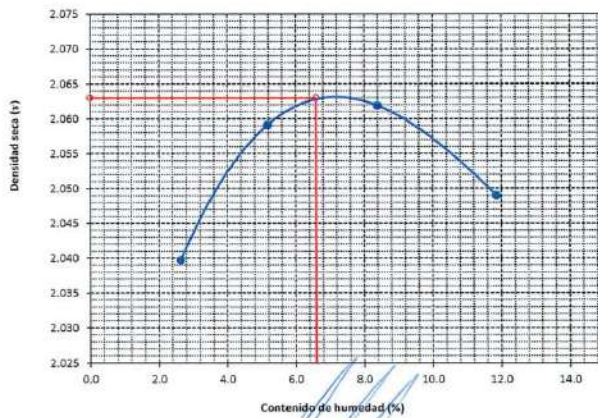
CALICATA : N° 02
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.70 m - 1.50 m
 Adición: 3% C444 + 100 g (SD)

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	2.093	2.166	2.235	2.292

CONTENIDO DE HUMEDAD					
N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	545.1	592.9	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	2.049

DENSIDAD MAXIMA SECA	2.063	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	6.60	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : : N° 02
 MUESTRA : : N° 02 PROFUNDIDAD: 0.70 m - 1.50 m
 Adición: 3% C444 + 100 g (SD)

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		12511	12511	12715	12715	12330	12330	12551	12551	12035	12204			
Peso de molde (g)		7855	7855	7855	7855	7903	7903	7903	7903	7828	7828			
Peso del suelo húmedo (g)		4656	4656	4860	4860	4427	4427	4648	4648	4207	4376			
Volumen del molde (cc)		2117	2117	2117	2117	2119	2119	2119	2119	2125	2125			
Densidad húmeda (g/cc)		2.199	2.199	2.296	2.296	2.089	2.089	2.193	2.193	1.980	2.059			
% de humedad		6.61	6.61	7.88	7.88	6.60	6.60	7.40	7.40	6.60	7.33			
Densidad seca (g/cc)		2.06	2.06	2.128	2.128	1.96	1.96	2.042	2.042	1.86	1.919			
HUMEDAD														
Tarro N°														
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		70.40	70.40	74.30	74.30	73.99	73.99	75.38	75.38	61.70	84.80			
Tarro + Suelo seco (gr.)		67.29	67.29	70.36	70.36	70.83	70.83	71.69	71.69	59.26	80.50			
Peso del Agua (gr.)		3.1	3.1	3.9	3.9	3.2	3.2	3.7	3.7	2.4	4.3			
Peso del tarro (gr.)		20.21	20.21	20.34	20.34	22.93	22.93	21.82	21.82	22.3	21.8			
Peso del suelo seco (gr.)		47.1	47.1	50.0	50.0	47.9	47.9	49.9	49.9	37.0	58.7			
% de humedad		6.61	6.61	7.88	7.88	6.60	6.60	7.40	7.40	6.60	7.33			
Promedio de Humedad (%)		6.606	6.606	7.88	7.88	6.60	6.60	7.40	7.40	6.60	7.33			
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
7/10/2024	11:10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
8/10/2024	12:10	24	0.22	0.005	0	0.15	0.004	0	0.12	0.003				
9/10/2024	13:10	48	1.45	0.036		1.25	0.031		1.35	0.034				
10/10/2024	14:10	72	5	0.125		5.35	0.134		6.31	0.158				
11/10/2024	15:10	96	10	0.250		10.36	0.259		10.39	0.260				
			4.57	total	5.47	4.57	total	5.67	4.57	total	5.69			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND. Lbf/in2	MOLDE N° A-7				MOLDE N° A-8				MOLDE N° A-9			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	88.3	35			75.6	31			50.5	21		
1.270	0.050	1'00"	185.3	72			131.6	52			94.3	38		
1.910	0.075	1'30"	271.6	106			187.6	73			134.9	53		
2.540	0.100	2'00"	350.6	137	124.3	12.4	263.6	103	92.0	9.20	176.6	69	61.7	6.2
3.810	0.150	3'00"	440.9	173			340.0	133			215.6	84		
5.080	0.200	4'00"	638.2	253.2	250.9	16.7	385.6	151	166.6	11.2	276.8	108	116.0	7.7
6.350	0.250	5'00"	734.2	293			513.6	202			345.9	135		
7.620	0.300	6'00"	946.5	384			612.8	243			439.8	172		
10.160	0.400	8'00"	1107.6	455			725.9	290			505.6	199		
12.700	0.500	10'00"	1154.5	476			805.6	323			526.6	207		

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

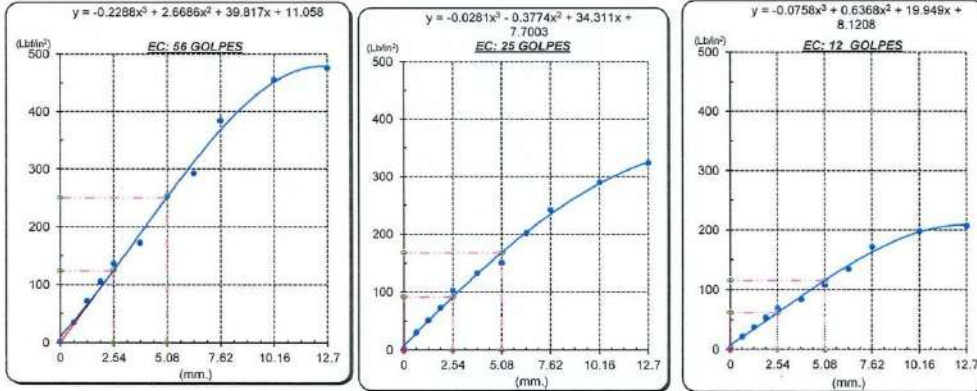


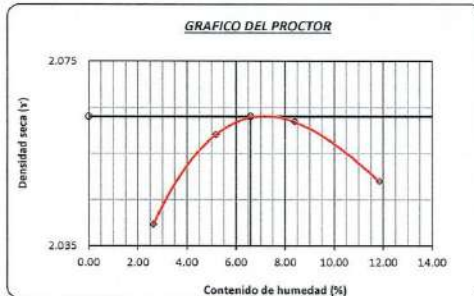
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

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 %



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 TECNICO LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : : N° 02
 MUESTRA : : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.70 m - 1.50 m
 Adición: 3% C444 + 100 g (SD)

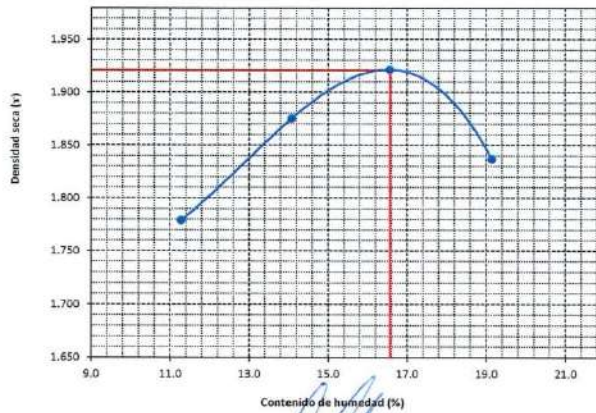
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	6010	6157	6250	6203
Peso del molde	g	4180	4180	4180	4180
Peso del suelo húmedo compactado	g	1830	1977	2070	2023
Volumen del molde	cm ³	924.2	924.2	924.2	924.2
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.980	2.139	2.240	2.189

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	68.76	68.09	72.33	74.34
Peso del suelo seco + tara	g	63.78	62.14	64.83	65.51
Peso de tara	g	19.63	19.87	19.55	19.38
Peso de agua	g	4.98	5.95	7.5	8.83
Peso de suelo seco	g	44.15	42.27	45.28	46.13
Contenido de agua	%	11.3	14.1	16.6	19.1
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.779	1.875	1.922	1.837

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.922	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.56	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Obillas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CAUCATA : N° 02
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.70 m - 1.50 m
 Adición: 3% C444 + 100 g (SD)

COMPACTACIÓN														
N° Molde		A-23				A-24				A-25				
N° Capa		5				5				5				
N° Golpes por capa		56				25				12				
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		
Peso molde + Suelo húmedo		12590		12679		12400		12521		12325		12505		
Peso de molde (g)		8003		8003		8003		8003		8300		8300		
Peso del suelo húmedo (g)		4587		4676		4397		4518		4025		4205		
Volumen del molde (cc)		2107		2107		2107		2107		2125		2125		
Densidad húmeda (g/cc)		2.177		2.219		2.087		2.144		1.894		1.979		
% de humedad		13.30		15.27		14.40		17.20		14.78		19.33		
Densidad seca (g/cc)		1.922		1.925		1.824		1.830		1.650		1.658		
HUMEDAD														
Tarro N°														
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		67.8		67.8		4676		4676		74.8		74.8		
Tarro + Suelo seco (gr.)		62.2		62.2		4587		4587		68.0		68.0		
Peso del Agua (gr.)		5.6		5.6		89.0		89.0		6.8		6.8		
Peso del tarro (gr.)		20.25		20.25		0		0		20.37		20.37		
Peso del suelo seco (gr.)		42.0		42.0		4500.5		4500.5		47.6		47.6		
% de humedad		13.30		13.30		15.27		15.27		14.40		14.40		
Promedio de Humedad (%)		13.30		13.30		15.27		15.27		14.40		14.40		
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
14/10/2024	10:25	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0			
15/10/2024	10:25	24	1.60	0.040		1.80	0.045		1.9	0.048				
16/10/2024	10:25	48	1.74	0.044		1.82	0.046		1.9	0.048				
17/10/2024	10:25	72	1.82	0.046		1.84	0.046		1.9	0.048				
18/10/2024	10:25	96	2.01	0.050		2.04	0.051		2.12	0.053				
			4.57	total	1.10	4.57	total	1.12	4.57	total	1.16			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° A-23				MOLDE N° A-24				MOLDE N° A-25			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0.0	2			0.00	2		
0.640	0.025	0'30"	134	53			113.0	45			95	38		
1.270	0.050	1'00"	222	87			185.0	72			139	55		
1.910	0.075	1'30"	306	119			240.0	94			179	67		
2.540	0.100	2'00"	382	149	114.5	11.4	294.0	115	108.7	10.9	202	79	72.6	7.3
3.810	0.150	3'00"	459	180			350.0	137			240	94		
5.080	0.200	4'00"	605	239	221.6	14.8	431.0	169	185.6	12.4	245	95	127.4	8.5
6.350	0.250	5'00"	717	286			567.0	224			420	164		
7.620	0.300	6'00"	812	326			640.0	254			476	188		
10.160	0.400	8'00"	866	349			683.0	272			497	196		
12.700	0.500	10'00"	974	396			714.0	285			512	201		

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, J.L.O, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

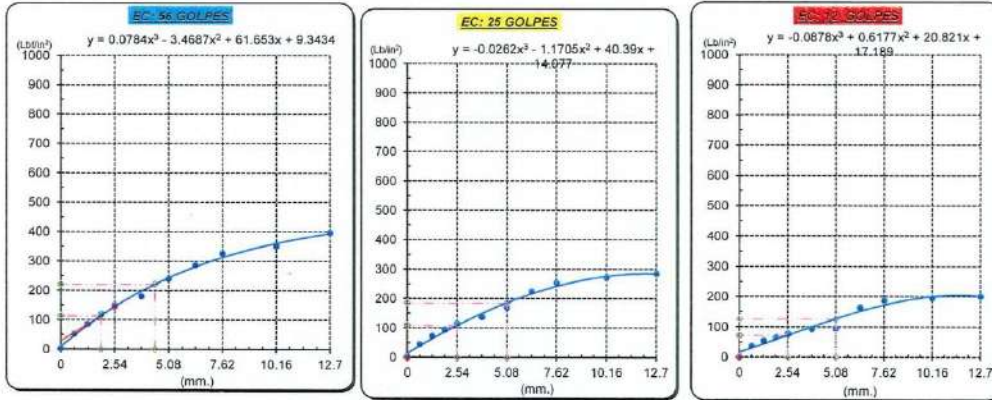


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.922 g/cm ³	
DENSIDAD SECA AL 95%	1.825 g/cm ³	1.72935
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	16.56 %	

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	11 %	15 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	11 %	12 %



Henry Rivadeneira Oblitas
 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
Escuela : Ingeniería Civil
Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CAUCATA : : N° 02
 MUESTRA : : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.70 m - 1.50 m

Adición: 3% C444 + 100 g (SD)

