

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE
CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS
Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS
MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE**

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

Autor: Bach. Judith Rocio Soares Ayme.

Asesor: MBA Juan Enrique Gutiérrez Waidhofer0

Línea de investigación institucional: Nuevas tecnologías y procesos.

Fecha de inicio y término: 03-02-2023 / 13-12-2023

Huancayo – Perú

2024

HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera.
Presidente

Jurado

Jurado

Jurado

Ing. Leonel Untiveros Peñaloza.
Secretario docente

Dedicatoria

- A mi familia, cuyo amor inquebrantable y constante apoyo han sido mi fuerza motriz a lo largo de este arduo camino.

Bach. Judith Rocio Soares Ayme

Agradecimientos

- Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todos aquellos que hicieron posible la realización de este proyecto, principalmente a mi asesor, por su guía invaluable y sabiduría compartida

Bach. Judith Rocio Soares Ayme

Constancia de Similitud



NUEVOS TIEMPOS
NUEVOS DESAFÍOS
NUEVOS COMPROMISOS

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0127- FI -2024

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

VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : BACH. SOARES AYME JUDITH ROCIO
 Facultad : INGENIERÍA
 Escuela Académica : INGENIERÍA CIVIL
 Asesor(a) : MBA. JUAN ENRIQUE GUTIÉRREZ Waidhofer

Fue analizado con fecha 06/03/2024; con 177 págs.; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye citas.

X

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

--

El documento presenta un porcentaje de similitud de 13 %.

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

Observaciones:

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

Huancayo, 06 de marzo de 2024.



MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

Contenido

Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Constancia de Similitud	v
Contenido	vi
Contenido de tablas	ix
Contenido de figuras	xi
Resumen	xiii
Abstract	xiv
Introducción	15
1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1. Descripción de la realidad problemática	17
1.2. Delimitación del problema	18
1.2.1. Espacial	18
1.2.2. Temporal	19
1.2.3. Económica	19
1.3. Formulación del problema	19
1.3.1. Problema general	19
1.3.2. Problemas específicos	19
1.4. Justificación	19
1.4.1. Práctica	19
1.4.2. Teórica	20
1.4.3. Metodológica	20
1.5. Objetivos	20
1.5.1. Objetivo general	20
1.5.2. Objetivos específicos	20
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes	22
2.1.1. Nacionales	22
2.1.2. Internacionales	26
2.2. Bases teóricas o científicas	31
2.2.1. Capacidad de soporte de suelos (CBR)	31

2.2.2. Suelos granulares	32
2.2.3. Suelos finos	34
2.2.4. Subrasante	36
2.2.5. Modelos matemáticos para el cálculo de capacidad de soporte	37
2.3. Marco conceptual	40
3. CAPÍTULO III: HIPÓTESIS	43
3.1. Hipótesis general	43
3.2. Hipótesis específicas	43
3.3. Variables	43
3.3.1. Definición conceptual de las variables	43
3.3.2. Definición operacional de las variables	44
3.3.3. Operacionalización de las variables	44
4. CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA	45
4.1. Método de investigación	45
4.2. Tipo de investigación	45
4.3. Nivel de investigación	46
4.4. Diseño de la investigación	46
4.5. Población y muestra	46
4.5.1. Población	46
4.5.2. Muestra	46
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	48
4.6.1. Técnicas	48
4.6.2. Instrumentos	48
4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	51
4.8. Aspectos éticos de la investigación	52
5. CAPÍTULO V: RESULTADOS	54
5.1. Descripción del diseño tecnológico	54
5.1.1. Granulometría	54
5.1.2. Parámetros físicos del suelo	67
5.1.3. Parámetros mecánicos del suelo	75
5.2. Descripción de resultados	81
5.2.1. Capacidad de soporte mediante modelos matemáticos y efectivo de suelos finos	81
5.2.2. Capacidad de soporte mediante modelos matemático y efectivo de suelos granulares	83

5.3. Contrastación de hipótesis	85
5.3.1. Hipótesis específica “a”	85
5.3.2. Hipótesis específica “b”	88
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	91
6.1. Capacidad de soporte mediante modelos matemático y efectivo de suelos finos	91
6.2. Capacidad de soporte mediante modelos matemáticos y efectivo de suelos granulares	92
CONCLUSIONES	94
RECOMENDACIONES	95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
ANEXOS	100
Anexo N° 01: Matriz de Consistencia	101
Anexo N° 02: Matriz de Operacionalización de las Variables	103
Anexo N° 03: Matriz de Operacionalización del Instrumento	105
Anexo N° 04: Instrumento de Investigación	107
Anexo N° 05: Validez y Confiabilidad de los Instrumentos	112
Anexo N° 06: Certificados de Ensayos de Laboratorio	125
Anexo N° 07: Certificados de Calibración	179
Anexo N° 08: Panel Fotográfico	193

Contenido de tablas

Tabla 2.1. Clasificación de la calidad de subrasantes.	31
Tabla 2.2. Tamaño de los materiales granulares.	32
Tabla 2.3. Equivalencias de suelos granulares.	33
Tabla 2.4. Tamaño de los materiales finos.	34
Tabla 2.5. Equivalencias de suelos finos.	34
Tabla 3.1. Operacionalización de las variables.	44
Tabla 4.1. Muestras y ensayos de la investigación.	47
Tabla 4.2. Ubicación de calicatas.	47
Tabla 4.3. Validez de la ficha de recolección sobre granulometría, relación de vacíos y densidad.	50
Tabla 4.4. Validez de la ficha de recolección sobre límites de consistencia.	50
Tabla 4.5. Validez de la ficha de recolección sobre Proctor modificado.	51
Tabla 4.6. Validez de la ficha de recolección sobre CBR.	51
Tabla 5.1. Granulometría en el suelo fino C – 01.	55
Tabla 5.2. Granulometría en el suelo fino C – 02.	56
Tabla 5.3. Granulometría en el suelo fino C – 03.	57
Tabla 5.4. Granulometría en el suelo fino C – 04.	58
Tabla 5.5. Granulometría en el suelo fino C – 05.	60
Tabla 5.6. Granulometría en el suelo granular C-01.	61
Tabla 5.7. Granulometría en el suelo granular C-02.	62
Tabla 5.8. Granulometría en el suelo granular C-03.	63
Tabla 5.9. Granulometría en el suelo granular C-04.	64
Tabla 5.10. Granulometría en el suelo granular C-05.	66
Tabla 5.11. Parámetros físicos del suelo fino.	67
Tabla 5.12. Parámetros físicos del suelo granular.	70
Tabla 5.13. Parámetros mecánicos del suelo fino.	75
Tabla 5.14. Parámetros mecánicos del suelo granular.	78
Tabla 5.15. Características físicas, mecánicas y CBR estimado del suelo fino.	81
Tabla 5.16. Porcentajes de variación del CBR estimado respecto al CBR efectivo del suelo fino.	81
Tabla 5.17. Valores de CBR efectivo y CBR estimado del suelo granular.	83
Tabla 5.18. Porcentajes de variación del CBR estimado respecto al CBR efectivo del suelo granular.	84

Tabla 5.19. Resumen de pruebas no paramétricas Kruskal – Wallis de la hipótesis específica “a”.	85
Tabla 5.20. Comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “a” muestra C – 01.	85
Tabla 5.21. Comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “a” muestra C – 02.	86
Tabla 5.22. Comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “a” muestra C – 03.	86
Tabla 5.23. Comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “a” muestra C – 04.	87
Tabla 5.24. Comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “a” muestra C – 05.	87
Tabla 5.25. Resumen de pruebas no paramétricas Kruskal – Wallis de la hipótesis específica “b”.	88
Tabla 5.26. Comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “b” muestra C – 01.	88
Tabla 5.27. Comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “b” muestra C – 02.	89
Tabla 5.28. Comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “b” muestra C – 03.	89
Tabla 5.29. Comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “b” muestra C – 04.	90
Tabla 5.30. Comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “b” muestra C – 05.	90

Contenido de figuras

Figura 5.1. Curva granulométrica en el suelo fino C – 01.	55
Figura 5.2. Curva granulométrica en el suelo fino C – 02.	56
Figura 5.3. Curva granulométrica en el suelo fino C – 03.	58
Figura 5.4. Curva granulométrica en el suelo fino C – 04.	59
Figura 5.5. Curva granulométrica en el suelo fino C – 05.	60
Figura 5.6. Curva granulométrica en el suelo granular C-01.	62
Figura 5.7. Curva granulométrica en el suelo granular C-02.	63
Figura 5.8. Curva granulométrica en el suelo granular C-03.	64
Figura 5.9. Curva granulométrica en el suelo granular C-04.	65
Figura 5.10. Curva granulométrica en el suelo granular C-05.	66
Figura 5.11. Comparativa del contenido de humedad de las muestras de suelos finos.	67
Figura 5.12. Comparativa del límite líquido de las muestras de suelos finos.	68
Figura 5.13. Comparativa del límite plástico de las muestras de suelos finos.	69
Figura 5.14. Comparativa del índice de plasticidad de las muestras de suelos finos.	69
Figura 5.15. Comparativa del índice líquido humedad de las muestras de suelos finos.	70
Figura 5.16. Porcentajes de materiales retenidos en el tamiz N° 4 en todas las muestras de suelos granulares.	71
Figura 5.17. Comparativa de materiales pasante del tamiz N° 200 de las muestras de suelos granulares.	71
Figura 5.18. Comparativa de contenido de humedad de las muestras de suelos granulares.	72
Figura 5.19. Comparativa de porcentajes de relación de vacíos de las muestras de suelos granulares.	73
Figura 5.20. Comparativa de gravedades específicas de las muestras de suelos granulares.	73
Figura 5.21. Comparativa de las densidades mínimas de las muestras de suelos granulares.	74
Figura 5.22. Comparativa de las densidades máximas de las muestras de suelos granulares.	75
Figura 5.23. Comparativa de la máxima densidad seca de las muestras de suelos finos.	76
Figura 5.24. Comparativa del óptimo contenido de humedad de las muestras de suelos finos.	76
Figura 5.25. Comparativa del CBR al 95% de la MDS de las muestras.	77