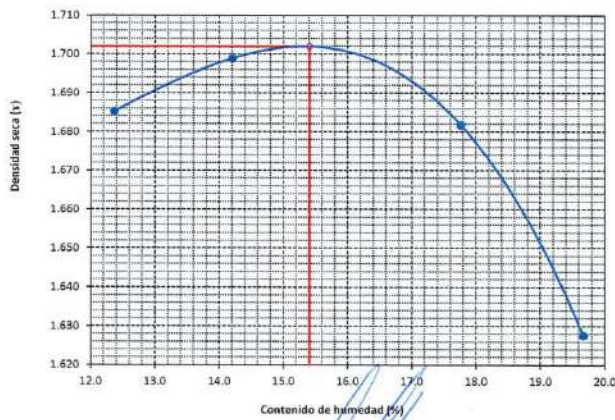
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5637	5688	5719	5681
Peso del molde	g.	3850	3850	3850	3850
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1787	1838	1869	1831
Volumen del molde	cm ³	943.7	943.7	943.7	943.7
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.894	1.948	1.981	1.940

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	133.57	147.98	130.39	135.04
Peso del suelo seco + tara	g.	121.97	128.30	115.01	121.76
Peso de tara	g.	28.17	28.25	28.45	28.29
Peso de agua	g.	11.6	19.68	15.38	13.28
Peso de suelo seco	g.	93.8	100.05	86.56	93.47
Contenido de agua	%	12.4	19.7	17.8	14.2
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.685	1.628	1.682	1.699

DENSIDAD MÁXIMA SECA	1.702	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	15.41	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneyra Obilitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 02
 MUESTRA : N° 02 PROFUNDIDAD : 0.70 m - 1.50 m
 Adición: 3% C444 + 100 g (SD)

COMPACTACIÓN															
N° Molde		A-12				A-2				A-4					
N° Capa		5				5				5					
N° Golpes por capa		56				25				12					
CONDICION DE LA MUESTRA															
		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo		12897		12920		11810		11880		12639		12695			
Peso de molde (g)		8172		8172		7295		7295		8066		8066			
Peso del suelo húmedo (g)		4725		4748		4515		4585		4573		4829			
Volumen del molde (cc)		2092		2092		2112		2112		2225		2225			
Densidad húmeda (g/cc)		2.259		2.270		2.138		2.171		2.055		2.080			
% de humedad		26.33		26.83		30.72		32.30		42.10		43.35			
Densidad seca (g/cc)		1.788		1.790		1.635		1.641		1.446		1.451			
HUMEDAD															
Tarro N°															
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		59.3		59.3		4748		4748		279.2		4585			
Tarro + Suelo seco (gr.)		50.8		50.8		4725		4725		219.6		219.6			
Peso del Agua (gr.)		8.5		8.5		23.0		23.0		59.6		59.6			
Peso del tarro (gr.)		18.47		18.47		0		0		25.6		25.6			
Peso del suelo seco (gr.)		32.3		32.3		4642.0		4642.0		194.0		194.0			
% de humedad		26.33		26.33		26.83		26.83		30.72		30.72			
Promedio de Humedad (%)		26.33		26.33		26.83		26.83		30.72		30.72			
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%				
26/10/2024	10:45	0	0.4	0	0	0.6	0	0	0.66	0	0				
27/10/2024	10:45	24	0.5	0.013		0.8	0.020		0.68	0.017					
28/10/2024	10:45	48	1	0.025		1	0.025		1	0.025					
29/10/2024	10:45	72	1.1	0.028		1.3	0.033		1.1	0.028					
30/10/2024	10:45	96	1.28	0.032		1.35	0.034		1.25	0.031					
			4.57	total	0.70	4.57	total	0.74	4.57	total	0.68				
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° A-12				MOLDE N° A-2				MOLDE N° A-4			
				CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
m.m.	pulg.	Lbf/in 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	0'00"	0	2			0	2			0	2			
0.640	0.025	0'30"	14	36			9	22			4	12			
1.270	0.050	1'00"	33	83			20	51			14	36			
1.910	0.075	1'30"	55	137			36	90			22	56			
2.540	0.100	2'00"	73	190	177.8	17.8	60	149	124.4	12.4	27	68	70.3	7.0	
3.810	0.150	3'00"	105	258			86	212			46	115			
5.060	0.200	4'00"	139	341	341.4	22.8	95	234	238.4	15.9	69	171	279.5	18.6	
6.350	0.250	5'00"	186	456			102	251			110	271			
7.620	0.300	6'00"	190	466			132	324			155	360			
10.160	0.400	8'00"	230	563			186	456			199	466			
12.700	0.500	10'00"	268	656			190	466			207	493			

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Venezuela cuadra N° 14, J.L.O, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

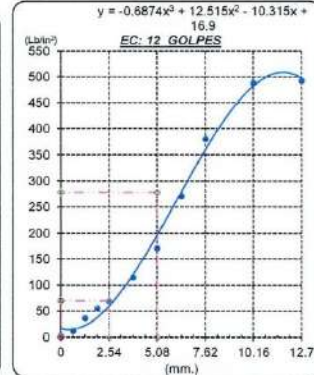
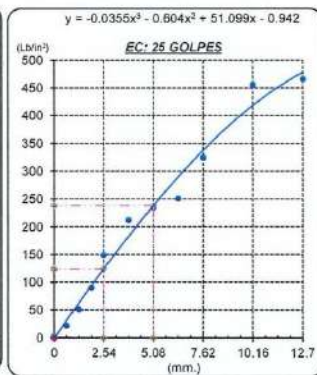
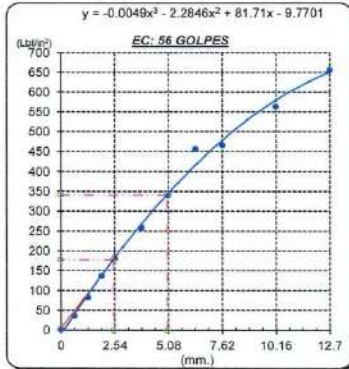


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.702 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.617 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	15.41 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	15 %	19 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	12 %	16 %



Henry Rivadeneira Obilias
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Agosto del 2024

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 suelo
 : SUELOS, Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo, 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 399.127: 1998

Calicata N°: 03

Muestra: M-1

Profundidad: 0.20m. - 1.50m.

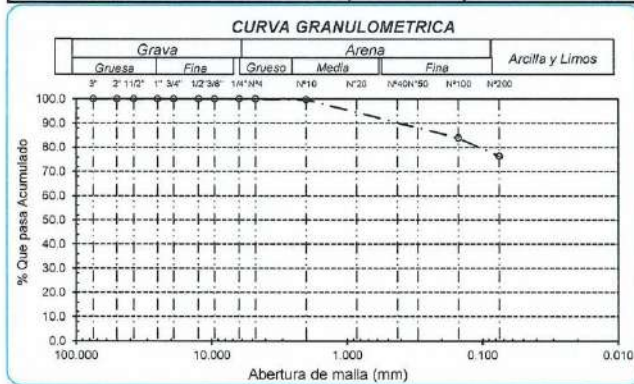
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
N° 4	4.750	0.0	100.0
N° 10	2.000	0.3	99.7
N° 20	0.850	0.7	99.3
N° 50	0.300	5.4	94.6
N° 100	0.150	16.0	84.0
N° 200	0.075	23.6	76.4



% Grava	G.G. %	0.0	0.0
	G. F. %	0.0	0.0
	A.G. %	0.3	
	A.M. %	2.2	
	A.F. %	21.1	23.6
% Arcilla y Limo		76.4	76.4
Total		100.0	100.0

Límite líquido (LL)	46.94 (%)
Límite Plástico (LP)	27.23 (%)
Índice Plástico (IP)	19.70 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad con arena
Clasificación (AASHTO)	A-7-6 (13)
Descripción	MALO

	17.36
--	-------



Determinar el contenido de humedad de un suelo

Humedad: 17.10%

contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

Sales: 0.15

Henry Rivadeneira Oblitas
 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Universidad Católica GRAVEDAD ESPECÍFICA
 Santo Toribio de Mogrovejo

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Agosto del 2024

ENSAYO : Peso específico relativo de sólidos (G_s)-Material que pasa la malla N° 4
 REFERENCIA : NTP 339.131 ASTM D - 854

Calicata: 03 Muestra: 01		C-03 M1				
1. N° de fiola		F-3				
2. Peso de la fiola	g.	89.81				
3. Peso de la muestra de suelo - seco	g.	50.0				
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiol: (2+3)	g.	139.8				
5. Peso de la muestra + Fiola + agua	g.	190.1				
6. Peso de la fiola + peso de agua	g.	178.0				
7. Peso específico relativo de sólidos (G_s)	(3)/((3+6)-5) g/cm ³	1.319				

OBSERVACIONES :

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



 USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



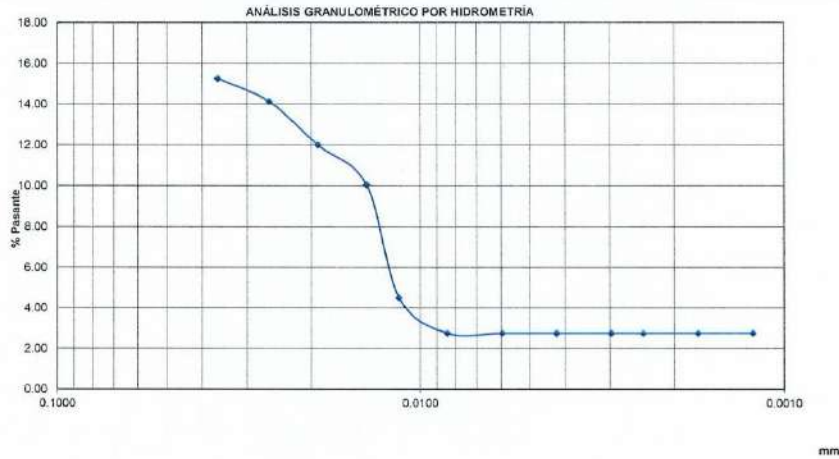
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDROMETRÍA
NORMA ASTM D421-58
NORMA ASTM D422-63 (2007)

Tecnia : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel fretico para fines de pavimentación
 Material : Suelo Natural
 Ubicación : Calle Atahualpa cuadra N°09, distrito de José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque
 Fecha de Ensayo : 26/08/2024
 Muestra : C3-M1

HIDROMETRO	151H	AGENTE DISPERSANTE	NaPO3	CONCENTRACION	0.05 N		
CORRECCION POR DEFLOCULANTE Cd		B		CORRECCION POR MENISCO , Cm		0.1	
VOLUMEN DEL HIDROMETRO		Ws, gr.	50	Gs:	2.541	a=	1.027
1000 cm ³							

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	R'M	T °c	CT	RHC	WD1 %	R'H+CM	L(cm)	Lt (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
26/08/2023	08:30	1	26.00	22.2	234.7	252.74	518.98	26.1	7.78	7.78	0.012970	0.0362	15.26
26/08/2023	08:32	2	25.00	23.1	217.1	234.10	480.69	25.1	8.10	4.05	0.012970	0.0261	14.13
26/08/2023	08:34	4	23.00	24.5	183.9	198.88	408.38	23.1	8.76	2.19	0.012970	0.0192	12.01
26/08/2023	08:36	8	21.00	25.6	153.4	156.43	341.75	21.1	9.41	1.18	0.012970	0.0141	10.05
26/08/2023	08:51	15	14.00	24.6	68.7	74.66	153.31	14.1	11.71	0.78	0.012970	0.0115	4.51
26/08/2023	09:21	30	11.00	23.5	42.7	45.71	93.87	11.1	12.69	0.42	0.012970	0.0084	2.76
26/08/2023	09:30	60	11.00	23.5	42.7	45.71	93.87	11.1	12.69	0.21	0.012970	0.0060	2.76
26/08/2023	10:30	120	11.00	23.5	42.7	45.71	93.87	11.1	12.69	0.11	0.012970	0.0042	2.76
26/08/2023	12:30	240	11.00	23.5	42.7	45.71	93.87	11.1	12.69	0.05	0.012970	0.0030	2.76
26/08/2023	15:30	360	11.00	23.5	42.7	45.71	93.87	11.1	12.69	0.04	0.012970	0.0024	2.76
26/08/2023	20:34	720	11.00	23.5	42.7	45.71	93.87	11.1	12.69	0.02	0.012970	0.0017	2.76
27/08/2023	08:40	1440	11.00	23.5	42.7	45.71	93.87	11.1	12.69	0.01	0.012970	0.0012	2.76

% PASANTE TAMIZ Nº 200 : 2.94



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
 Universidad Católica Santa Teresita de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO



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



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

Escuela : Ingeniería Civil
 Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Calicata : Nº 03 Nivel Freatico : 1.50 m
 Ubicación : Av. Panamá cuadra Nº 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Profundidad : 0.20 m - 1.50 m
 Fecha de emisión : Chiclayo, Agosto 2024

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

Profundidad (m)	Tipo de Excavación	Muestra Nº	Símbolo	Clasificación SUCS	Descripción visual (IN-SITU)
0.0	A				Relleno
0.2					
0.3	C I E L O	M - 1		CL A-7-6 (13)	Arcilla de baja plasticidad con arena Límite líquido = 46.94 Límite plástico = 27.23 Índice de plasticidad = 19.71 Contenido de humedad = 17.10% Contenido de sales = 0.15
0.4					
0.6					
0.8					
1.0	A B I E R T O				
1.2					
1.4					
1.5					
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