Figura 5.26. Comparativa del CBR al 100% de la MDS de las muestras.	78
Figura 5.27. Comparativa de la máxima densidad secas de las muestras de suelos finos.	79
Figura 5.28. Comparativa del optimo contenido de humedad de las muestras de suelos finos.	79
Figura 5.29. Comparativa del CBR al 95% de la MDS de las muestras de suelos finos.	80
Figura 5.30. Comparativa del CBR al 100% de la MDS de las muestras de suelos finos.	80
Figura 5.31. Comparación de los valores de CBR efectivo y CBR estimado del suelo fino.	82
Figura 5.32. Comparación de los valores de CBR efectivo y CBR estimado del suelo fino.	84

Resumen

La presente investigación presentó como problema general: ¿Cuál es el resultado de la validación entre los valores de capacidad de soporte de los suelos finos y granulares mediante modelos matemáticos para subrasante? y fue desarrollada a partir del objetivo de determinar el resultado de la validación entre los valores de capacidad de soporte de los suelos finos y granulares mediante modelos matemáticos para subrasante de la provincia de Huancayo. En ese sentido, fue seguida una metodología experimental que consistió en la obtención de 5 muestras de suelo fino y 5 muestras de suelo granular de la subrasante de vías de la ciudad de Huancayo, posteriormente estas muestras fueron analizadas respecto a sus propiedades físicas y mecánicas a nivel de laboratorio, incluyendo los valores de la capacidad de soporte tanto al 95 como al 100 % de la MDS, luego de ello fueron determinados los valores de la capacidad de soporte o CBR a partir del uso de 8 modelos matemáticos para los suelos finos y de 6 modelos matemáticos para suelos granulares, obtenidos de la revisión de investigaciones anteriores en las que se diferenciaron las ecuaciones de acuerdo a la granulometría de los materiales de subrasante. Es así que, los resultados abordados mostraron que los CBR estimados presentaron diferencias significativas con los valores del CBR efectivo para todos los casos, llegando a tener variaciones de hasta 2663.99 % en suelos finos y del 1218.66 % en suelos granulares. Como conclusión de la investigación se presenta que existen variaciones significativas entre los valores de la capacidad de soporte estimada mediante el uso de modelos matemáticos y la capacidad de soporte efectivo hallada a través del ensayo realizado a nivel de laboratorio. Finalmente, se recomienda emplear el CBR efectivo que se obtiene a nivel de laboratorio.

Palabras clave: CBR, subrasante, suelos finos, suelos granulares, modelos matemáticos.

Abstract

The present research presented as general problem: What is the result of the validation between the bearing capacity values of fine and granular soils through mathematical models for subgrade? and was developed from the objective of determining the result of the validation between the bearing capacity values of fine and granular soils through mathematical models for subgrade of the province of Huancayo. In this sense, an experimental methodology was followed which consisted of obtaining 5 samples of fine soil and 5 samples of granular soil from the subgrade of roads in the city of Huancayo, then these samples were analyzed for their physical and mechanical properties at laboratory level, including the values of bearing capacity both at 95 and 100 % of the MDS, After that, the values of bearing capacity or CBR were determined from the use of 8 mathematical models for fine soils and 6 mathematical models for granular soils, obtained from the review of previous investigations in which the equations were differentiated according to the granulometry of the subgrade materials. Thus, the results showed that the estimated CBR presented significant differences with the effective CBR values for all cases, reaching variations of up to 2663.99 % in fine soils and 1218.66 % in granular soils. As a conclusion of the research, it is presented that there are significant variations between the values of bearing capacity estimated by using mathematical models and the effective bearing capacity found through the test performed at laboratory level. Finally, it is recommended to use the effective CBR obtained at laboratory level.

Key words: CBR, subgrade, fine soils, granular soils, mathematical models.

Introducción

La investigación titulada “Validación de los valores de capacidad de soporte de suelos finos y granulares mediante modelos matemáticos para subrasante” fue parametrizada abordando como objetivo general el determinar el resultado de la validación entre los valores de capacidad de soporte de los suelos finos y granulares mediante modelos matemáticos para subrasante. Esto con el fin de buscar una alternativa confiable para la determinación de los valores del CBR de los suelos de subrasante.

La realización de los ensayos de mecánica de suelos, como componente fundamental para la elaboración de proyectos de pavimentación, demanda recursos de tiempo y dinero significativos, especialmente al tratarse de proyectos a realizarse en zonas alejadas de los centros urbanos. Entre las propiedades fundamentales para la determinación de la calidad del suelo, la que mayor tiempo y costo representa es la determinación de la capacidad de soporte del mismo, expresado como un porcentaje de CBR, siendo exigido conocer su valor tal como expone el MTC (2014) en el Manual de Carreteras en su sección de suelos y pavimentos.

La presente investigación comprendió metodológicamente la extracción de cinco (5) muestras de suelo fino y cinco (5) muestras de suelo granular que conforman la subrasante de diez (10) vías distintas en la provincia de Huancayo, las cuales fueron analizadas a través de ensayos de mecánica de suelos realizados a nivel de laboratorio, posteriormente fueron determinados los valores de la capacidad de soporte a través de la utilización de catorce (14) modelos matemáticos y, finalmente, se procedió con la determinación de la variación de estos valores respecto a la capacidad de soporte efectiva hallada en laboratorio.

A continuación, se presentan los ítems abordados en cada uno de los capítulos de la presente tesis:

I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN. – Con la descripción de la realidad problemática, la delimitación del problema, la formulación del problema, la justificación y los objetivos.

II. MARCO TEÓRICO. – Se tiene los antecedentes nacionales e internacionales, las bases teóricas o científicas y el marco conceptual.

III. HIPÓTESIS. – Contiene la hipótesis general, hipótesis específicas y las variables.

IV. METODOLOGÍA. – Con el método de investigación, el tipo de investigación, el nivel de investigación, el diseño de la investigación, la población y muestra, la ubicación de las calicatas para la extracción del suelo y las técnicas de procesamiento y análisis de datos.

V. RESULTADOS. – Con la presentación de los resultados obtenidos a partir del análisis de los datos obtenidos de los ensayos de mecánica de suelos y cálculos con los modelos matemáticos.

VI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS. Con la descripción de los principales resultados obtenidos y los presentado en los antecedentes de la investigación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Finalmente, se tiene como anexos la matriz de consistencia, la matriz de operacionalización de las variables, los certificados de los ensayos, calibración y el panel fotográfico.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Un aspecto fundamental y de gran influencia en los proyectos de construcción de vías de pavimentos o afirmados corresponde a la capacidad de soporte con la que cuenta el suelo de la subrasante, dado que esta característica mecánica del suelo orienta en gran medida el diseño del ingeniero proyectista referido a los espesores de cada una de las capas que conformarán el pavimento o el afirmado, esta capacidad de soporte es representada con un valor de CBR que tal como explican Muthu Lakshmi, Geetha y Selvakumar (2021) requiere de un exhaustivo análisis de laboratorio y del conocimiento de otras características, esto lo coloca como una propiedad que requiere de un mayor tiempo de determinación y alto costo en comparación con otras propiedades del suelo, lo que pudiera originar que sea inaccesible sobre todo para proyectos alejados, que requieran de una solución rápida o se trate de un proyecto de bajo presupuesto.

Alrededor del mundo, este problema se viene abordando por gran cantidad de investigadores en el campo de la ingeniería civil, entendiendo que el ensayo de CBR básicamente consiste en la penetración de una muestra de suelo que se encuentra bajo ciertas condiciones de compactación y humedad, el tiempo que requiere este ensayo se extiende principalmente al sumergir la muestra tratando de que alcance una saturación del 100 % a fin de simular la peor condición en la que se podría hallar el suelo. Es tal el costo y tiempo que se convierte en una limitante para el desarrollo del sector transporte en los países más pobres, e incluso normativas para diseño de pavimentos de países ricos,

como la aplicada en el Reino Unido, obvian este análisis y consideran otros parámetros para sus diseños (Teklehaymanot y Alene, 2021).

El contexto peruano no es ajeno a esta problemática, con los altos costos y tiempos requeridos que tienen los principales estudios de mecánica de suelos para la determinación de la capacidad de soporte de los suelos, la elaboración de expedientes, incluso para proyectos pequeños, constituyen gastos que muchos no están dispuestos a cubrir, hablando sobre todo de las autoridades de poblaciones e infraestructura alejada de los centros urbanos del país, a pesar de representar un eje fundamental para el desarrollo de estas zonas del país. Con ello en mente, han sido desarrollados gran cantidad de modelos matemáticos que correlacionan los datos de las características de suelos para la obtención de un valor de CBR lo más aproximado posible a la realidad (Eugenio y Ventura, 2021).

En la región Junín, al igual que en todo el Perú, es indispensable el reconocimiento de la capacidad de soporte de la subrasante expresado como un valor del CBR para todo diseño de pavimentos y afirmados, pues muchas de estas vías se encontrarán expuestas a condiciones extremas propias de la altura y las actividades comerciales que se realizan en la región y estando de acuerdo a lo exigido por el MTC (2014) en el Manual de Carreteras, sin embargo, esto origina que la implementación de estas estructuras viales sea complicada en zonas alejadas, donde la circulación de vehículos pesados producto de las actividades de agricultura y ganadería así lo requieren.

Es ante lo expuesto, que la presente investigación planteó la validación de modelos matemáticos para la obtención de la capacidad de soporte expresada, en CBR, para suelos finos y granulares a partir del análisis y determinación de las propiedades más comunes de los suelos que se suelen hallar en los laboratorios de mecánica de suelos del centro del país.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Espacial

La presente investigación ha sido desarrollada considerando el material de suelo granular y fino obtenido de subrasantes de vías de los distritos de Sicaya, Chilca, El Tambo y Huancayo en la provincia de Huancayo de la región Junín.

1.2.2. Temporal

La presente investigación fue realizada en un periodo de aproximadamente siete meses, iniciando en el mes de febrero del 2023 y concluyendo el mes de agosto del mismo año.