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 03
 MUESTRA : M - 1 PROFUNDIDAD : 0.20 m - 1.50 m

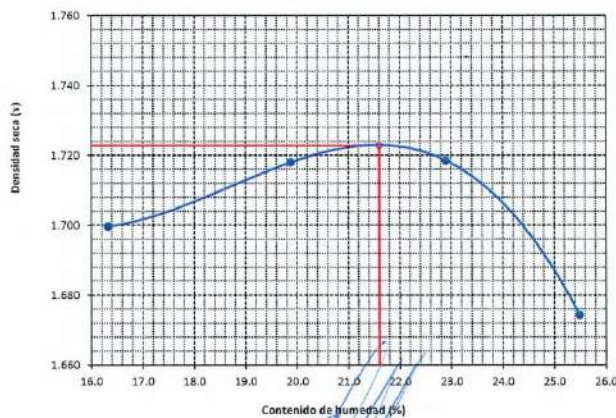
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5657	5732	5780	5770
Peso del molde	g.	3854	3854	3854	3854
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1803	1878	1926	1916
Volumen del molde	cm ³	911.9	911.9	911.9	911.9
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.977	2.059	2.112	2.101

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	66.56	65.88	70.33	73.05
Peso del suelo seco + tara	g.	60.04	58.35	61.02	62.47
Peso de tara	g.	20.11	20.46	20.36	20.96
Peso de agua	g.	6.52	7.53	9.31	10.58
Peso de suelo seco	g.	39.93	37.89	40.66	41.51
Contenido de agua	%	16.3	19.9	22.9	25.5
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.700	1.718	1.719	1.674

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.723	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	21.60	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Obilias
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 03
 MUESTRA : M - 1 PROFUNDIDAD : 0.20 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
N° Molde		A-4				A-5				A-6				
N° Capa		5				5				5				
N° Golpes por capa		56				25				12				
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado				
Peso molde + Suelo húmedo		12290	12531	12961	13180	11865	12068	11865	12068	11865	12068			
Peso de molde (g)		7843	7843	8738	8738	7840	7840	7840	7840	7840	7840			
Peso del suelo húmedo (g)		4447	4688	4223	4442	4025	4228	4025	4228	4025	4228			
Volumen del molde (cc)		2122	2122	2125	2125	2132	2132	2132	2132	2132	2132			
Densidad húmeda (g/cc)		2.096	2.209	1.987	2.090	1.888	1.983	1.888	1.983	1.888	1.983			
% de humedad		21.49	22.29	21.32	22.65	21.73	23.50	21.73	23.50	21.73	23.50			
Densidad seca (g/cc)		1.73	1.807	1.64	1.704	1.55	1.606	1.55	1.606	1.55	1.606			
HUMEDAD														
Tarro N°		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		76.79	76.8	85.25	85.25	83.97	84.0	84.94	84.94	68.71	68.7			
Tarro + Suelo seco (gr.)		67.02	67.0	73.63	73.63	73.04	73.0	73.25	73.25	60.26	60.3			
Peso del Agua (gr.)		9.8	9.8	11.6	11.6	10.9	10.9	11.7	11.7	8.5	8.5			
Peso del tarro (gr.)		21.55	21.55	21.49	21.49	21.76	21.76	21.64	21.64	21.38	21.38			
Peso del suelo seco (gr.)		45.5	45.5	52.1	52.1	51.3	51.3	51.6	51.6	36.9	36.9			
% de humedad		21.49	21.49	22.29	22.29	21.32	21.32	22.65	22.65	21.73	21.73			
Promedio de Humedad (%)		21.487		22.29		21.32		22.65		21.73				
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
17/09/2025	12:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
18/09/2025	12:15	24	0.22	0.006	0.15	0.004	0.004	0.12	0.003	0.003	0.003			
19/09/2025	12:15	48	1.45	0.036	1.25	0.031	0.031	1.35	0.034	0.034	0.034			
20/09/2025	12:15	72	5	0.125	5.35	0.134	0.134	6.31	0.158	0.158	0.158			
21/09/2025	12:15	96	10	0.250	10.36	0.259	0.259	10.39	0.260	0.260	0.260			
			4.57	total	5.47	4.57	total	5.67	4.57	total	5.69			
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	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0.0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	88.1	35			60.1	25			50.1	21		
1.270	0.050	1'00"	102.2	41			67.3	28			58.9	24		
1.910	0.075	1'30"	113.7	45			92.6	37			71.6	29		
2.540	0.100	2'00"	278.3	108	54.1	5.4	115.6	46	49.4	4.8	95.6	38	38.5	3.9
3.810	0.150	3'00"	286.5	112			160.3	63			130.6	51		
5.080	0.200	4'00"	292.2	113.9	109.3	7.3	223.6	87	79.6	5.3	168.7	66	65.6	4.4
6.350	0.250	5'00"	346.8	135			230.7	90			194.2	75		
7.620	0.300	6'00"	374.6	146			253.8	99			229.3	89		
10.160	0.400	8'00"	455.1	178			299.7	117			267.3	104		
12.700	0.500	10'00"	526.4	207				125			295	115		

Henry Rivadeneyra Obtilas
 Tec. Laboratorio USAT





Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

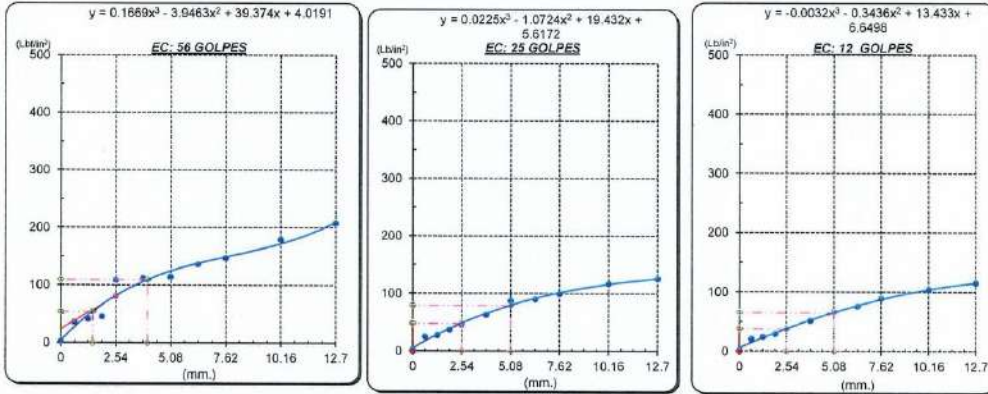


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.723 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 %	5.3 %



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
Escuela : Ingeniería Civil
Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 03
 MUESTRA : N° 01 PROFUNDIDAD : 0.20 m - 1.50 m
 Adición: 1% C444 + 50 g (SD)

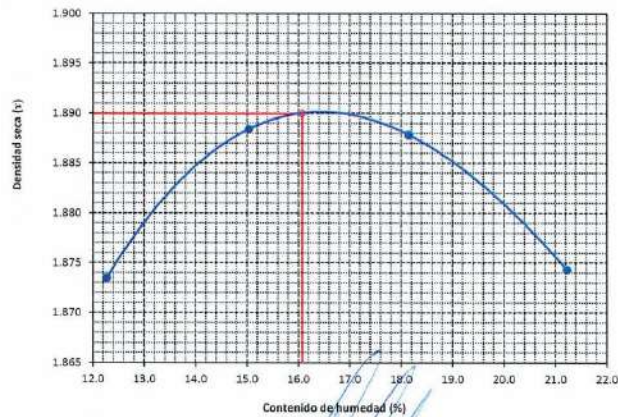
Número de ensayo	1	2	3	4
Peso del suelo + molde	5772	5835	5888	5926
Peso del molde	3854	3854	3854	3854
Peso del suelo húmedo compactado	1918	1981	2034	2072
Volumen del molde	911.9	911.9	911.9	911.9
Peso del volumen húmedo	2.103	2.172	2.231	2.272

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente	1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	71.42	70.53	75.61	77.62
Peso del suelo seco + tara	65.95	64.1	67.35	67.82
Peso de tara	21.36	21.34	21.84	21.65
Peso de agua	5.47	6.43	8.26	9.8
Peso de suelo seco	44.59	42.76	45.51	46.17
Contenido de agua	12.3	15.0	18.1	21.2
Peso volumétrico seco	1.873	1.888	1.888	1.874

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.890	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.08	%

GRÁFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
Escuela : Ingeniería Civil
Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 03
MUESTRA : N° 01 PROFUNDIDAD : 0.20 m - 1.50 m
Adición: 1% C444 + 50 g (SD)

COMPACTACIÓN															
		A-4				A-5				A-6					
N° Molde		5				5				5					
N° Capa		56				25				12					
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo		12500	12500	12767	12767	13168	13168	13468	13468	12051	12051	12364			
Peso de molde (g)		7843	7843	7843	7843	8738	8738	8738	8738	7840	7840	7840			
Peso del suelo húmedo (g)		4657	4657	4924	4924	4430	4430	4730	4730	4211	4211	4524			
Volumen del molde (cc)		2122	2122	2122	2122	2125	2125	2125	2125	2132	2132	2132			
Densidad húmeda (g/cc)		2.195	2.195	2.320	2.320	2.065	2.065	2.226	2.226	1.975	1.975	2.122			
% de humedad		16.09	16.09	17.49	17.49	16.09	16.09	18.63	18.63	16.09	16.09	19.23			
Densidad seca (g/cc)		1.89	1.89	1.975	1.975	1.80	1.80	1.876	1.876	1.70	1.70	1.780			
HUMEDAD															
Tarro N°		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		82.08	82.1	90.16	90.16	88.1	88.1	89.45	89.45	73.28	73.28	99.38			
Tarro + Suelo seco (gr.)		73.65	73.65	79.85	79.85	78.73	78.73	78.63	78.63	65.92	65.92	86.70			
Peso del Agua (gr.)		8.4	8.4	10.3	10.3	9.4	9.4	10.8	10.8	7.4	7.4	12.7			
Peso del tarro (gr.)		21.25	21.25	20.89	20.89	20.44	20.44	20.55	20.55	20.19	20.19	20.77			
Peso del suelo seco (gr.)		52.4	52.4	59.0	59.0	58.3	58.3	58.1	58.1	45.7	45.7	65.9			
% de humedad		16.09	16.09	17.49	17.49	16.09	16.09	18.63	18.63	16.09	16.09	19.23			
Promedio de Humedad (%)		16.088	16.088	17.49	17.49	16.09	16.09	18.63	18.63	16.09	16.09	19.23			
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%				
23/09/2024	12:26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
24/09/2024	12:25	24	0.22	0.006	0.15	0.004	0.12	0.003	0.12	0.003	0.003				
25/09/2024	12:25	48	1.45	0.036	1.25	0.031	1.35	0.034	1.35	0.034	0.034				
26/09/2024	12:25	72	5	0.125	5.35	0.134	6.31	0.158	6.31	0.158	0.158				
27/09/2024	12:25	96	10	0.250	10.36	0.259	10.39	0.260	10.39	0.260	0.260				
			4.57	total 5.47	4.57	total 5.67	4.57	total 5.69	4.57	total 5.69	5.69				
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° A-4				MOLDE N° A-5				MOLDE N° A-6			
				CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
mm.	pulg.		Lbf/in2	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	
0.000	0.000	0'00"	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	
0.640	0.025	0'30"	86.8	35	63.3	26	38.7	17	38.7	17	38.7	17	38.7	17	
1.270	0.050	1'00"	183.0	72	112.6	45	78.6	32	78.6	32	78.6	32	78.6	32	
1.910	0.075	1'30"	267.5	104	142.4	56	113.8	45	113.8	45	113.8	45	113.8	45	
2.540	0.100	2'00"	348.4	136	120.3	12.0	198.2	77	79.1	7.91	150.2	59	53.2	5.3	
3.810	0.150	3'00"	437.6	171	265.6	103	190.0	74	190.0	74	190.0	74	190.0	74	
5.080	0.200	4'00"	610.6	241.8	240.3	16.0	468.6	184	165.6	11.0	245.6	96	102.2	6.8	
6.350	0.250	5'00"	713.2	284	526.7	207	309.7	121	309.7	121	309.7	121	309.7	121	
7.620	0.300	6'00"	905.6	366	622.2	247	390.6	163	390.6	163	390.6	163	390.6	163	
10.160	0.400	8'00"	1049.9	429	727.8	291	454.0	178	454.0	178	454.0	178	454.0	178	
12.700	0.500	10'00"	1094.5	449	760.7	304	475.2	187	475.2	187	475.2	187	475.2	187	