1.2.3. Económica

Para el desarrollo de la presente investigación fue necesaria la inversión de un monto que ascendió a los S/ 10,080.00 soles, asumidos en su totalidad por la tesista.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el resultado de la validación entre los valores de capacidad de soporte de los suelos finos y granulares mediante modelos matemáticos para subrasante?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo difieren los valores de capacidad de soporte estimados mediante modelos matemáticos y la capacidad de soporte efectiva de suelos finos para subrasante?
- b) ¿Cuál es la diferencia de los valores de capacidad de soporte estimados mediante modelos matemáticos y la capacidad de soporte efectiva de suelos granulares para subrasante?

1.4. Justificación

1.4.1. Práctica

También denominada como justificación social por algunos autores, consiste en aquella en la que el investigador orienta su trabajo a la solución de algún problema que afecte a la población que pudo haber identificado (Monje, 2011).

La justificación práctica para el desarrollo de la presente investigación se presenta debido a que se pretendió hallar un método mediante modelos matemáticos que permita obtener valores lo más precisos posibles de la capacidad de soporte de los suelos finos y granulares para subrasantes, expresado en CBR, a fin de ofrecer una metodología que

permita la obtención de resultados rápidos y con menores costos, siendo accesible para su aplicación por las poblaciones de las zonas rurales de la región Junín.

1.4.2. Teórica

La justificación teórica según Carrasco (2013) se presenta cuando los resultados de la investigación presenta relevancia académica y procura cerrar una brecha del conocimiento.

Por lo tanto, a medida que se realizan estudios de validación de modelos matemáticos, se pudieron identificar áreas de mejora y nuevas variables a considerar, lo que pudo llevar al desarrollo de enfoques más avanzados y precisos en la estimación de la capacidad de soporte del suelo.

1.4.3. Metodológica

La justificación metodológica, tal como lo explica Carrasco (2013), es aquella que se presenta en una investigación cuando el investigador busca establecer un nuevo proceso o método orientado a la generación de nuevos conocimientos científicos del área investigada.

Considerando lo establecido en el párrafo anterior, esta investigación presentó una justificación metodológica pues, se buscó establecer un nuevo método y de mayor confiabilidad para la obtención confiable de la capacidad de soporte de suelos finos y granulares para subrasantes.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar el resultado de la validación entre los valores de capacidad de soporte de los suelos finos y granulares mediante modelos matemáticos para subrasante.

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Evaluar como difieren los valores de capacidad de soporte estimados mediante modelos matemáticos y la capacidad de soporte efectiva de suelos finos para subrasante.

- b) Establecer la diferencia de los valores de capacidad de soporte estimados mediante modelos matemáticos y la capacidad de soporte efectiva de suelos granulares para subrasante.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Nacionales

Callupe y Gago (2023) en su tesis denominada “Evaluación del CBR y la deflexión del terreno natural usando redes neuronales en el mejoramiento de la carretera Oyónambo tramo II, provincia Daniel Alcides Carrión – Pasco”.

El principal objetivo fue determinar la influencia de las propiedades físicas del terreno natural en la predicción del CBR y de la deflexión usando redes neuronales. Para tal fin, emplearon un enfoque metodológico que implicaba la realización de excavaciones tipo calicata a lo largo de la plataforma de la carretera Oyón-Ambo, específicamente en el tramo del kilómetro 203+00 al 206+000. Como resultado, se presentaron hallazgos significativos en la predicción del CBR, donde las redes neuronales entrenadas con estos parámetros demostraron un coeficiente de determinación (R^2) de 0.835, indicando una correlación considerable entre las propiedades del terreno y el valor del CBR.

En última instancia, concluyó que, de acuerdo a los resultados y al suelo con el que trabajaron que el factor de mayor influencia en la predicción de la propiedad del CBR fue la Máxima Densidad Seca (MDS) respectivamente, con una contribución del 77.9 %, seguido por el contenido óptimo de humedad con un 6.5 %. Asimismo, detallan que aunque las predicciones del CBR mediante redes neuronales ofrecen resultados confiables sobre las propiedades y resistencia del terreno natural, no pueden reemplazar por completo los ensayos de laboratorio, siendo necesario la experimentación para la obtención de mencionadas propiedades.

En la presente investigación, se sigue un enfoque similar al propuesto por Callupe y Gago (2023), así, se emplean diversos modelos matemáticos ya establecidos para validar los valores de capacidad de soporte en suelos finos y granulares mediante el CBR. Al igual, la caracterización del suelo es un paso crucial, ya que permite determinar si las predicciones obtenidas matemáticamente se asemejan a los valores empíricos obtenidos por medio de fórmulas. Aunque no se hace uso de redes neuronales, el objetivo compartido es evaluar la precisión de los modelos predictivos en comparación con los resultados experimentales. De esta manera, se busca corroborar si los modelos matemáticos empleados logran representar fielmente la capacidad de soporte del suelo.

Eugenio y Ventura (2021) realizaron la investigación de título “Determinación de la relación de soporte de California (CBR) a partir de las propiedades de los suelos para pavimentos de bajo volumen”.

El objetivo fue determinar la relación del CBR obtenido a partir de fórmulas de trece autores que correlacionaron las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, con lo obtenido en laboratorio (valores de las características de los suelos de diferentes proyectos desarrollados a nivel nacional); como resultados encontraron valores de correlación entre -0.57 hasta 0.72 , resaltando que el método de mayor confiabilidad fue el método 7 correspondiente a Satyanarayana Reddy & Pavani (2006), con una correlación de 0.72 , para la clasificación de suelos tipo CL, ML (limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas con poca plasticidad), SC, SM y SP.

Por tanto, concluyeron de acuerdo a lo especificado líneas arriba que es posible estimar los valores de CBR a partir de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos utilizando fórmulas de correlación. Los resultados mostraron que la precisión de las estimaciones varía, con correlaciones que oscilaron entre -0.57 y 0.72 . Donde resaltan que el método de mayor confiabilidad fue el de Satyanarayana Reddy & Pavani (2006), puesto que alcanzó una correlación de 0.72 , asimismo, concluyen que este método demostró ser particularmente efectivo para suelos clasificados de acuerdo a SUCS como CL, ML, SC, SM y SP.

Basándose en estos hallazgos, el estudio concluyó que es viable estimar los valores de CBR a partir de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos mediante fórmulas de correlación, y que la precisión de dichas estimaciones puede variar

considerablemente. Esta investigación proporciona una base sólida para la validación de modelos matemáticos en la evaluación de la capacidad de soporte del suelo, permitiendo un análisis comparativo con los valores obtenidos experimentalmente en el presente estudio.

Cordova y Mori (2021) en su tesis de investigación titulada “Modelo matemático para la predicción de la capacidad de soporte (CBR) en suelos expansivos estabilizados con cenizas de cáscaras de arroz y cal a partir de sus propiedades índice y compactación”.

Su propósito fue desarrollar herramientas prácticas para la predicción del valor del CBR del suelo expansivo post estabilización con ceniza de cáscara de arroz (CCA) y cal. Para tal fin, propusieron 8 modelos matemáticos que se basan en la regresión lineal y múltiple donde intervinieron las propiedades índices como el porcentaje de finos (% F), índice de plasticidad (IP), y las propiedades de compactación como el óptimo contenido de humedad (OCH) y máxima densidad seca (MDS), que fueron las variables predictoras. Como resultados encontraron que el modelo matemático de regresión múltiple N° 7 presentó una correlación lineal de Pearson de $R = 0.975$ y un $R^2 = 0.95$ como coeficiente de determinación excelente. Finalmente desarrollaron un modelo matemático de segundo orden para determinar el CBR post estabilización con ceniza de cáscara de arroz y cal.

En conclusión, la investigación desarrolló herramientas prácticas para predecir el valor del CBR del suelo expansivo después de su estabilización con ceniza de cáscara de arroz (CCA) y cal. Se propusieron ocho modelos matemáticos basados en regresión lineal y múltiple, considerando variables predictoras como el porcentaje de finos (% F), el índice de plasticidad (IP), el óptimo contenido de humedad (OCH) y la máxima densidad seca (MDS). Finalmente, se desarrolló un modelo matemático de segundo orden para la determinación precisa del CBR post estabilización con CCA y cal.

Este trabajo proporciona una metodología valiosa para la estimación precisa del CBR en suelos expansivos, la cual es fundamental para la validación de modelos matemáticos en el presente estudio, al ofrecer una comparación entre los valores calculados y los obtenidos experimentalmente, forma similar a lo que se buscó.

Mamani (2019) en su investigación “Estimación del valor de CBR en suelos granulares a partir de ensayos de caracterización y compactación de las canteras ubicadas en la ciudad de Juliaca”.

De forma resumida se tiene que, el objetivo de la investigación fue obtener el CBR a partir de los valores obtenidos de ensayos de caracterización y compactación, para ello trabajó con suelos de 5 canteras, creando así un modelo con predictores de variables que al correlacionarse por separado con el CBR tuvieron un significado más aceptable, las variables fueron el límite líquido, máxima densidad seca, porcentaje de retenido de malla N° 4 y porcentaje de pasante de malla N° 200, con el modelo lineal obtuvo un valor de $r^2 = 0.999$ que indica una buena relación con el resultado de CBR.

Por tanto, de acuerdo a lo que se señaló líneas arriba, el autor llegó a concluir que el modelo que se propuso puede determinar el valor del CBR de los suelos granulares (gravas), esto de acuerdo a los datos de las cinco canteras y el modelo establecido, asimismo, destacando el valor de r que a su vez se refleja como un valor que se relaciona correctamente con el CBR de los suelos.

De manera análoga, en la presente investigación se caracterizan los suelos finos y granulares para validar los valores de capacidad de soporte obtenidos a través de modelos matemáticos. Al igual que en el estudio señalado, se emplean variables críticas relacionadas con las propiedades del suelo para construir y validar modelos predictivos, buscando confirmar la precisión de los valores de CBR calculados mediante estos modelos matemáticos. Esta metodología pretende asegurar que los modelos propuestos ofrecen resultados confiables y replicables, contribuyendo a una evaluación efectiva de la capacidad de soporte de suelos para subrasantes.

Dávila (2019) en su tesis denominada “Predicción de propiedades mecánicas de suelos utilizando redes neuronales artificiales”, tuvo como objetivo predecir las propiedades mecánicas de los suelos (CBR al 100 %, 95 %, contenido óptimo de humedad, máxima densidad seca) mediante modelos neuronales, utilizando los índices de propiedades del suelo (granulometría, límites de consistencia). Para lograrlo, empleó una metodología que implicó recopilar y crear una base de datos con las propiedades mecánicas y físicas del suelo, obtenidas a través de los estudios realizados por Provias Nacional. Luego, desarrolló un modelo de red neuronal artificial, utilizando variables de entrada (porcentajes de grava, arena, finos, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad) y de salida (CBR al 100 %, CBR al 95 %, contenido óptimo de humedad, máxima densidad seca).

Concluye que posterior de llevar a cabo comparaciones con ensayos de laboratorio utilizando las propiedades mencionadas previamente. Los resultados de la etapa de evaluación y validación, que buscaban determinar la precisión del modelo neuronal, requieren comparar los factores de correlación obtenidos entre el modelo neuronal óptimo y los ensayos de laboratorio. Se encontraron correlaciones de Pearson positivas, que oscilan entre buena y excelente, con coeficientes de correlación de $R^2= 0.7317$ para CBR al 100 %, $R^2= 0.8229$ para CBR al 95 %, $R^2= 0.8445$ para el OCH, y $R^2= 0.9265$ para la MDS. Resaltando estos resultados demuestran la confiabilidad y precisión del modelo neuronal artificial, con un promedio de predicción correcta del 95.19 %.

En la investigación, se adoptan metodologías avanzadas para validar los valores de capacidad de soporte de suelos finos y granulares mediante modelos matemáticos, similar a cómo el autor que utilizó redes neuronales para predecir propiedades mecánicas. La validación se centra en comparar los valores de CBR obtenidos a través de modelos matemáticos con los valores calculados mediante métodos tradicionales, buscando asegurar la precisión y aplicabilidad de estos modelos predictivos. Se busca comprobar la efectividad y confiabilidad de los modelos propuestos, contribuyendo a una evaluación más eficiente y precisa de la capacidad de soporte de suelos en subrasante.

2.1.2. Internacionales

Al-Busultan et al. (2020) en su artículo de investigación denominado “Predicción del coeficiente de soporte California a partir de las características de consistencia y compactación de suelos de grano fino”.

Tuvieron como objetivo establecer correlaciones que permitieran predecir el Índice de Soporte California (CBR) a partir de las propiedades de cohesión y compactación de suelos finos. Para ello, implementaron un enfoque metodológico que implicó el análisis de 85 muestras de suelo natural provenientes de distintas ubicaciones en la región de Sulaimani, al norte de Iraq. Llevaron a cabo varios experimentos de laboratorio, incluyendo la determinación de LL, PL, propiedades de compactación y CBR. Se emplearon tanto el análisis de regresión lineal (simple) como el Análisis de Regresión Lineal Múltiple (MLRA) para obtener la ecuación necesaria que permitiera predecir el CBR (saturado) a partir de los parámetros de cohesión y compactación. El análisis estadístico se realizó utilizando el software SPSS (versión 28). Se dio importancia

al CBR saturado, especialmente en condiciones como las de carreteras rurales que pueden estar expuestas al agua durante períodos limitados.

Por consiguiente, concluyen que los resultados presentados a través del análisis estadístico revelaron una correlación significativa entre LL, PL, PI, MDD y OMC con el CBR como variable dependiente en una ecuación de una sola variable, con valores de R^2 de 0.7673, 0.5423, 0.5192, 0.6489 y 0.51. Además, identificaron el valor más alto de correlación R^2 entre el CBR y las propiedades de consistencia y compactación mediante una ecuación de regresión múltiple, alcanzando un R^2 de 0.82. Estas ecuaciones de correlación obtenidas han sido exitosas y podrían ser empleadas, especialmente para estimar el valor del CBR en suelos con rangos de plasticidad de baja a media. Destacando que existe una diferencia leve entre el CBR obtenido en laboratorio y el CBR derivado de los modelos de regresión lineal múltiple.

De manera similar, en esta investigación se emplean modelos matemáticos para validar los valores de capacidad de soporte de suelos finos y granulares, buscando comparar estos valores con los obtenidos mediante métodos tradicionales. Al igual que en el estudio, se utilizan variables críticas relacionadas con la cohesión y compactación del suelo para desarrollar y validar modelos predictivos. La metodología se centra en asegurar la precisión de los modelos matemáticos en la estimación del CBR y en proporcionar una herramienta confiable para la evaluación de la capacidad de soporte de suelos en subrasantes. La validación de estos modelos se basa en la comparación con resultados obtenidos por métodos establecidos, con el objetivo de confirmar la eficacia y aplicabilidad de los modelos matemáticos propuestos.

Teklehaymanot y Alene (2021) realizaron un artículo de investigación titulado “Desarrollo del modelo predictivo CBR a partir del índice de suelo y las propiedades de compactación en el caso de los suelos de grano fino de la ciudad de Debre – Tabor, Etiopía”.

Cuyo objetivo consistió en la creación de una ecuación de correlación que permita estimar el CBR de los suelos a partir de la determinación de sus propiedades más comunes. Para tal fin, siguieron una metodología experimental que fue en la extracción de quince muestras de suelo de diferentes zonas en la localidad de Debre en Etiopía, a continuación, realizaron los análisis de laboratorio de las muestras a fin de obtener la granulometría, el peso específico, el contenido de humedad, los límites de Atterberg y

Proctor modificado, sumado a ello también realizaron ensayos CBR con el fin de obtener las correlaciones, finalmente plantearon los modelos matemáticos.

Concluyeron que, los resultados de su investigación dieron a conocer que la mayoría de estos suelos eran catalogados como MH (limos de alta plasticidad), además los valores de CBR fueron menores al 10 % en todos los casos; a partir de ello mediante cálculos de regresión múltiple lineal y no lineal establecieron doce ecuaciones para la estimación del CBR, luego establecieron la mejor opción a usar de acuerdo a la proximidad al valor de CBR real, el cual fue el basado en el límite líquido y la máxima densidad seca con $R^2 = 0.899$, llegaron a tener variaciones menores al 15 %, además establecieron los errores estándar de la ecuación en menores del 1.00 %, estando dentro de un intervalo de confianza del 7.86 %.

En esta investigación se caracteriza el suelo y se aplican diversos modelos matemáticos establecidos para verificar la precisión de los valores de capacidad de soporte obtenidos mediante el CBR matemáticamente comparados con los valores calculados por fórmulas convencionales. La metodología seguida en la investigación se inspira en los resultados del antecedente, quienes lograron establecer modelos predictivos precisos con bajas variaciones y errores estándar, utilizando parámetros como el límite líquido y la densidad máxima seca.

Muthu Lakshmi, Geetha y Selvakumar (2021) hicieron un artículo de investigación titulado “Predicción del CBR de subrasante de arena arcillosa a partir de la densidad seca para compactación ligera y pesada”.

Con el objetivo de generar un modelo matemático que posibilite la predicción del CBR a partir de los resultados de ensayo Proctor modificado. Para tal fin, extrajeron 10 especímenes de suelos de arena arcillosa, de los cuales determinaron en primera instancia su peso específico, límites de consistencia y granulometría, posteriormente realizaron los ensayos de Proctor modificado determinando su óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca, luego realizaron los ensayos de CBR para finalmente buscar correlaciones entre estos valores y los de las propiedades evaluadas previamente.

Concluyeron que de acuerdo a los resultados de su investigación que, el suelo efectivamente se trataba de una arena con arcilla con una gravedad específica de 2.62, teniendo valores de CBR que oscilaron entre 6.02 como máximo y 2.72 como mínimo;

considerando ello y con los resultados de máxima densidad seca hallada en el ensayo Proctor modificado plantearon una ecuación de regresión polinómica de tercer grado con un coeficiente R^2 de 1, es decir encontraron una correlación fuerte entre el valor de CBR y la máxima densidad sea hallada en el ensayo Proctor modificado.

De manera similar, en la presente investigación se emplean modelos matemáticos establecidos para validar los valores de capacidad de soporte de suelos finos y granulares. Se busca corroborar la precisión de los valores de CBR obtenidos matemáticamente al compararlos con los resultados obtenidos a través de fórmulas convencionales, siguiendo un enfoque que destaca la importancia de correlaciones fuertes entre propiedades del suelo y su capacidad de soporte, tal como se evidenció en el estudio especificado.

Montes-Arvizu et al. (2020) desarrollaron un artículo de investigación titulado “Modelos predictivos de CBR para bases granulares utilizando propiedades físicas y mecánicas”.

Con el objetivo de construir un modelo matemático para la predicción de los valores de CBR que sea confiable y un bajo grado de error. Para ello, realizaron la recolección de muestras de suelo de 6 canteras ubicadas en regiones al centro y norte de México, fabricando así 36 muestras que evaluaron sus propiedades de granulometría, y a partir de compactar las muestras con el ensayo del Proctor modificado hallaron el peso volumétrico, densidad seca, contenido de humedad, porcentaje de vacíos, peso volumétrico de sólidos, densidad específica de sólidos, densidad relativa, además determinaron el porcentaje de agua, sólido y aire de los suelos, además evaluaron el CBR a fin de tener un punto de referencia para la correlación de los valores y tener las ecuaciones, luego analizaron otras muestras de suelo y aplicaron ecuaciones para estimar valores de CBR para comparar y verificar la confiabilidad del método.

Concluyeron que, de acuerdo a los resultados de su investigación hay cuatro tipos de suelos de acuerdo a la clasificación SUCS siendo estos GSM (gravas y arenas limosas), SP (arena pobremente graduada), GW (grava bien graduada) y GP (grava pobremente graduada), luego hallaron todas las propiedades mencionadas anteriormente y propusieron cuatro ecuaciones para la estimación de los valores CBR de acuerdo a cada tipo de suelo teniendo valores de R^2 de 0.9052, 0.9559, 0.9686, 0.8938 y 0.9256 para las ecuaciones correspondientes para suelos GW-GM y SM, SP, GW, GP y GW-GP

respectivamente, donde las propiedades más influyentes fueron el peso volumétrico, densidad seca, el porcentaje de vacíos, la porosidad y el contenido de humedad.