Henry Rivadeneira Oblitas
Téc. Laboratorio USAT

USAT
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

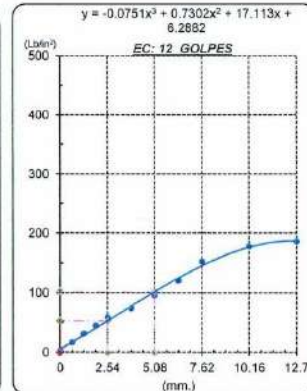
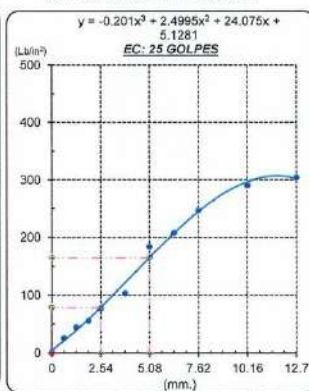
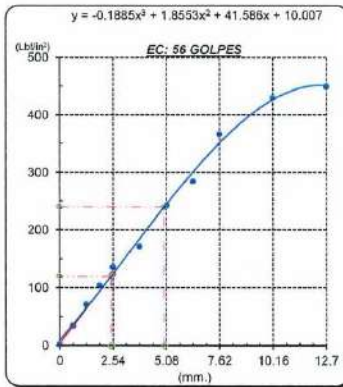


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.890 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.796 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	16.08 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	12.0 %	16.0 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	7.90 %	11.0 %



Henry Rivadeneyra Obilias
 Henry Rivadeneyra Obilias
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
Escuela : Ingeniería Civil
Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : : N° 03
MUESTRA : : N° 01 **PROFUNDIDAD** : 0.20 m - 1.50 m
 Adición: 1% C444 + 50 g (SD)

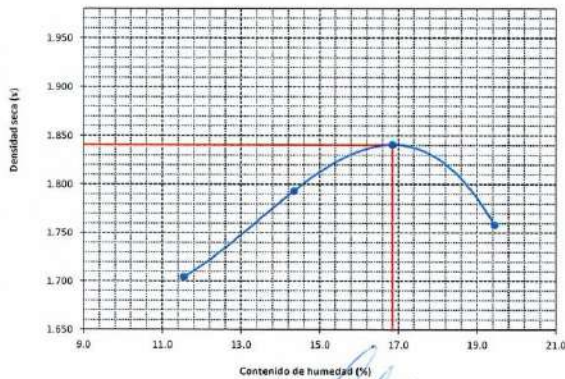
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5937	6075	6168	6121
Peso del molde	g.	4180	4180	4180	4180
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1757	1895	1988	1941
Volumen del molde	cm ³	924.2	924.2	924.2	924.2
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.901	2.050	2.151	2.100

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	74.20	73.47	78.36	81.01
Peso del suelo seco + tara	g.	68.72	66.93	70.17	71.40
Peso de tara	g.	21.26	21.35	21.58	21.96
Peso de agua	g.	5.48	6.54	8.19	9.61
Peso de suelo seco	g.	47.46	45.58	48.59	49.44
Contenido de agua	%	11.5	14.3	16.9	19.4
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.704	1.793	1.841	1.758

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.841	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.855	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Oblitas
 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MÓGRÓVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

Añición: 1% C444 + 50 g (SD)

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	1 alq			13			4 alq							
Nº Capa	5			5			5							
Nº Golpes por capa	56			25			12							
CONDICIÓN DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado				
Peso molde + Suelo húmedo	12386		12525		12305		12401		12190		12296			
Peso de molde (g)	8003		8003		8003		8003		8706		8706			
Peso del suelo húmedo (g)	4383		4522		4302		4398		3484		3590			
Volumen del molde (cc)	2107		2107		2107		2107		2113		2113			
Densidad húmeda (g/cc)	2.080		2.146		2.042		2.087		1.649		1.699			
% de humedad	13.37		16.80		13.81		16.08		14.21		17.29			
Densidad seca (g/cc)	1.835		1.841		1.794		1.798		1.444		1.449			
HUMEDAD														
Tarro Nº														
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	173.2	173.2	4522	4522	144.5	144.5	4398	4398	118.8	118.8	3590.0			
Tarro + Suelo seco (gr.)	158.8	158.8	4383	4383	132.8	132.8	4302	4302	106.8	106.8	3484.0			
Peso del Agua (gr.)	14.4	14.4	139.0	139.0	11.7	11.7	96.0	96.0	11.9	11.9	106.0			
Peso del tarro (gr.)	50.8	50.8	0	0	48.2	48.2	0	0	22.80	22.80	0			
Peso del suelo seco (gr.)	108.0	108.0	4304.0	4304.0	84.6	84.6	4226.2	4226.2	84.0	84.0	3434.4			
% de humedad	13.37	13.37	16.80	16.80	13.81	13.81	16.08	16.08	14.21	14.21	17.29			
Promedio de Humedad (%)	13.37	13.37	16.80	16.80	13.81	13.81	16.08	16.08	14.21	14.21	17.29			
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
27/09/2024	12:35	0	0.50	0	0	0.50	0	0	0.50	0	0			
28/09/2024	12:35	24	2.90	0.073		3.10	0.078		3.35	0.084				
29/09/2024	12:35	48	3.10	0.078		3.54	0.089		3.74	0.094				
30/09/2024	12:35	72	3.45	0.086		3.84	0.096		3.90	0.098				
1/10/2024	12:35	96	3.98	0.100		4.12	0.103		4.25	0.106				
			4.57	total	2.18	4.57	total	2.26	4.57	total	2.33			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº 1 alq				MOLDE Nº 13				MOLDE Nº 4 alq			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	96	38			42	18			31	14		
1.270	0.050	1'00"	164	64			124	49			110	44		
1.910	0.075	1'30"	219	95			165	65			136	54		
2.540	0.100	2'00"	265	103	78.2	7.8	206	80	75.8	7.6	155	61	60.8	6.1
3.810	0.150	3'00"	343	134			251	98			195	76		
5.080	0.200	4'00"	418	164	152.7	10.2	320	125	125.5	8.4	240	94	94.2	6.3
6.350	0.250	5'00"	504	198			351	137			264	103		
7.620	0.300	6'00"	578	228			428	168			295	115		
10.160	0.400	8'00"	665	264			505	199			350	137		
12.700	0.500	10'00"	778	312			592	234			410	160		

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TECNICO DE LABORATORIO



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, J.L.O, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

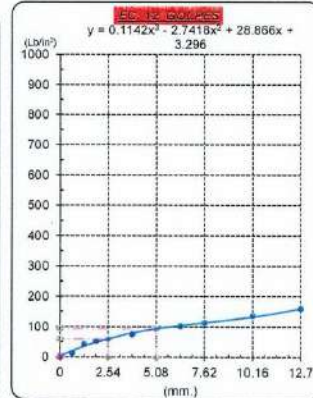
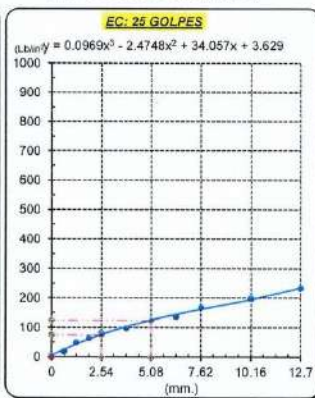
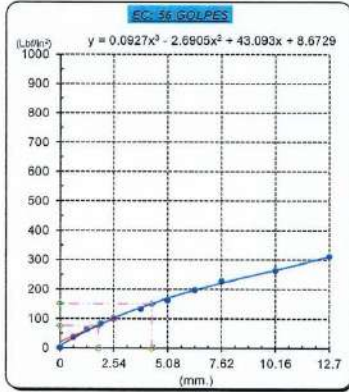


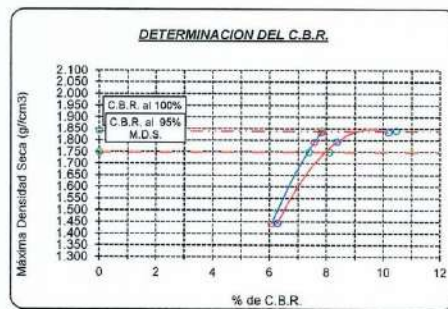
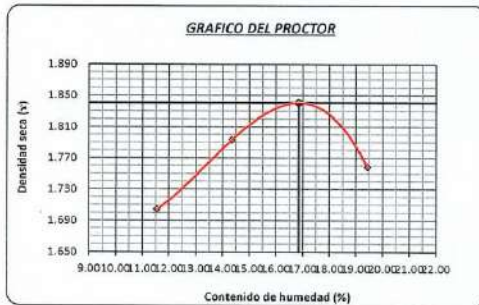
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.841 g/cm ³	
DENSIDAD SECA AL 95%	1.749 g/cm ³	1.6567
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	16.86 %	

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	8 %	10 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	7 %	8 %



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 03
 MUESTRA : N° 01 PROFUNDIDAD : 0.20 m - 1.50 m
 Adición: 1% C444 + 50 g (SD)

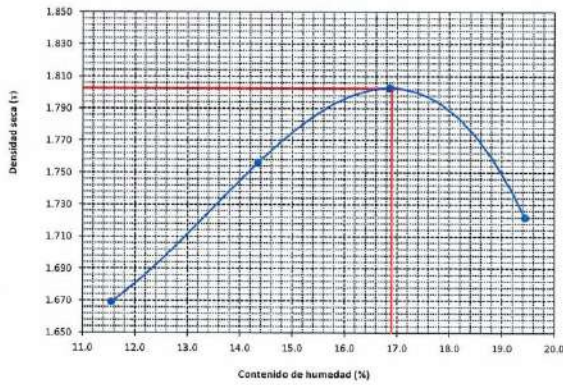
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5937	6075	6168	6121
Peso del molde	g.	4180	4180	4180	4180
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1757	1895	1988	1941
Volumen del molde	cm ³	943.7	943.7	943.7	943.7
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.862	2.008	2.107	2.057

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	74.20	73.47	78.36	81.01
Peso del suelo seco + tara	g.	68.72	66.93	70.17	71.40
Peso de tara	g.	21.26	21.35	21.58	21.96
Peso de agua	g.	5.48	6.54	8.19	9.61
Peso de suelo seco	g.	47.46	45.58	48.59	49.44
Contenido de agua	%	11.5	14.3	16.9	19.4
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.689	1.756	1.803	1.722

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.803	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.90	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Oblitas
 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 03
 MUESTRA : N° 01 PROFUNDIDAD : 0.20 m - 1.50 m
 Adición: 1% C444 + 50 g (SD)

COMPACTACIÓN														
N° Molde	2a1q			13			10a1q							
N° Capas	5			5			5							
N° Golpes por capa	56			25			12							
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado	Sin Saturado		Saturado	Sin Saturado		Saturado					
Peso molde + Suelo húmedo	12322		12503	12292		12491	12211		12454					
Peso de molde (g)	8003		8003	8003		8003	8706		8706					
Peso del suelo húmedo (g)	4319		4500	4279		4488	3505		3748					
Volumen del molde (cc)	2107		2107	2107		2115	2113		2112					
Densidad húmeda (g/cc)	2.050		2.136	2.031		2.122	1.659		1.775					
% de humedad	22.08		26.34	27.34		32.30	20.96		27.99					
Densidad seca (g/cc)	1.679		1.690	1.595		1.604	1.371		1.387					
HUMEDAD														
Tarro N°	-		-		-		-		-					
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	197.4	197.4	4500	4500	135.6	135.6	4488	4488	175.8	175.8	3748.0	3748.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)	166.8	166.8	4319	4319	114.0	114.0	4279	4279	150.3	150.3	3505.0	3505.0		
Peso del Agua (gr.)	30.6	30.6	181.0	181.0	21.6	21.6	209.0	209.0	25.5	25.5	243.0	243.0		
Peso del tarro (gr.)	28.2	28.2	0	0	34.9	34.9	0	0	28.70	28.70	0	0		
Peso del suelo seco (gr.)	138.6	138.6	4247.7	4247.7	79.1	79.1	4211.8	4211.8	121.6	121.6	3457.6	3457.6		
% de humedad	22.08	22.08	26.34	26.34	27.34	27.34	32.30	32.30	20.96	20.96	27.99	27.99		
Promedio de Humedad (%)	22.08		26.34		27.34		32.30		20.96		27.99			
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
2/10/2024	12:18	0	0.45	0	0	0.55	0	0	0.67	0	0			
3/10/2024	12:18	24	1.05	0.026		1.20	0.030		1.59	0.040				
4/10/2024	12:18	48	1.70	0.043		1.90	0.048		2.16	0.054				
5/10/2024	12:18	72	2.50	0.063		2.63	0.066		2.85	0.071				
6/10/2024	12:18	96	3.12	0.078		3.32	0.083		3.69	0.092				
			4.57	total	1.71	4.57	total	1.82	4.57	total	2.02			
PENETRACION														
PENETRACION	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° 2a1q				MOLDE N° 13				MOLDE N° 10a1q			
			CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION		
mm.	pulg.	Lbf/in2	Lect. Dial	Lbf/ pulg2	Lbf/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbf/ pulg2	Lbf/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbf/ pulg2	Lbf/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	86	36			35	15			26	13		
1.270	0.050	1'00"	156	61			85	34			61	25		
1.910	0.075	1'30"	206	80			136	53			85	34		
2.540	0.100	2'00"	266	103	74.9	7.5	169	66	67.9	6.8	111	44	47.8	4.8
3.810	0.150	3'00"	255	96			225	88			170	67		
5.080	0.200	4'00"	407	159	147.0	9.8	350	137	125.6	8.4	266	103	95.4	6.4
6.350	0.250	5'00"	514	202			388	152			301	117		
7.820	0.300	6'00"	579	229			445	174			364	142		
10.180	0.400	8'00"	666	265			510	201			410	160		
12.700	0.500	10'00"	789	316			590	233			466	182		