De manera similar, en esta investigación se emplean modelos matemáticos validados para verificar los valores de capacidad de soporte de suelos finos y granulares. El objetivo es comparar los valores de CBR obtenidos a través de métodos matemáticos con los valores calculados mediante fórmulas tradicionales, con el fin de validar y optimizar estos modelos predictivos. Siguiendo el enfoque señalado, se realiza una caracterización exhaustiva de los suelos y se aplican modelos predictivos para evaluar la confiabilidad y precisión de las estimaciones de capacidad de soporte.

Al-Busultan et al. (2020) en su artículo de investigación denominado “Aplicación de redes neuronales artificiales en la predicción de valores CBR de la subbase utilizando datos de índices de suelo”.

Consideraron como objetivo principal fue evaluar cómo las redes neuronales artificiales (RNA) pueden establecer una relación entre el Índice de Soporte California (CBR) de la subbase y los datos del suelo original con el propósito de predecir. Para ello, emplearon un enfoque metodológico que involucró la recopilación de datos de diversas áreas en Karbala (Iraq), utilizando un total de 358 muestras de subbase para entrenar y validar el modelo. Asimismo, llevaron a cabo un análisis de sensibilidad para determinar la relevancia de cada factor contribuyente dentro de los límites de las características específicas de la subbase local.

Concluyeron en base a los resultados obtenidos de las pruebas que las sales solubles destacaban como el factor más influyente entre los parámetros del suelo, representando un 39.46 % de importancia, mientras que el índice de plasticidad (IP) resultó ser el factor menos significativo, con un 2.06 %. Considerando la validez y la calidad de las pruebas realizadas en las subbases de suelo, el uso de redes neuronales artificiales (RNA) para predecir el valor del CBR podría ser una alternativa viable a las pruebas de laboratorio prolongadas y costosas, basadas en datos validados para los materiales provenientes de las canteras de Karbala.

En esta investigación, se emplean modelos matemáticos establecidos para validar los valores de capacidad de soporte de suelos finos y granulares, comparándolos con valores obtenidos por fórmulas tradicionales. Al igual que en el estudio señalado, se busca

mejorar la precisión y eficiencia en la predicción del CBR, explorando técnicas innovadoras que puedan complementar los métodos tradicionales. La metodología aplicada busca validar la efectividad de los modelos matemáticos, proporcionando una herramienta robusta para la evaluación rápida y precisa de la capacidad de soporte de suelos para subrasantes.

2.2. Bases teóricas o científicas

2.2.1. Capacidad de soporte de suelos (CBR)

La capacidad de soporte o valor de soporte de los suelos, dependiendo del autor, corresponde a una de las principales propiedades de los suelos para subrasante (junto a la granulometría, límites de consistencia, densidad y humedad) y se expresa mediante un valor de CBR expresado en porcentaje (Coronado, 2002, p. 73).

Hablando propiamente del CBR (siglas en inglés de California Bearing Ratio), se trata de un ensayo que mide la fuerza con la que una muestra de suelo de 6 in de diámetro y 5 in de alto se opone o resiste la penetración producida por un pistón de 3 in² a una velocidad constante de 0.5 in/min. La fuerza en cuestión, es medida en intervalos específicos de penetración, las cuales se comparan con la fuerza requerida para producir la misma penetración en una muestra patrón que consta de una piedra partida bien graduada, por lo tanto, el valor de CBR se determina mediante la ecuación mostrada a continuación (Coronado, 2002, p. 74).

$$CBR = \frac{\text{Fuerza requerida para penetrar 2.5 mm de suelo}}{\text{Fuerza requerida para penetrar 2.5 mm de muestra patrón}}$$

Como es posible inferir a partir de la ecuación anterior, el resultado expresará una relación en porcentaje que dará a conocer la calidad del suelo, permitiendo clasificar al mismo tal como se muestra en la tabla anexada a continuación (MTC, 2014, p. 35).

Tabla 2.1. Clasificación de la calidad de subrasantes.

Notación	Calidad	Valor
S ₀	Inadecuada	CBR < 3 %
S ₁	Insuficiente	3 % ≤ CBR < 6 %
S ₂	Regular	6 % ≤ CBR < 10 %
S ₃	Buena	10 % ≤ CBR < 20
S ₄	Muy buena	20 % ≤ CBR < 30 %
S ₅	Excelente	CBR ≥ 30 %

Fuente: MTC (2014).

Conociendo esta clasificación de subrasantes de acuerdo a su calidad, el MTC (2014, p. 40) señala que todo suelo a usarse como subrasante debe ser de una calidad regular por lo menos, es decir contar con un CBR igual o mayor al 6 %, caso contrario deberán plantearse métodos de mejoramiento del suelo dado que esta característica del suelo es muy importante desde el proceso de diseño del pavimento hasta la operación y mantenimiento del mismo.

2.2.2. Suelos granulares

Para hablar de suelos granulares es necesario señalar que esta clasificación responde a la necesidad de clasificación de suelos existente, dada la gran cantidad de materiales diferentes que componen los suelos. En ese sentido, al hablar de suelos finos y granulares se habla acerca del tamaño de las partículas que componen los suelos, dicho de otra forma, la granulometría de cada suelo contando de manera complementaria con la plasticidad de los mismos (Montejo, 2002, p. 43).

La clasificación de los suelos requiere del conocimiento de la granulometría del suelo, determinada de acuerdo a la cantidad de material pasante por cada uno de los tamices estandarizados determinado mediante un ensayo granulométrico, a continuación, se adjuntan la clasificación de los materiales que conforman al suelo de acuerdo a su tamaño (MTC, 2014, p. 31).

Tabla 2.2. Tamaño de los materiales granulares.

Material		Tamaño (mm)	
Granular	Grava		75.00 a 4.75
	Arena	Gruesa	4.75 a 2.00
		Media	2.00 a 0.425
		Fina	0.425 a 0.075

Fuente: MTC (2014).

Como se aprecia en la tabla anterior, es posible señalar si un material es granular o fino, sin embargo, un suelo está compuesto por el conjunto de los materiales de diferentes tamaños en distintas proporciones, por ello los resultados del ensayo granulométrico se utilizan para realizar una clasificación por alguno de los dos métodos aceptados en el Perú, como lo son el del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) o el de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO, por sus siglas en inglés) (MTC, 2014, p. 29).

Ambos métodos coinciden en trabajar con las cantidades de material que se retienen o pasan por la malla del tamiz estandarizado N° 200 la cual retiene a las partículas

cuyo diámetro es superior a los 0.075 mm, a continuación, se presenta un cuadro con la clasificación y equivalencias entre los sistemas proporcionado por el MTC (2014, p. 33) en el Manual de Carreteras, referentes a aquellos suelos considerados como granulares.

Tabla 2.3. Equivalencias de suelos granulares.

AASHTO	SUCS
A - 1 - a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A - 1 - b	GM, GP, SM, SP
A - 2	GM, GC, SM, SC
A - 3	SP

Fuente: MTC (2014).

La clasificación de suelos AASHTO diferencia a los suelos mediante grupos, siendo los del A – 1 al A – 3 los de índole granular, a continuación, se describen estos grupos (Montejo, 2002, p. 44).

- A – 1 = Mezclas bien graduadas compuestas por grava, arena sin o con pocos finos de baja plasticidad.
- A – 2 = Material granular con menos del 35 % de su material como fino.
- A – 3 = Arenas finas con poca cantidad de limo de baja o nula plasticidad, también contiene pequeñas cantidades de grava y piedras.

Asimismo, el MTC (2014, p. 30) en el Manual de Carreteras ofrece la definición de la nomenclatura usada para la descripción de los diferentes tipos de suelos aplicada por la metodología SUCS.

- GW = Grava bien graduada
- GP = Grava mal graduada
- GM = Grava limosa
- GC = Grava arcillosa
- SW = Arena bien graduada
- SP = Arena mal graduada
- SM = Arena limosa
- SC = Arena arcillosa

Como puede notarse, los suelos granulares inician con la letra G (gravas, también en inglés) si es que más del 50 % de su peso es retenido por el tamiz estandarizado N° 4, mientras que con la letra S (del inglés, arenas) aquellos suelos cuyo más del 50 % de su peso pasa por el tamiz estandarizado N° 4 pero es retenido por el tamiz estandarizado N° 200 (Montejo, 2002, p. 49).

2.2.3. Suelos finos

Del mismo modo que en los suelos granulares, los suelos finos serán aquellas en las que la mayoría de sus partículas presenten diámetros menores a los 0.075 mm lo que es equivalente a todo pasante del tamiz estandarizado de la malla N° 200, en ese sentido, se presentan las medidas de las partículas consideradas finas por el (MTC, 2014, p. 31).

Tabla 2.4. Tamaño de los materiales finos.

Material		Tamaño (mm)
Fino	Limo	0.075 a 0.005
	Arcilla	< 0.005

Fuente: MTC (2014).

Como era de esperarse, al ser partículas considerablemente más pequeñas que las partículas de suelos granulares, su comportamiento suele ser variado, por lo que también se hace necesaria la aplicación de ensayos para la determinación de los límites de consistencia, siendo estos el límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad que se obtiene como resultados de la diferencia de ambas propiedades, esto permite realizar una clasificación más exacta de los suelos finos y ayuda con las estimaciones acerca del comportamiento del suelo (Montejo, 2002, p. 44).

Al igual que con los suelos granulares, en el Manual de Carreteras del MTC (2014, p. 33) presenta las equivalencias entre las clasificaciones de suelos AASHTO y SUCS.

Tabla 2.5. Equivalencias de suelos finos.

AASHTO	SUCS
A - 4	CL, ML
A - 5	ML, MH, CH
A - 6	CL, CH
A - 7	OH, MH, CH

Fuente: MTC (2014).

Para los suelos finos la clasificación AASHTO los describe tal como se explica a continuación (Montejo, 2002, p. 45).