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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 - PENETRACIÓN

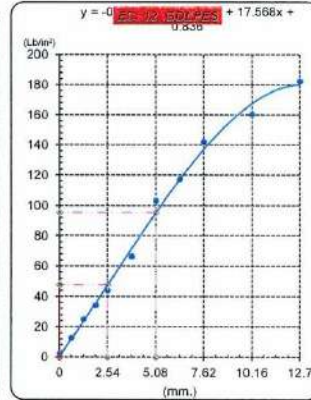
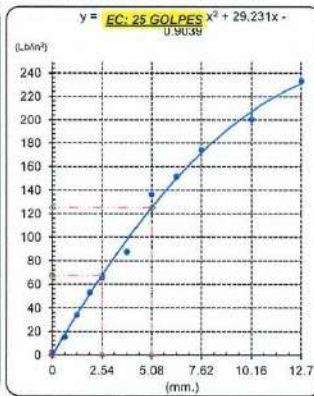
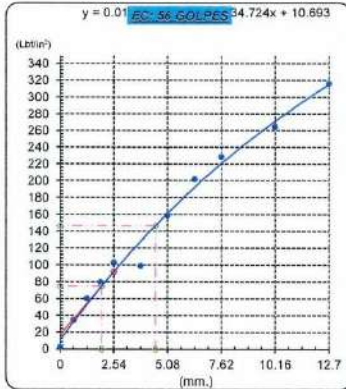


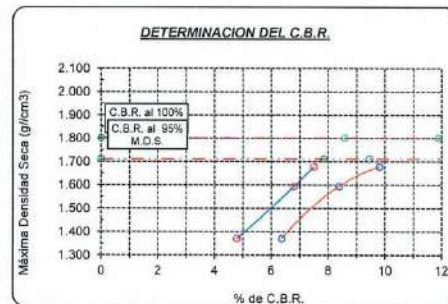
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.803 g/cm³	
DENSIDAD SECA AL 95%	1.713 g/cm³	1.52247
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	16.90 %	

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	9 %	12 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	8 %	9 %



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 03
 MUESTRA : N° 01
 PROFUNDIDAD : 0.20 m - 1.50 m
 Adición: 2% C444 + 75 g (SD)

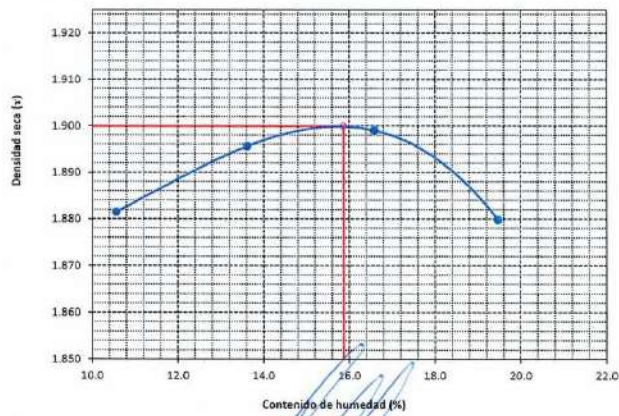
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5751	5818	5873	5902
Peso del molde	g.	3854	3854	3854	3854
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1897	1964	2019	2048
Volumen del molde	cm ³	911.9	911.9	911.9	911.9
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.080	2.154	2.214	2.246

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	70.42	69.79	73.02	75.72
Peso del suelo seco + tara	g.	65.72	64	65.5	66.75
Peso de tara	g.	21.23	21.48	20.16	20.68
Peso de agua	g.	4.7	5.79	7.52	8.97
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	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, J.L.C, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

Adición: 2% C444 + 75 g (SD)

COMPACTACIÓN														
N° Molde	A-7			A-8			A-9							
N° Capa	5			5			5							
N° Golpes por capa	56			25			12							
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado	Sin Saturado		Saturado	Sin Saturado		Saturado					
Peso molde + Suelo húmedo	12516		12794	12335		12568	12038		12337					
Peso de molde (g)	7855		7855	7903		7903	7828		7828					
Peso del suelo húmedo (g)	4661		4939	4432		4665	4210		4509					
Volumen del molde (cc)	2117		2117	2119		2119	2125		2125					
Densidad húmeda (g/cc)	2.202		2.333	2.092		2.202	1.981		2.122					
% de humedad	15.87		17.04	15.86		17.61	15.87		18.48					
Densidad seca (g/cc)	1.90		1.963	1.81		1.872	1.71		1.791					
HUMEDAD														
Tarro N°														
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	82.77	82.77	91.31	91.31	89.93	89.93	91.25	91.25	75.60	75.60				
Tarro + Suelo seco (gr.)	74.45	74.45	81.24	81.24	80.68	80.68	80.95	80.95	68.34	68.34				
Peso del Agua (gr.)	8.3	8.3	10.1	10.1	9.3	9.3	10.3	10.3	7.3	7.3				
Peso del tarro (gr.)	22.03	22.03	22.15	22.15	22.36	22.36	22.45	22.45	22.59	22.59				
Peso del suelo seco (gr.)	52.4	52.4	59.1	59.1	58.3	58.3	58.5	58.5	45.8	45.8				
% de humedad	15.87	15.87	17.04	17.04	15.86	15.86	17.61	17.61	15.87	15.87				
Promedio de Humedad (%)	15.872		17.04		15.86		17.61		15.87					
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL		EXPANSIÓN		DIAL		EXPANSIÓN					
			Pulg	%	Pulg	%	Pulg	%	Pulg	%				
23/09/2024	14:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
24/09/2024	14:00	24	0.22	0.008	0.15	0.004	0.12	0.003						
25/09/2024	14:00	48	1.45	0.038	1.25	0.031	1.35	0.034						
26/09/2024	14:00	72	5	0.125	5.35	0.134	6.31	0.158						
27/09/2024	14:00	96	10	0.250	10.36	0.259	10.39	0.260						
			4.57	total	5.47	4.57	total	5.67	4.57	total				
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° A-7				MOLDE N° A-8				MOLDE N° A-9			
			CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN				
mm.	pulg.	Lbf/in2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	90.3	36			65.7	27			38.9	17		
1.270	0.050	1'00"	186.5	73			124.9	49			80.9	33		
1.910	0.075	1'30"	273.3	106			188.3	74			117.3	46		
2.540	0.100	2'00"	357.8	140	120.3	12.0	238.3	93	82.7	8.27	153.7	60	53.2	5.3
3.810	0.150	3'00"	448.1	178			294.9	115			192.4	75		
5.080	0.200	4'00"	590.3	233.4	240.3	16.0	350.6	137	150.4	10.0	240.9	94	102.2	6.8
6.350	0.250	5'00"	730.8	292			439.1	172			313.2	122		
7.620	0.300	6'00"	926.7	375			553.4	218			396.5	155		
10.160	0.400	8'00"	1073.4	440			658.9	262			463.4	182		
12.700	0.500	10'00"	1119.1	460			711.8	284			481.0	188		

Henry Rivadeneira Obilias
 Tec. Laboratorio USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, J.L.O, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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 - PENETRACIÓN

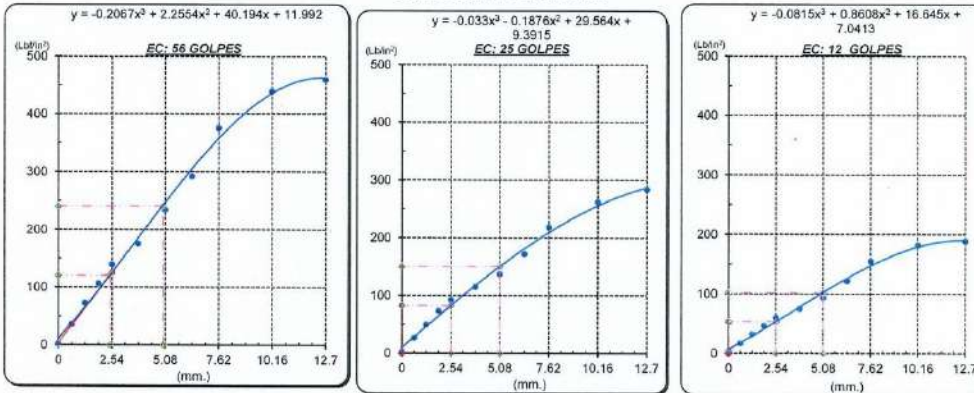


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.900 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.805 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	15.87 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	12.0 %	16.0 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	8.27 %	10.0 %



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : : N° 03
 MUESTRA : : N° 01 PROFUNDIDAD : 0.20 m - 1.50 m
 Adición: 2% C444 + 76 g (SD)

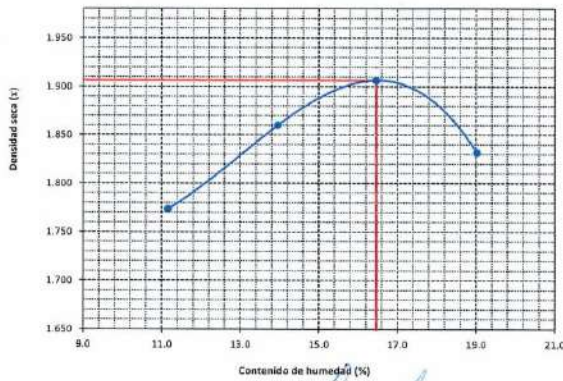
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	6002	6139	6232	6195
Peso del molde	g.	4180	4180	4180	4180
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1822	1959	2052	2015
Volumen del molde	cm ³	924.2	924.2	924.2	924.2
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.971	2.120	2.220	2.180

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	64.16	63.03	67.84	69.37
Peso del suelo seco + tara	g.	59.69	57.70	61.06	61.37
Peso de tara	g.	19.63	19.52	19.87	19.30
Peso de agua	g.	4.47	5.33	6.78	8
Peso de suelo seco	g.	40.06	38.18	41.19	42.07
Contenido de agua	%	11.2	14.0	16.5	19.0
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.774	1.860	1.906	1.832

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.906	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.460	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

Añición: 2% C444 + 75 g (SD)

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	2alq				13				10alq					
Nº Capes	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	12920		12995	4838	12638		12705	4547	12253		12310			
Peso de molde (g)	8157		8157	4838	8158		8158	4547	8119		8119			
Peso del suelo húmedo (g)	4763		4838	4838	4480		4547	4547	4134		4191			
Volumen del molde (cc)	2162		2162	4838	2134		2134	2134	2113		2112			
Densidad húmeda (g/cc)	2.203		2.237	4838	2.100		2.150	2.150	1.957		1.984			
% de humedad	15.85		17.45	17.45	15.98		17.50	17.50	16.24		17.64			
Densidad seca (g/cc)	1.901		1.905	1.905	1.810		1.830	1.830	1.683		1.687			
HUMEDAD														
Tarro Nº	-		-		-		-		-		-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	148.9	148.9	483.8	483.8	114.5	114.5	454.7	454.7	167.4	167.4	4191.0			
Tarro + Suelo seco (gr.)	132.4	132.4	476.3	476.3	101.5	101.5	448.0	448.0	148.0	148.0	4134.0			
Peso del Agua (gr.)	16.5	16.5	75.0	75.0	13.0	13.0	67.0	67.0	19.4	19.4	57.0			
Peso del tarro (gr.)	28.3	28.3	0	0	20.2	20.2	0	0	28.30	28.30	0			
Peso del suelo seco (gr.)	104.1	104.1	467.4	467.4	81.3	81.3	4400.3	4400.3	119.7	119.7	4065.6			
% de humedad	15.85	15.85	17.45	17.45	15.98	15.98	17.50	17.50	16.24	16.24	17.64			
Promedio de Humedad (%)	15.85		17.45		15.98		17.50		16.24		17.64			
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
28/09/2024	14:30	0	0.30	0	0	0.30	0	0	0.30	0	0			
29/09/2024	14:30	24	1.15	0.029		1.25	0.031		1.28	0.032				
30/09/2024	14:30	48	1.35	0.034		1.48	0.037		1.58	0.040				
1/10/2024	14:30	72	1.89	0.047		2.01	0.050		2.15	0.054				
2/10/2024	14:30	96	2.15	0.054		2.25	0.056		2.38	0.060				
			4.57	total	1.18	4.57	total	1.23	4.57	total	1.30			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº 2alq				MOLDE Nº 13				MOLDE Nº 10alq			
			CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN				
mm.	pulg.	Lbf/in2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	91	36			51	21			37	16		
1.270	0.050	1'00"	171	67			118	46			85	36		
1.910	0.075	1'30"	261	102			162	63			110	44		
2.540	0.100	2'00"	390	117	82.7	8.3	195	76	78.9	7.9	140	55	58.3	5.8
3.810	0.150	3'00"	340	133			253	99			202	79		
5.080	0.200	4'00"	432	169	161.8	10.8	383	150	139.8	9.3	293	114	108.4	7.2
6.350	0.250	5'00"	544	214			425	166			332	129		
7.620	0.300	6'00"	610	242			484	190			394	154		
10.160	0.400	8'00"	694	276			543	214			443	174		
12.700	0.500	10'00"	814	327			624	247			495	196		