- A – 4 = Suelos limosos con baja o nula plasticidad con un 75 % o más cantidad de su material pasante del tamiz estandarizado N° 200. También incluye a las mezclas de limo con grava y arena hasta el 64 %.
- A – 5 = Son suelos similares al grupo A – 4 pero con material más elástico, teniendo un límite líquido elevado.
- A – 6 = Arcillas plásticas, con al menos el 75 % de su material como pasante de la malla N° 200, también incluyen a mezclas de arcilla con arena cuando el porcentaje de materiales granulares sea inferior al 64 %. Presentan gran capacidad de expansión ante cambios de humedad.
- A – 7 = Estos suelos son similares a los del grupo A – 6, pero cuentan con mayor plasticidad, presentando límites líquidos altos.

Así también, en el Manual de Carreteras del MTC (2014, p. 30) se presentan la definición de las nomenclaturas utilizadas por el sistema SUCS.

- ML = Limo de baja plasticidad
- CL = Arcilla de baja plasticidad
- OL = Fino orgánico de baja plasticidad
- MH = Limo de alta plasticidad
- CH = Arcilla de alta plasticidad
- OH = Fino orgánico de alta plasticidad

En el caso de los suelos finos, notaremos que los prefijos son la letra M (limos inorgánicos), la letra C (arcillas inorgánicas) y la letra O (para limos y arcillas orgánicas), mientras que los sufijos corresponden a la letra H (del inglés alto) y la letra L (del inglés bajo) que indican si la plasticidad del suelo es alta o baja de acuerdo a los resultados del ensayo de límite líquido, siendo considerados los materiales como de alta plasticidad al tener un límite líquido del 50 % o más, caso contrario serán suelos de baja plasticidad (Montejo, 2002, p. 51).

2.2.4. Subrasante

Es posible definir a la subrasante como la capa del suelo sobre la que se cimenta la estructura de los pavimentos, en otras palabras, se refiere al terreno natural resultante de las actividades de corte y relleno de una vía. En ese sentido, debe ser capaz de soportar las solicitaciones producidas por el tránsito de los vehículos, los cambios en la humedad y sobre todo suministrar un apoyo uniforme y perenne al pavimento (Rondon y Reyes, 2015, p. 380).

La calidad de este elemento, es tal que de este dependerán en gran medida las características del pavimento, especialmente su espesor. Rondón y Reyes (2015, p. 380) exponen que toda subrasante debe ser capaz de cumplir a cabalidad tres funciones principales:

- Soportar adecuadamente las cargas de los vehículos de maquinaria pesada durante su construcción.
- Ofrecer una capa apta para la compactación de las capas granulares del pavimento.
- Soportar los ciclos de cargas repetitivos producidos por el tránsito a lo largo de su vida útil, impidiendo el daño de las capas superiores.

Sumado a ello, Rondón y Reyes (2015, p. 380) también destacan que una buena subrasante debe presentar cuatro propiedades esenciales que deben mantenerse en el tiempo:

- Alta resistencia mecánica.
- Alta densidad o grado de compactación.
- Baja susceptibilidad a los cambios de volumen por cambios en la humedad.
- Buena trabajabilidad para la compactación o estabilización.

La capacidad de soporte definirá la calidad de la subrasante para el diseño de pavimentos, siendo la propiedad de mayor importancia (pero no la única a considerar). En el Perú esto es determinado mediante el valor del CBR hallado mediante un ensayo de mecánica de suelos a nivel de laboratorio (MTC, 2014, p. 41).

2.2.5. Modelos matemáticos para el cálculo de capacidad de soporte

Los modelos matemáticos para el cálculo de la capacidad de soporte de los suelos se basan en análisis de correlación realizados sobre los valores de ciertas características de suelos de diferentes granulometrías. Muchos de los investigadores de esta área, notaron evidencia de que las propiedades de densidad y plasticidad suelen ser las más influyentes en la capacidad de soporte, expresada en CBR, por lo que suelen trabajar con estas propiedades y todas las relacionadas para la determinación de lo que se denomina como un CBR estimado, teniendo un gran nivel de precisión respecto al valor del CBR efectivo (Muthu Lakshmi, Geetha y Selvakumar, 2021).

En el desarrollo de la presente investigación serán validados catorce (14) modelos matemáticos cuyos coeficientes de determinación (R^2) fueran iguales o superiores a 0.7, extraídos de investigaciones que relacionan los valores obtenidos de ensayos como el Proctor modificado y límites de consistencia para suelos finos y granulares. A continuación, se presentan los modelos matemáticos a validar.

Iniciando con los modelos matemáticos para suelos finos se exponen ocho (8) de los modelos planteados por Teklehaymanot y Alene (2021); el primer modelo tiene un coeficiente de determinación R^2 de 0.7992, elaborado con los valores de un suelo clasificado como MH es:

$$CBR = -6.552 + \frac{3.225}{\ln(MDS)} + \frac{47700}{LL \times LP \times \sqrt{IP}}$$

Modelo matemático 1.

Donde:

- *CBR* Valor de capacidad de soporte del suelo (%).
- *MDS* Máxima densidad seca (g/cm^3).
- *LL* Límite líquido (%).
- *LP* Límite plástico (%).
- *IP* Índice de plasticidad (%)

El segundo modelo con un coeficiente R^2 de 0.8994 fue realizado para suelos limosos de alta plasticidad.

$$CBR = 43.14 - 17.62 \times \log(LL) + 409.40 \frac{(1.25 - MDS)}{\ln(MDS) \times (45 - MDS)}$$

Modelo matemático 2.

El tercer modelo presenta un coeficiente de determinación R^2 de 0.8249 para suelos MH.

$$\log(CBR) = 0.58 + 0.285(IL) + 1.45 \frac{EXP(3)}{MDS(IP + MDS^2)}$$

Modelo matemático 3.

Donde:

– IL Índice líquido.

El cuarto modelo para suelos finos tiene un coeficiente R^2 de 0.8742.

$$\log(CBR) = 1.01 - \frac{24.86}{LL} + 0.699(IL) + 3 \frac{EXP(3)}{MDS(IP - MDS^2)}$$

Modelo matemático 4.

El quinto modelo contará con un coeficiente de determinación de R^2 igual a 0.8127.

$$\sqrt{CBR} = 0.25 + \frac{5.575}{MDS^3} + \frac{10575}{LL \times LP \times \sqrt{IP}}$$

Modelo matemático 5.

A continuación, el sexto modelo que será validado en la presente investigación presenta un coeficiente $R^2 = 0.8952$.

$$\sqrt{CBR} = 10.465 - 3.9459 \log(LL) + 81.247 \frac{(1.28 - MDS)}{\ln(MDS) \times (45 - MDS)}$$

Modelo matemático 6.

El modelo matemático número siete que será validado para su aplicación con suelos finos presenta un coeficiente de determinación de 0.8216.

$$\log(CBR + CBR^2) = -0.299 + \frac{3.89}{MDS^3} + \frac{5362.88}{LL \times LP \times \sqrt{IP}}$$

Modelo matemático 7.

Por último, el octavo modelo matemático para la determinación de la capacidad de soporte de suelos finos, también del artículo científico de Teklehaymanot y Alene (2021) y con un coeficiente de determinación de R^2 de 0.8895 se adjunta a continuación.

$$\log(CBR + CBR^2) = 7.25 - 2.85 \log(LL) + \frac{52.55}{\ln(MDS)} - \frac{2296.8}{\ln(MDS) \times (45 - MDS)}$$

Modelo matemático 8.

Ahora serán presentadas los seis (6) modelos matemáticos correspondientes a la determinación de la capacidad de soporte de suelos granulares; de este modo, se presenta el noveno modelo propuesto por Muthu Lakshmi, Geetha y Selvakumar (2021) para suelos clasificados como SC (arenas arcillosas) con un coeficiente de determinación de R^2 igual a 1.

$$CBR = 479.91(MDS)^3 - 2894.8(MDS)^2 + 5826.6(MDS) - 3907.6$$

Modelo matemático 9.

Los modelos matemáticos del número diez (10) al trece (13) fueron propuestos por Montes-Arvizu et al. (2020); el décimo modelo presenta un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.9052$, elaborado a partir de suelos GW-GM y SM, con finos plásticos.

$$CBR = -0.6231(MDS) - 9.5447w - 1319.1924e + 1924.9925$$

Modelo matemático 10.

Donde:

- w Contenido de humedad (%).
- e Relación de vacíos (%).

El décimo primer modelo presenta un coeficiente de determinación de R^2 igual a 0.9559, realizado a partir de la correlación de datos de suelos del tipo SP con presencia nula o baja de partículas plásticas.

$$CBR = 1.6064(MDS) - 5.3303w + 2462.2411e - 3913.2472$$

Modelo matemático 11.

El siguiente modelo fue realizado a partir de suelos del tipo GW con baja o nula presencia de plásticos, teniendo un coeficiente de determinación R^2 de 0.9686.

$$CBR = 0.5979(MDS) + 0.0024\gamma_m + 469.4978e - 1307.6738$$

Modelo matemático 12.

Donde:

- γ_m Densidad del suelo.

El décimo tercer modelo matemático propuesto por Montes-Arvizu et al. (2020) presenta un coeficiente R^2 de 0.9686 y fue realizado mediante ensayos a suelos GP sin plásticos.

$$CBR = 0.1856(MDS) + 0.0551\gamma_m + 346.259e - 113.4502$$

Modelo matemático 13.

Finalmente, el sexto modelo matemático para los suelos granulares y el décimo cuarto a validar por esta investigación corresponde al elaborado en una investigación peruana por Mamani (2019), funcionando para suelos granulares y presentando un coeficiente de determinación R^2 igual a 0.999.

$$CBR = 69.289 + 0.695(Ret4) - 2.991(Pas200) - 28.27(MDS) + 0.652(LL)$$

Modelo matemático 14.

Donde:

- $Ret4$ Material retenido en el tamiz N° 4 (%).
- $Pas200$ Material pasante del tamiz N° 200 (%).

2.3. Marco conceptual

Capacidad de soporte de suelos (CBR). - La capacidad de soporte o valor de soporte de los suelos, dependiendo del autor, corresponde a una de las principales propiedades de los suelos para subrasante (junto a la granulometría, límites de

consistencia, densidad y humedad) y se expresa mediante un valor de CBR expresado en porcentaje (Coronado, 2002, p. 73).