Henry Rivas Obilitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MÓGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, J.L.C. Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

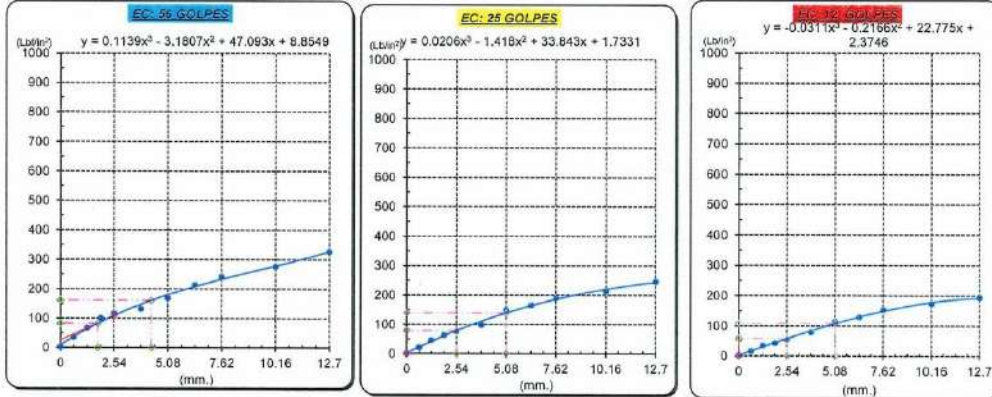


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.908 g/cm ³	
DENSIDAD SECA AL 95%	1.811 g/cm ³	1.71584
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	16.46 %	

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	8 %	11 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	8 %	9 %



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MUGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, J.L.O, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALECATA : N° 03
 MUESTRA : N° 01 PROFUNDIDAD : 0.20 m - 1.50 m
 Adición: 2% C444 + 75 g (SD)

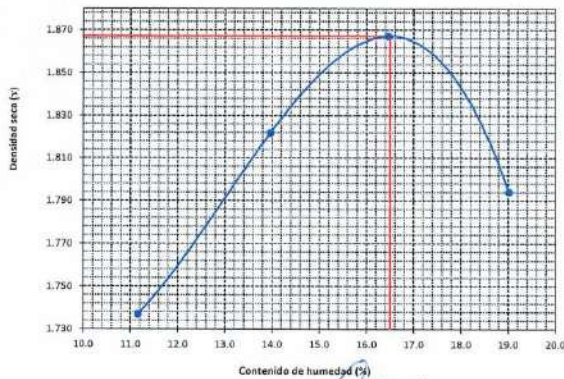
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	6002	6139	6232	6195
Peso del molde	g	4180	4180	4180	4180
Peso del suelo húmedo compactado	g	1822	1959	2052	2015
Volumen del molde	cm ³	943.7	943.7	943.7	943.7
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.931	2.076	2.174	2.135

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	84.16	63.03	67.84	69.37
Peso del suelo seco + tara	g	59.69	57.70	61.06	61.37
Peso de tara	g	19.63	19.52	19.87	19.30
Peso de agua	g	4.47	5.33	5.78	8
Peso de suelo seco	g	40.06	38.18	41.19	42.07
Contenido de agua	%	11.2	14.0	16.5	19.0
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.737	1.822	1.867	1.794

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.867	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.50	%

GRÁFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Oblitas
 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO



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

Testista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

Adición: 2% C444 + 75 g (SD)

COMPACTACIÓN																	
N° Molde		2alq				13				10alq							
N° Cape		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		12881	13002	12609	12711	12289	12363	12289	12363	12289	12363	12289	12363				
Peso de molde (g)		8157	8157	8158	8158	8119	8119	8119	8119	8119	8119	8119	8119				
Peso del suelo húmedo (g)		4724	4845	4451	4553	4170	4244	4170	4244	4170	4244	4170	4244				
Volumen del molde (cc)		2162	2162	2134	2115	2113	2112	2113	2112	2113	2112	2113	2112				
Densidad húmeda (g/cc)		2.185	2.241	2.086	2.153	1.974	2.009	1.974	2.009	1.974	2.009	1.974	2.009				
% de humedad		23.11	25.72	28.26	30.59	32.22	34.02	32.22	34.02	32.22	34.02	32.22	34.02				
Densidad seca (g/cc)		1.775	1.782	1.626	1.648	1.493	1.499	1.493	1.499	1.493	1.499	1.493	1.499				
HUMEDAD																	
Tarro N°		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		172.7	172.7	484.5	484.5	178.7	178.7	455.3	455.3	195.7	195.7	424.0	424.0				
Tarro + Suelo seco (gr.)		145.6	145.6	472.4	472.4	145.5	145.5	445.1	445.1	154.9	154.9	417.0	417.0				
Peso del Agua (gr.)		27.1	27.1	121.0	121.0	33.2	33.2	102.0	102.0	40.8	40.8	74.0	74.0				
Peso del tarro (gr.)		28.5	28.5	0	0	28.2	28.2	0	0	28.30	28.30	0	0				
Peso del suelo seco (gr.)		117.1	117.1	464.1	464.1	117.3	117.3	437.8	437.8	126.6	126.6	410.7	410.7				
% de humedad		23.11	23.11	25.72	25.72	28.26	28.26	30.59	30.59	32.22	32.22	34.02	34.02				
Promedio de Humedad (%)		23.11	23.11	25.72	25.72	28.26	28.26	30.59	30.59	32.22	32.22	34.02	34.02				
EXPANSIÓN																	
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL Pulg.	EXPANSIÓN		DIAL Pulg.	EXPANSIÓN		DIAL Pulg.	EXPANSIÓN							
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%						
2/10/2024	13:00	0	0.30	0	0	0.30	0	0	0.30	0	0						
3/10/2024	13:00	24	1.30	0.033		1.33	0.033		1.42	0.036							
4/10/2024	13:00	48	1.32	0.033		1.40	0.035		1.48	0.037							
5/10/2024	13:00	72	1.85	0.046		2.00	0.050		2.06	0.051							
6/10/2024	13:00	96	2.00	0.050		2.05	0.051		2.40	0.060							
			4.57	total	1.09	4.57	total	1.12	4.57	total	1.31						
PENETRACIÓN																	
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° 2alq				MOLDE N° 13				MOLDE N° 10alq						
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN				
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%			
mm.	pulg.	Lbf/in2															
0.000	0.000	0'00"	0	2					0	2				0	2		
0.640	0.025	0'30"	81	33					47	20				36	16		
1.270	0.050	1'00"	165	72					110	44				105	42		
1.910	0.075	1'30"	275	107					159	62				115	46		
2.540	0.100	2'00"	1000	310	121	89.2	8.9	187	73	77.1	7.7	164	64	65.1	6.5		
3.810	0.150	3'00"		354	138			250	97			222	87				
5.080	0.200	4'00"	1500	449	176	173.5	11.5	380	149	138.1	9.2	310	121	116.9	7.9		
6.350	0.250	5'00"		578	228			422	165			357	139				
7.620	0.300	6'00"		671	267			482	189			415	162				
10.160	0.400	8'00"		740	296			540	213			450	174				
12.700	0.500	10'00"		875	353			625	248			510	198				

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramírez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, J.L.O, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

GRAFICO CARGA - PENETRACION

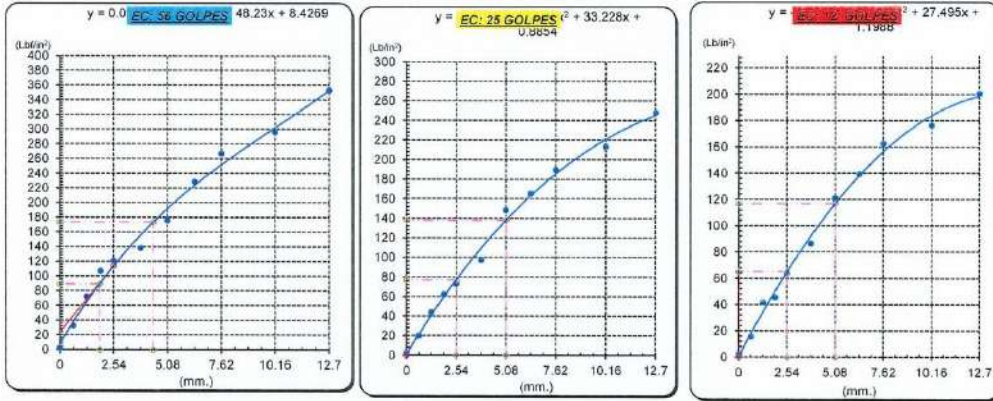


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.867 g./cm ³	
DENSIDAD SECA AL 95%	1.774 g./cm ³	1.68038
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	16.50 %	

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	10 %	13 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	9 %	11 %



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³)) N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

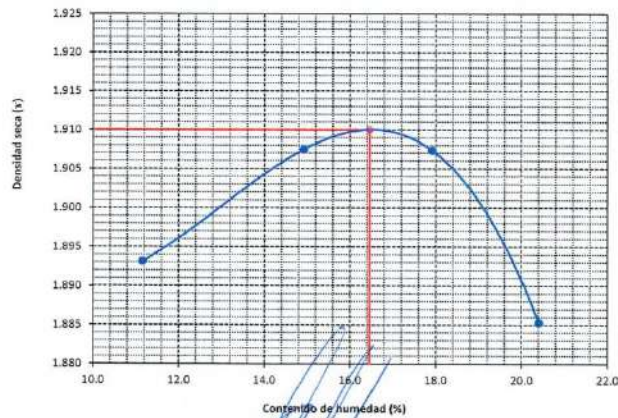
CALICATA : N° 03
 MUESTRA : N° 01
 PROFUNDIDAD : 0.20 m - 1.50 m
 Adición: 3% C444 + 100 g (SD)

Número de ensayo	1	2	3	4
Peso del suelo + molde	5773	5853	5905	5924
Peso del molde	3854	3854	3854	3854
Peso del suelo húmedo compactado	1919	1999	2051	2070
Volumen del molde	911.9	911.9	911.9	911.9
Peso del volumen húmedo	2.104	2.192	2.249	2.270

CONTENIDO DE HUMEDAD				
N° Recipiente	1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	64.16	63.03	67.84	69.37
Peso del suelo seco + tara	69.69	67.38	60.55	60.89
Peso de tara	19.63	19.52	19.87	19.33
Peso de agua	4.47	5.65	7.29	8.48
Peso de suelo seco	40.06	37.86	40.68	41.56
Contenido de agua	11.2	14.9	17.9	20.4
Peso volumétrico seco	1.893	1.907	1.907	1.885

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.910	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.46	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneyra Obillas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : N° 03
 MUESTRA : N° 01 PROFUNDIDAD : 0.20 m - 1.50 m
 Adición: 3% C444 + 100 g (SD)