Contenido de humedad. – El contenido de humedad o también denominada como humedad natural, se refiere a la cantidad de agua presente dentro de los espacios vacíos que presenta un suelo de manera natural, esta humedad a su vez condiciona la densidad que pueda alcanzar un suelo y por lo tanto su comportamiento mecánico (MTC, 2014, p. 33).

Índice de plasticidad. – Se obtiene a partir de la diferencia del límite líquido con el límite plástico de un suelo, caracterizando la cantidad de agua requerida por suelo expresado en porcentaje para pasar de un estado semisólido a un estado sólido, dejando de contraerse al perder humedad (MTC, 2016, p. 70).

Índice líquido. – También denominado como índice de liquidez, mide la consistencia del suelo mediante la relación que existe entre la diferencia de la humedad natural del suelo y el límite plástico con el índice de plasticidad (Braja, 2015, p. 73).

Límite líquido. – De acuerdo con el Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016, p. 67), este límite expresa la cantidad de agua en porcentaje con la que un suelo se encontrará entre los límites de los estados líquido y plástico.

Límite plástico. – Representa la cantidad de agua con la que un suelo puede pasar de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe (MTC, 2014, p. 31).

Máxima densidad seca. – Es la mayor masa por unidad de volumen a la que puede llegar un suelo de forma teórica al ser compactada por medios mecánicos (Braja, 2015, p. 102).

Proctor modificado. – Es definido en el Manual de Ensayo de Materiales como el ensayo de compactación de suelos en laboratorio usando energía modificada, de este ensayo se obtiene los valores de máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad para llegar a dicha densidad (MTC, 2016, p. 105).

Relación de vacíos. – Representa el espacio no ocupado por partículas sólidas entre el espacio ocupado por partículas sólidas dentro de un volumen de suelos, de forma natural este valor puede oscilar entre un 15 a 25 % (Montejo, 2002, p. 58).

Suelos finos. - Del mismo modo que en los suelos granulares, los suelos finos serán aquellas en las que la mayoría de sus partículas presenten diámetros menores a los 0.075 mm lo que es equivalente a todo pasante del tamiz estandarizado de la malla N° 200, en ese sentido, se presentan las medidas de las partículas consideradas finas por el (MTC, 2014, p. 31).

Suelos granulares. - Para hablar de suelos granulares es necesario señalar que esta clasificación responde a la necesidad de clasificación de suelos existente, dada la gran cantidad de materiales diferentes que componen los suelos. En ese sentido, al hablar de suelos finos y granulares se habla acerca del tamaño de las partículas que componen los suelos, dicho de otra forma, la granulometría de cada suelo contando de manera complementaria con la plasticidad de los mismos (Montejo, 2002, p. 43).

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

Los valores de capacidad de soporte de los suelos finos y granulares hallados mediante modelos matemáticos para subrasante son válidos pues, son similares a los valores de capacidad de soporte efectivo.

3.2. Hipótesis específicas

- a) Los valores de capacidad de soporte estimados mediante modelos matemáticos y la capacidad de soporte efectiva de suelos finos para subrasante no difieren significativamente.
- b) Los valores de capacidad de soporte estimados mediante modelos matemáticos y la capacidad de soporte efectiva de suelos granulares para subrasante no presentan una diferencia significativa.

3.3. Variables

3.3.1. Definición conceptual de las variables

CBR de suelos para subrasante: Representa el porcentaje de fuerza con la que una muestra de suelo de 6 in de diámetro y 5 in de alto se opone o resiste la penetración producida por un pistón de 3 in² a una velocidad constante de 0.5 in/min en comparación con la misma fuerza requerida en una muestra de piedra partida bien graduada (Coronado, 2002).

3.3.2. Definición operacional de las variables

CBR de suelos para subrasante: La operacionalización de esta variable tiene que ver con los métodos usados para la determinación de su valor, iniciando con la determinación mediante un método indirecto que consta de la aplicación de modelos matemáticos considerando propiedades más comunes del suelo, luego se consideraron los valores de CBR hallados mediante el ensayo correspondiente a los especímenes de suelo extraídos, para finalmente comparar estos valores y determinar la validez del método indirecto.

3.3.3. Operacionalización de las variables

En la siguiente tabla se presenta la operacionalización de la variable de la investigación:

Tabla 3.1. Operacionalización de las variables.

Variable	Dimensión	Indicador		Unidad
CBR de suelos para subrasante	CBR de suelo fino	CBR estimado (Modelos del 1 al 8)	Máxima densidad seca	g/cm ³
			Límite líquido	%
			Límite plástico	%
			Índice de plasticidad	%
			Índice líquido	%
		CBR efectivo del suelo fino		%
	CBR de suelo granular	CBR estimado (Modelo 9)	Máxima densidad seca	g/cm ³
			Contenido de humedad	%
		CBR estimado (Modelos del 10 al 13)	Máxima densidad seca	g/cm ³
			Relación de vacíos	%
			Densidad del suelo	g/cm ³
			Granulometría	%
		CBR estimado (Modelo 14)	Máxima densidad seca	g/cm ³
			Límite líquido	%
CBR efectivo del suelo granular		%		

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1. Método de investigación

El método científico como método general parametriza la secuencia ordenada que debe seguir una investigación, a fin de propiciar la confiabilidad de los resultados a la vez de que posibilita a otros investigadores poder replicar la investigación al sistematizar el proceso a seguir, tal como expone Ccanto (2010). Mientras que, el método deductivo como método específico, se refiere a la búsqueda de conclusiones a partir de hechos particulares (Bernal, 2006).

Por lo tanto, en el desarrollo de la presente investigación se aplicó como método general al método científico, considerando de este modo la formulación del problema, el planteamiento de una hipótesis, el proceso mismo de la experimentación, el análisis de los resultados y por supuesto las conclusiones, propiciando así la correcta ejecución de la investigación. Mientras que, como método específico se consideró al método deductivo.

4.2. Tipo de investigación

Una investigación tipo tecnológico, tal como es expuesto por Borja (2016), es aquella cuyo objetivo radica en la solución de problemas prácticos a través de la generación de nuevos diseños o procedimientos. Considerando que, en el desarrollo de la presente investigación se pretendió estimar valores de CBR a partir de la aplicación de modelos matemáticos basados en los resultados de otras propiedades de los suelos finos y granulares para subrasantes, esta investigación fue del tipo tecnológico.

4.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación describe los alcances de la investigación, según Hernández et al. (2018), una investigación del tipo descriptivo es aquella en la que el investigador pretende describir cada una de las variables.

Es en base a lo explicado, que el desarrollo de esta investigación contempló un nivel descriptivo, debido a que se buscó describir cuán diferentes son los valores de la capacidad de soporte mediante la aplicación de modelos matemáticos con el valor efectivo o resultante de laboratorio.

4.4. Diseño de la investigación

De acuerdo a lo establecido por Borja (2016), el diseño de la investigación orienta la manera en la que se probará la hipótesis, considerando si es que se realizarán o no cambios en las variables de estudio.

Dado que en el desarrollo de la presente investigación no se alteró alguna de las propiedades del suelo natural para subrasante, sino más bien se estudiaron tal como se presentan en la realidad, se tuvo un diseño no experimental.

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

Considerando como universo al suelo de subrasante, se optó como muestra a los suelos finos y granulares usados como subrasantes de la ciudad de Huancayo, de los cuales se consideró los valores de la capacidad de soporte estimada, expresado como CBR.

4.5.2. Muestra

En la realización de esta investigación, la muestra comprendió a 45 especímenes de suelos granulares y 45 especímenes de suelos finos, cantidades que fueron determinadas mediante la aplicación de muestreos no probabilísticos.

Ante ello, en la tabla adjunta a continuación se muestran los ensayos de mecánica de suelos a los que fueron sometidos los especímenes:

Tabla 4.1. Muestras y ensayos de la investigación.

Característica	Tipos de suelos	
	Suelos granulares	Suelos finos
Granulometría - Retenido del tamiz N° 4 - Pasante del tamiz N° 200	5	5
Contenido de humedad	5	
Relación de vacíos	5	
Límite líquido		5
Límite plástico		5
Índice de plasticidad		5
Índice líquido		5
Gravedad específica	5	
Densidad del suelo	5	
Máxima densidad seca	5	5
Óptimo contenido de humedad	5	5
CBR al 95 % de la MDS	5	5
CBR al 100 % de la MDS	5	5

Asimismo, la Tabla 4.2 expone los lugares en los que fueron realizadas las diez (10) calicatas para la extracción del material de suelo, todos dentro de la provincia de Huancayo.

Tabla 4.2. Ubicación de calicatas.

Tipo	Muestra	Ubicación	Coordenadas UTM	
			Este	Norte
Fino	C - 01	Sicaya - Huancayo	470407.51	8670974.47
	C - 02	Palian - Huancayo	479716.67	8669926.44
	C - 03	Chilca - Huancayo	478658.32	8664343.65
	C - 04	Chilca - Huancayo	477802.54	8663893.51
	C - 05	El Tambo - Huancayo	474896.08	8672816.84
Granular	C - 01	Huancayo - Huancayo	479455.00	8668289.00
	C - 02	El Tambo - Huancayo	475921.99	8667356.81
	C - 03	El Tambo - Huancayo	476650.00	8670431.00
	C - 04	El Tambo - Huancayo	477807.77	8669510.81
	C - 05	El Tambo - Huancayo	474242.56	8668631.96

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.6.1. Técnicas

En el campo de la investigación científica, las técnicas para la recolección de datos consisten en la estrategia en la que el investigador obtendrá la información concerniente al comportamiento y características de las variables en estudio. Ante ello, destaca la observación como técnica de recolección de datos, contemplando la percepción completa con todos los sentidos del fenómeno a analizar (Hernández et al., 2014).

La principal técnica que fue aplicada en el desarrollo de la presente investigación consistió en la observación, dado que permitió la identificación de las características de los suelos finos y granulares mediante los ensayos de mecánica de suelos que se realizaron a nivel de laboratorio, así como la validación de los resultados de la capacidad de soporte estimada mediante los modelos matemáticos.