COMPACTACIÓN														
N° Molde	A-10			A-11			A-12							
N° Capa	5			5			5							
N° Golpes por capa	56			25			12							
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado					
Peso molde + Suelo húmedo	12494		12773		12244		12469		13047					
Peso de molde (g)	7749		7749		7755		7755		8806					
Peso del suelo húmedo (g)	4745		5024		4489		4714		4241					
Volumen del molde (cc)	2133		2133		2124		2124		2118					
Densidad húmeda (g/cc)	2.225		2.355		2.113		2.219		2.002					
% de humedad	16.46		17.85		16.46		17.99		16.46					
Densidad seca (g/cc)	1.91		1.999		1.81		1.881		1.72					
HUMEDAD														
Tarro N°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	82.30	82.30	90.97	90.97	89.88	89.88	90.51	90.51	74.98	74.98				
Tarro + Suelo seco (gr.)	73.67	73.67	80.44	80.44	80.28	80.28	79.97	79.97	67.45	67.45				
Peso del Agua (gr.)	8.6	8.6	10.5	10.5	9.6	9.6	10.5	10.5	7.5	7.5				
Peso del tarro (gr.)	21.25	21.25	21.46	21.46	21.96	21.96	21.37	21.37	21.69	21.69				
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				
% de humedad	16.46	16.46	17.85	17.85	16.46	16.46	17.99	17.99	16.46	16.46				
Promedio de Humedad (%)	16.463		17.85		16.46		17.99		16.46					
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
7/10/2024	11:10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
8/10/2024	12:10	24	0.22	0.006		0.15	0.004		0.12	0.003				
9/10/2024	13:10	48	1.45	0.036		1.25	0.031		1.35	0.034				
10/10/2024	14:10	72	5	0.125		5.35	0.134		6.31	0.158				
11/10/2024	15:10	96	10	0.250		10.36	0.259		10.39	0.260				
			4.57	total	5.47	4.57	total	5.67	4.57	total	5.69			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° A-10				MOLDE N° A-11				MOLDE N° A-12			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
mm.	pulg.	Lbf/in2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	92.7	37			67.1	27			38.7	17		
1.270	0.050	1'00"	192.4	75			121.9	48			84.5	34		
1.910	0.075	1'30"	282.7	110			193.1	75			123.2	49		
2.540	0.100	2'00"	369.5	144	125.4	12.5	252.0	98	85.5	8.55	161.9	63	57.5	5.8
3.810	0.150	3'00"	463.4	182			296.7	116			201.8	79		
5.080	0.200	4'00"	610.4	241.7	252.2	16.8	350.8	137	157.8	10.5	274.6	107	110.2	7.3
6.350	0.250	5'00"	755.5	302			490.2	193			327.3	128		
7.620	0.300	6'00"	959.6	390			598.0	237			417.6	163		
10.160	0.400	8'00"	1113.3	457			689.4	274			484.5	190		
12.700	0.500	10'00"	1161.4	479			792.3	318			505.6	199		

Henry Rivadeneyra Obliñas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 Universidad Católica del Perú
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, J.L.O, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

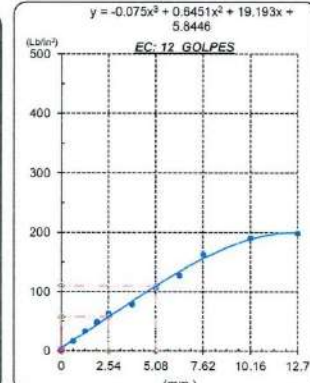
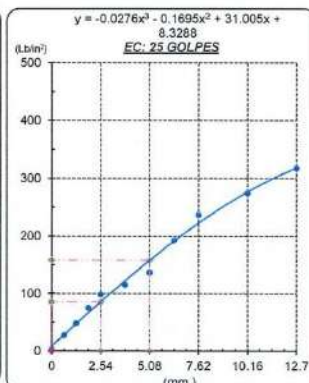
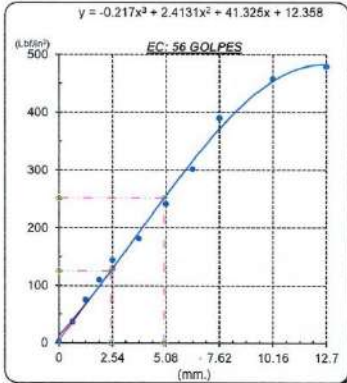


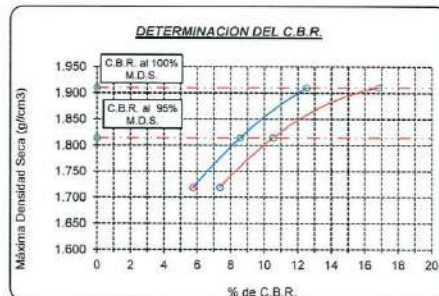
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.910 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.815 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	16.46 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	12.5 %	16.8 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	8.55 %	10.5 %



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

Adición: 3% C444 + 100 g (SD)

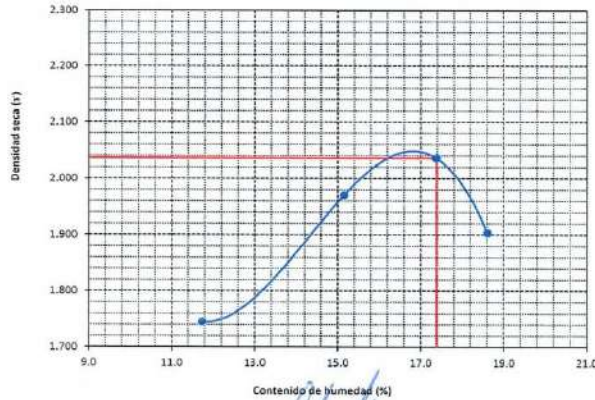
Número de ensayo	1	2	3	4
Peso del suelo + molde	5950	6240	6350	6230
Peso del molde	4180	4180	4180	4180
Peso del suelo húmedo compactado	1770	2080	2170	2050
Volumen del molde	908.01	908.01	908.01	908.01
Peso del volumen húmedo	1.949	2.269	2.390	2.258

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente	1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	71.89	75.25	77.19	74.26
Peso del suelo seco + tara	67.30	68.32	69.15	68.57
Peso de tara	28.18	22.59	22.88	37.99
Peso de agua	4.59	6.93	8.04	5.69
Peso de suelo seco	39.12	45.73	46.27	30.58
Contenido de agua	11.7	15.2	17.4	18.6
Peso volumétrico seco	1.745	1.970	2.036	1.904

DENSIDAD MAXIMA SECA	2.036	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	17.376	%

GRÁFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



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

Testista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALCATA : : N° 03
 MUESTRA : : N° 01 PROFUNDIDAD : 0.20 m - 1.50 m
 Adición: 3% C444 + 100 g (SD)

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	5				1				12					
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	12892		12924		12838		12932		12629		12709			
Peso de molde (g)	7942		7942		8059		8059		8063		8063			
Peso del suelo húmedo (g)	4950		4982		4779		4873		4566		4646			
Volumen del molde (cc)	2110		2110		2124		2124		2140		2140			
Densidad húmeda (g/cc)	2.346		2.361		2.251		2.295		2.133		2.171			
% de humedad	16.49		17.15		16.96		18.96		17.06		18.84			
Densidad seca (g/cc)	2.014		2.016		1.924		1.929		1.822		1.826			
HUMEDAD														
Tarro Nº	-		-		-		-		-		-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	164.1	164.1	4982	4982	158.8	158.8	4873	4873	179.2	179.2	4646.0	4646.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)	144.0	144.0	4950	4950	139.9	139.9	4779	4779	157.2	157.2	4566.0	4566.0		
Peso del Agua (gr.)	20.1	20.1	32.0	32.0	18.9	18.9	94.0	94.0	22.0	22.0	80.0	80.0		
Peso del tarro (gr.)	22.0	22.0	0	0	28.2	28.2	0	0	28.20	28.20	0	0		
Peso del suelo seco (gr.)	122.0	122.0	4852.3	4852.3	111.7	111.7	4688.8	4688.8	129.0	129.0	4484.3	4484.3		
% de humedad	16.49	16.49	17.15	17.15	16.96	16.96	18.96	18.96	17.06	17.06	18.84	18.84		
Promedio de Humedad (%)	16.49		17.15		16.96		18.96		17.06		18.84			
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL		EXPANSIÓN		DIAL		EXPANSIÓN		DIAL		EXPANSIÓN	
			Pulg	%	Pulg	%	Pulg	%	Pulg	%				
14/10/2024	10:25	0	0.30	0	0	0.30	0	0	0	0.30	0	0	0	
15/10/2024	10:25	24	0.80	0.020		0.85	0.021		0.92	0.023				
16/10/2024	10:25	48	0.92	0.023		0.95	0.024		0.98	0.025				
17/10/2024	10:25	72	1.00	0.025		1.20	0.030		1.25	0.031				
18/10/2024	10:25	96	1.22	0.031		1.32	0.033		1.37	0.034				
			4.57	total	0.67	4.57	total	0.72	4.57	total	0.76			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº 5				MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 12			
			CARGA	CORRECCIÓN			CARGA	CORRECCIÓN			CARGA	CORRECCIÓN		
mm.	pulg.	Lbf/in2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	62	26			49	21			28	13		
1.270	0.050	1'00"	119	47			97	39			79	32		
1.910	0.075	1'30"	157	62			140	55			131	52		
2.540	0.100	2'00"	320	125	97.0	9.7	260	101	86.8	8.7	183	72	65.7	6.6
3.810	0.150	3'00"	398	156			320	125			238	93		
5.080	0.200	4'00"	450	178	188.6	12.4	394	154	154.8	10.3	309	120	117.7	7.8
6.350	0.250	5'00"	618	245			463	182			344	134		
7.620	0.300	6'00"	668	266			524	206			395	154		
10.160	0.400	8'00"	821	330			632	251			481	191		
12.700	0.500	10'00"	978	396			730	291			523	209		

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, J.L.O. Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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 - PENETRACIÓN

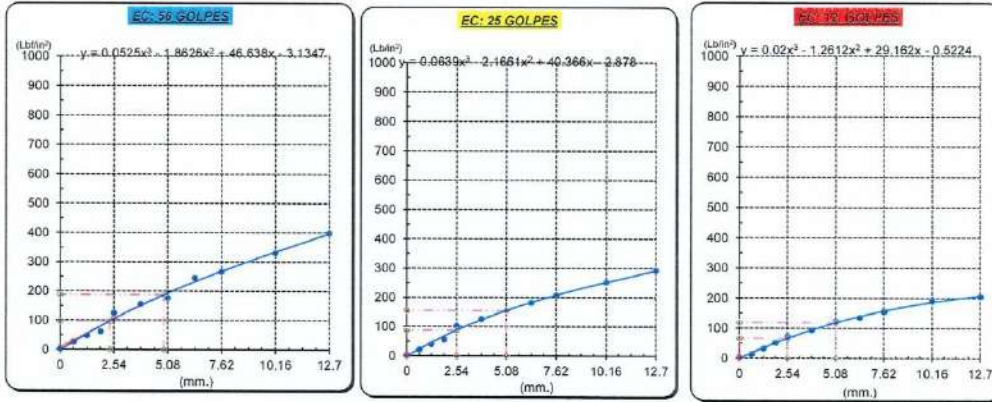


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	2.036 g/cm ³	
DENSIDAD SECA AL 95%	1.934 g/cm ³	1.83245
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	17.38 %	

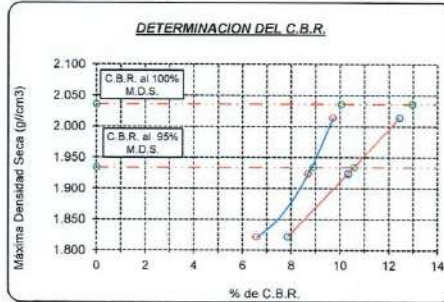
VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	10 %	13 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	9 %	11 %

GRAFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DEL C.B.R.



Henry Rivadeneira Oblius
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 UNIVERSIDAD CATÓLICA
 SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 CHICLAYO
 TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MÓGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

Adición: 3% C444 + 100 g (SD)

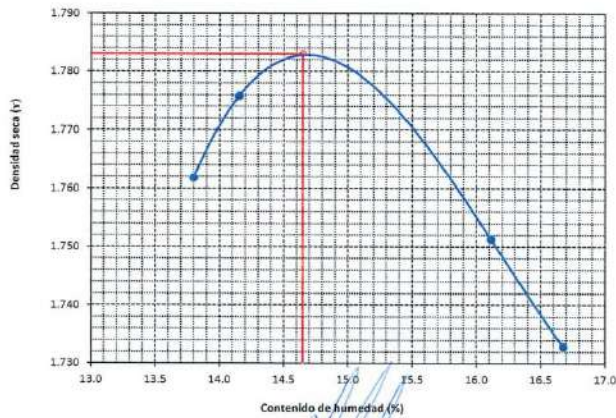
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	5769	5763	5742	5758
Peso del molde	g.	3850	3850	3850	3850
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1919	1913	1892	1908
Volumen del molde	cm ³	943.7	943.7	943.7	943.7
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.033	2.027	2.005	2.022

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	130.13	120.03	140.69	129.05
Peso del suelo seco + tara	g.	115.98	108.65	127.08	114.65
Peso de tara	g.	28.17	28.25	28.45	28.29
Peso de agua	g.	14.15	11.38	13.61	14.4
Peso de suelo seco	g.	87.81	80.4	98.63	86.36
Contenido de agua	%	16.1	14.2	13.8	16.7
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.751	1.776	1.762	1.733

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.783	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	14.65	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



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

Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, JLO, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

CALICATA : : N° 03
 MUESTRA : : N° 01 PROFUNDIDAD : 0.20 m - 1.50 m
 Adición: 3% C444 + 100 g (SD)

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	A-1				A-2				A-3					
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	13145	13285	13050	13280	11845	11960								
Peso de molde (g)	8413	8413	8473	8473	8281	8281								
Peso del suelo húmedo (g)	4732	4872	4577	4807	3564	3679								
Volumen del molde (cc)	2120	2120	2112	2112	2113	2113								
Densidad húmeda (g/cc)	2.232	2.298	2.167	2.276	1.687	1.741								
% de humedad	14.66	17.67	15.40	20.52	16.45	19.72								
Densidad seca (g/cc)	1.947	1.953	1.878	1.889	1.448	1.454								
HUMEDAD														
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	396.5	396.5	487.2	487.2	405.6	405.6	480.7	480.7	389.6	389.6	3679.0	3679.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)	353.0	353.0	473.2	473.2	358.0	358.0	457.7	457.7	342.0	342.0	3564.0	3564.0		
Peso del Agua (gr.)	43.5	43.5	140.0	140.0	47.6	47.6	230.0	230.0	47.6	47.6	115.0	115.0		
Peso del tarro (gr.)	56.2	56.2	0	0	48.9	48.9	0	0	52.6	52.6	0	0		
Peso del suelo seco (gr.)	296.8	296.8	4641.6	4641.6	309.1	309.1	4492.6	4492.6	289.4	289.4	3513.1	3513.1		
% de humedad	14.66	14.66	17.67	17.67	15.40	15.40	20.52	20.52	16.45	16.45	19.72	19.72		
Promedio de Humedad (%)	14.66	17.67	15.40	20.52	16.45	19.72								
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
26/10/2024	10:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
27/10/2024	10:45	24	0.36	0.009	0.36	0.006	0.4	0.010						
28/10/2024	10:45	48	1.42	0.036	1.5	0.038	1.2	0.030						
29/10/2024	10:45	72	1.9	0.048	2.1	0.053	2.3	0.058						
30/10/2024	10:45	96	2.4	0.060	2.6	0.065	2.9	0.073						
			4.57	total	1.31	4.57	total	1.42	4.57	total	1.59			
PENETRACION														
PENETRACION	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-1				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
mm.	pulg.	Lbf/in2												
0.000	0.000	0'00"	0	2	0	2	0	2	0	2				
0.640	0.025	0'30"	9	24	6	17	4	12						
1.270	0.050	1'00"	25	63	18	46	15	39						
1.910	0.075	1'30"	42	105	26	66	21	54						
2.540	0.100	2'00"	76	188	154.0	15.4	48	119	116.8	11.7	36	90	85.0	8.5
3.810	0.150	3'00"	98	241			76	188			42	105		
5.080	0.200	4'00"	115	283	295.7	19.7	87	215	209.7	14.0	52	129	134.8	9.0
6.350	0.250	5'00"	138	339			96	237			64	158		
7.620	0.300	6'00"	175	429			115	283			68	168		
10.160	0.400	8'00"	198	485			124	305			70	178		
12.700	0.500	10'00"	215	527			145	356			98	245		

Henry Rivas Enciso Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Karen Jimena Cabrera Ramirez
 Escuela : Ingeniería Civil
 Proyecto/Tesis : Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación
 Ubicación : Av. Panamá cuadra N° 14, J.L.O, Lambayeque - Perú
 Fecha de emisión : Chiclayo, Mayo del 2025

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

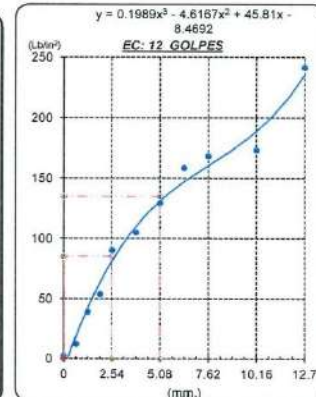
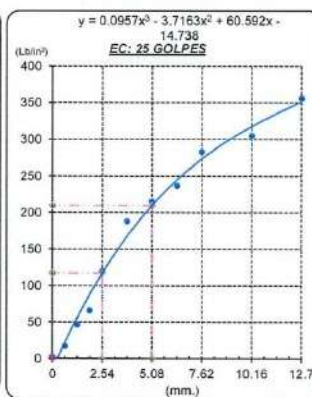
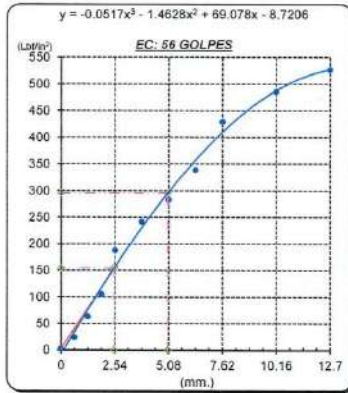


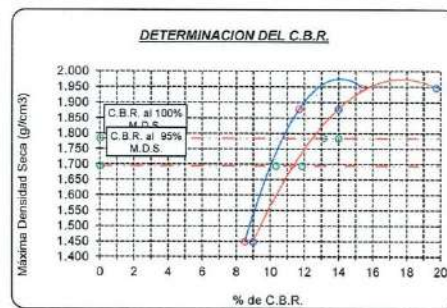
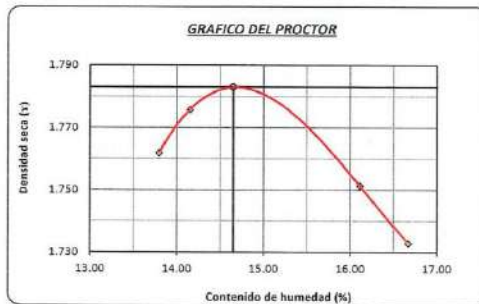
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.783 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.694 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	14.65 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	13 %	14 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	10 %	12 %



Henry Rivas Neyra
 Henry Rivas Neyra
 Oblius
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 3. Memoria fotográfica



Figura 8. Punto de exploración 1.



Figura 9. Punto de exploración 2.



Figura 10. Punto de exploración 3.



Figura 11. Muestras para ensayos químicos (cloruros, sulfatos y sales solubles).

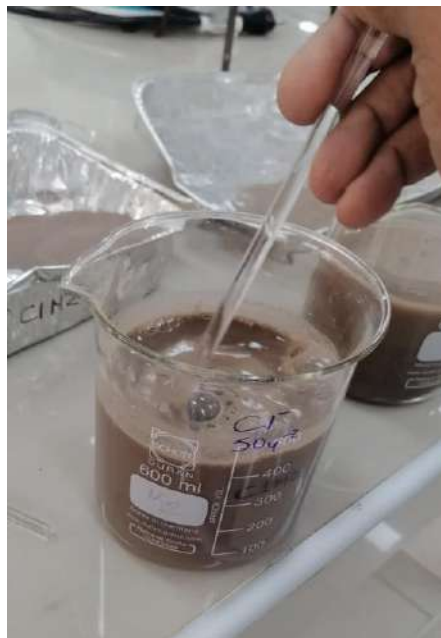


Figura 12. Determinación de cloruros, sulfatos y sales solubles en muestras de suelos.



Figura 13. Muestras para concentración de cloruros, sulfatos y sales solubles.



Figura 14. Cuantificación de pesos de muestras.



Figura 15. Colocación de muestras húmedas en el horno para contenido de humedad.



Figura 16. Granulometría de muestras calicata N° 01.



Figura 17. Granulometría de muestras calicata N° 02.



Figura 18. Granulometría de muestras calicata N° 03.

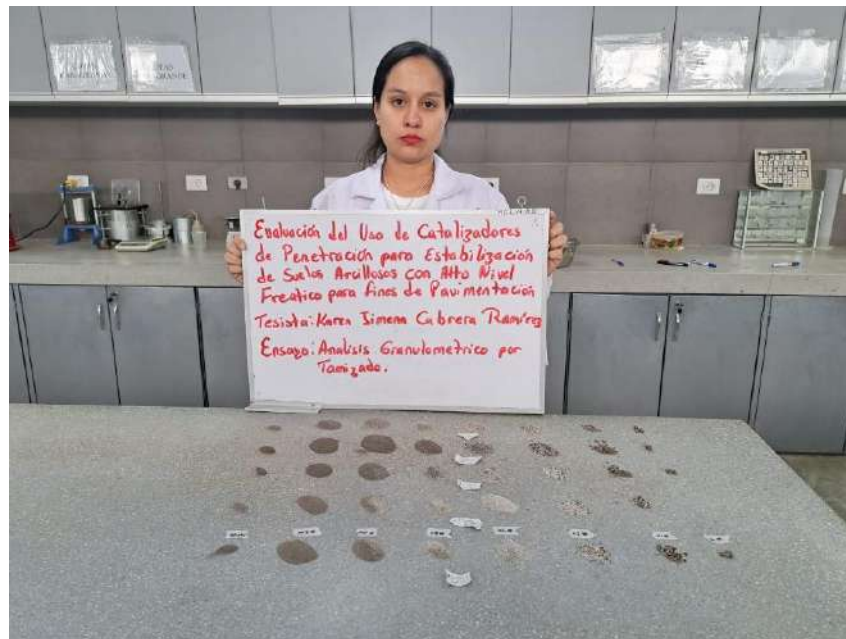


Figura 19. Muestras para análisis granulométrico por tamizado.



Figura 20. Muestras para límites de consistencia.



Figura 21. Preparación de muestras en moldes para límites de consistencia.



Figura 22. Inserción de muestras en el horno para límites de consistencia.



Figura 23. Muestras secas para límites de consistencia.



Figura 24. Preparación de muestras para gravedad específica.



Figura 25. Pesado de fiolas para gravedad específica.



Figura 26. Muestras saturadas con agua destilada para gravedad específica.



Figura 27. Colocación de muestras en cámara de vacíos para gravedad específica.



Figura 28. Preparación de muestras en cada base para hidrometría.



Figura 29. Testigos para muestras de hidrometría.



Figura 30. Colocación de agua destilado en muestras para hidrometría.



Figura 31. Medición del asentamiento de las muestras para hidrometría en función del tiempo.



Figura 32. Asentamiento de partículas en las muestras para hidrometría.



Figura 33. Trituración y tamizado de muestras por la malla N° 4 para proctor modificado.



Figura 34. Saturación de muestras en bandeja para proctor modificado.



Figura 35. Llenado de moldes mediante 5 capas con 25 golpes para proctor modificado.



Figura 36. Compactación sobre los moldes con muestras para proctor modificado.



Figura 37. Enrasado de moldes con muestras para proctor modificado.



Figura 38. Medición de pesos de moldes para proctor modificado.



Figura 39. Preparación de muestras para proctor modificado experimental 1^{era} adición.



Figura 40. Preparación de muestras para proctor modificado experimental 2^{da} adición.



Figura 41. Preparación de muestras para proctor modificado experimental 3^{era} adición.



Figura 42. Peso de muestra para proctor modificado experimental 1^{ra} adición.



Figura 43. Peso de muestra para proctor modificado experimental 2^{da} adición.



Figura 44. Peso de muestra para proctor modificado experimental 3^{era} adición.



Figura 45. Preparación de muestras para ensayos de CBR.



Figura 46. Compactación de muestra estabilizada en molde.



Figura 47. Muestra estabilizada sumergida en agua.



Figura 48. Muestra estabilizada en dial de carga.



Figura 49. Lectura de dial de carga.



Figura 50. Excavación de subrasante para tramo de prueba experimental.



Figura 51. Habilitación de subrasante para tramo de prueba experimental.



Figura 52. Preparación de muestra de suelo estabilizada bajo la 3^{era} adición.



Figura 53. Relleno y conformación de subrasante mediante muestra estabilizada bajo 3^{era} adición.



Figura 54. Compactación de subrasante por capas en tramo de prueba experimental.



Figura 55. Subrasante compactada para tramo de prueba experimental.



Figura 56. Medición de la MDS del primer punto experimental con cono de arena.



Figura 57. Medición de la MDS del segundo punto experimental con cono de arena.



Figura 58. Medición de OCH del primer punto experimental con speedy.



Figura 59. Medición de OCH del segundo punto experimental con speedy.

CONFORMIDAD DE ASESOR
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Chiclayo, 20 de mayo del 2025.

Señores

DOCENTE DE LA ASIGNATURA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

ING. LOPEZ CARRANZA, ATILIO RUBEN

Escuela Profesional de Ingeniería Civil-USAT


Presente.

Le expreso mi saludo y en mi condición de asesor doy mi **CONFORMIDAD** a la tesis titulada: **Evaluación del uso de catalizadores de penetración para estabilización de suelos arcillosos con alto nivel freático para fines de pavimentación.**

presentado por el estudiante **CABRERA RAMÍREZ, KAREN JIMENA**

de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, de esta manera se cumple con uno de los requisitos para su pase a sustentación del informe de tesis de acuerdo con el art.32 de reglamento de elaboración y sustentación del trabajo de investigación para optar el título profesional.

Atentamente.



Ing. Ángel Alberto Lorrén Palomino
Docente Asesor