4.6.2. Instrumentos

Según lo expuesto por Palella y Martins (2012), los instrumentos de la investigación son los recursos con los que puede contar el investigador para la obtención de los datos del fenómeno que desea estudiar.

Para el desarrollo de la presente investigación, los instrumentos consistieron en los equipos, máquinas y herramientas requeridos para la ejecución de los ensayos de mecánica de suelos a nivel de laboratorio basados en las especificaciones consignadas en las normas técnicas peruanas (NTP) y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016) para cada una de las propiedades de los diferentes suelos analizados que fueron realizados en la caracterización de los suelos finos y granulares a nivel de laboratorio.

Es necesario indicar que, respecto a la confiabilidad y validez de los instrumentos, fueron usadas fichas tan solo para el apunte de los valores obtenidos por los equipos e instrumentos de laboratorio utilizados en los ensayos de mecánica de suelos, en esa línea, no presentan gran influencia en la validez de los datos propiamente dichos a diferencia de otras investigaciones donde estos instrumentos sí son creados. Teniendo esta consideración, se garantiza la precisión, confiabilidad y validez de los resultados alcanzados por los ensayos de laboratorio a partir de lo expuesto a continuación:

- Sobre los equipos: Para garantizar su precisión, se realizaron los ensayos en equipos debidamente calibrados y en correctas condiciones de funcionamiento en función de los requerimientos normativos para cada caso específico. Es así que, las fichas de calibración de los equipos se adjuntan en el Anexo N° 07: Certificados de Calibración.
- Sobre los procedimientos: Para la realización de los ensayos, se siguieron las consideraciones descritas tanto por las normas internacionales vigentes de la ASTM, así como para las normas nacionales en función del Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016) y las normas técnicas peruanas del INACAL (2022).
- Sobre el personal: El desarrollo de los ensayos de mecánica de suelos estuvo a cargo de personal técnico debidamente capacitado y acreditado para ello, asimismo se contó con supervisión profesional. Esto garantiza la calidad de los resultados, por ello en el se adjuntan los certificados con los resultados de los ensayos debidamente firmados y sellados por la profesional encargada.
- Sobre la verificación de resultados: Con el objetivo de verificar que los resultados son los adecuados, se realizó la duplicación de registros considerando múltiples mediciones y repeticiones de ensayos para cada una de las propiedades analizadas.

Validez del instrumento

No obstante, se procedió a realizar la validez de las fichas de recolección de datos por medio del juicio de expertos haciendo uso de la V de Aiken (con los datos detallados en el Anexo N° 05: Validez y Confiabilidad de los Instrumentos), cuyos resultados se muestran en las siguientes tablas:

De acuerdo a la Tabla 4.3, la V de Aiken para la ficha de recolección de datos de granulometría, relación de vacíos y densidad es de 0.92 lo cual representa una fuerte validez del instrumento, donde se contrasta la percepción de los 3 expertos consultados respectivamente.

Tabla 4.3. Validez de la ficha de recolección sobre granulometría, relación de vacíos y densidad.

Ítem	Expertos			Suma total de acuerdos (S)	V de Aiken
	Ing. Wilder F. Giraldez Solano	Ing. Katherin Espíritu Veliz	Ing. José Luis Perez Alderete		
1	2	2	2	6	1.00
2	2	2	2	6	1.00
3	2	1	2	5	0.83
4	2	2	2	6	1.00
5	2	2	2	6	1.00
6	2	2	2	6	1.00
7	2	1	1	4	0.67
8	2	2	2	6	1.00
9	1	1	2	4	0.67
10	2	2	2	6	1.00
Sumatoria					9.17
Número de ítems					10
Promedio					0.92
Interpretación					Fuerte

Del mismo modo, en la Tabla 4.4 se muestra que la V de Aiken para la ficha de recolección sobre los límites de consistencia, resultó 0.95 representando también una fuerte validez del instrumento.

Tabla 4.4. Validez de la ficha de recolección sobre límites de consistencia.

Ítem	Expertos			Suma total de acuerdos (S)	V de Aiken
	Ing. Wilder F. Giraldez Solano	Ing. Katherin Espíritu Veliz	Ing. José Luis Perez Alderete		
1	2	2	2	6	1.00
2	2	2	2	6	1.00
3	2	1	1	4	0.67
4	2	2	2	6	1.00
5	2	2	2	6	1.00
6	1	2	2	5	0.83
7	2	2	2	6	1.00
8	2	2	2	6	1.00
9	2	2	2	6	1.00
10	2	2	2	6	1.00
Sumatoria					9.50
Número de ítems					10
Promedio					0.95
Interpretación					Fuerte

En cuanto a la ficha de recolección de datos referentes al Proctor modificado, se tiene una V de Aiken de 0.93, representando también una validez fuerte del instrumento de acuerdo a las percepciones de los expertos consultados.

Tabla 4.5. Validez de la ficha de recolección sobre Proctor modificado.

Ítem	Expertos			Suma total de acuerdos (S)	V de Aiken
	Ing. Wilder F. Giraldez Solano	Ing. Katherin Espíritu Veliz	Ing. José Luis Perez Alderete		
1	2	2	2	6	1.00
2	2	1	2	5	0.83
3	2	2	1	5	0.83
4	2	2	2	6	1.00
5	2	2	2	6	1.00
6	2	2	2	6	1.00
7	2	2	2	6	1.00
8	2	1	2	5	0.83
9	2	2	1	5	0.83
10	2	2	2	6	1.00
Sumatoria					9.33
Número de ítems					10
Promedio					0.93
Interpretación					Fuerte

Por último, se tiene la Tabla 4.6 concerniente a la validez de la ficha de recolección de datos de CBR, donde la V de Aiken fue de 0.92, representando una validez fuerte del instrumento.

Tabla 4.6. Validez de la ficha de recolección sobre CBR.

Ítem	Expertos			Suma total de acuerdos (S)	V de Aiken
	Ing. Wilder F. Giraldez Solano	Ing. Katherin Espíritu Veliz	Ing. José Luis Perez Alderete		
1	2	2	2	6	1.00
2	2	1	2	5	0.83
3	1	2	2	5	0.83
4	2	2	2	6	1.00
5	2	2	2	6	1.00
6	2	1	2	5	0.83
7	2	2	2	6	1.00
8	2	1	2	5	0.83
9	2	2	1	5	0.83
10	2	2	2	6	1.00
Sumatoria					9.17
Número de ítems					10
Promedio					0.92
Interpretación					Fuerte

4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de la información en esta investigación consistió en la evaluación de catorce (14) modelos matemáticos, siendo los enumerados del uno (1) al ocho (8) los que fueron aplicados a suelos finos y los enumerados del nueve (9) al catorce (14) correspondientes a los modelos que trabajaron con los suelos granulares, respecto a

la precisión que tienen al estimar los valores de la capacidad de soporte, según el CBR, de los suelos orientados a usarse como subrasantes.

Los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio fueron organizados de acuerdo al tipo de suelo sea granular o fino, estos datos pasaron por un análisis descriptivo al ser digitalizados mediante el software de Microsoft Excel, el cual fue utilizado para la creación de tablas de comparación de los valores de cada una de las propiedades del suelo, para el cálculo de los valores de CBR teóricos mediante la aplicación de los métodos correspondientes a cada caso y para la creación de gráficos de comparación de estos resultados.

Posteriormente, los resultados de los CBR teóricos de los modelos matemáticos fueron comparados con los valores del CBR efectivo, es decir la capacidad de soporte real hallada en laboratorio, y se determinó su precisión mediante la aplicación de un análisis estadístico realizado mediante el software IBM SPSS Statistics, iniciando con la realización de la prueba de normalidad Shapiro Wilk con el fin de establecer el tipo de distribución al que se ajustan los datos, llegando a conocerse que en todos los casos los datos no presentaron una distribución ajustada a la normalidad (niveles de significancia de 0.00 %), debido a ello se procedió con la ejecución de la prueba no paramétrica Kruskal – Wallis para la comparación de los datos y la determinación de si existen cambios significativos (valores de significancia menores a 5.00 %). Finalmente, de existir cambios significativos se rechazaría la hipótesis alterna correspondiente a cada caso, debido a que estas consideran que no hay diferencias significativas entre los datos del CBR teórico y efectivo, caso contrario de que las diferencias no sean significativas (significancia mayor o igual al 5.00 %) se aceptaría la hipótesis alterna correspondiente. Este procedimiento, se basa en lo expuesto en el capítulo 10 del libro de la Metodología de la Investigación de Hernández et al. (2014) sobre análisis de datos cuantitativos.

4.8. Aspectos éticos de la investigación

Fue priorizado un enfoque ético integral que garantizó la preservación y el respeto tanto del medio ambiente. Todas las fases del estudio se llevaron a cabo con la máxima consideración hacia la minimización de impactos ambientales negativos y la promoción del bienestar de las comunidades locales. Se tomaron medidas para mitigar cualquier

posible daño, asegurando así que los resultados obtenidos sean no solo científicamente significativos, sino también moralmente responsables en su alcance y aplicación.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1. Descripción del diseño tecnológico

A fin de obtener los datos para la estimación de los valores de CBR de los suelos de subrasante de la muestra, fue realizada la caracterización de los suelos finos y granulares considerados en la presente investigación.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los análisis realizados a nivel de laboratorio respecto a su granulometría, parámetros físicos y parámetros mecánicos.

5.1.1. Granulometría

Suelo fino

En primera instancia, para realizar la investigación se procedió a la caracterización de los agregados, para ello se obtuvo el material de 5 calicatas diferentes, lo cual se llevó a laboratorio para realizar los respectivos ensayos, teniendo en cuenta los diferentes tamices establecidos y estandarizados en normativas. Es importante analizar la granulometría de cada calicata ya que esto determinará las propiedades del material, a fin de estimar los valores de CBR.

En la Tabla 5.1 se puede apreciar que la granulometría de la muestra C – 01, dio como resultado que, por la malla N° 200 el porcentaje de material pasante de 84.43 %, el cual representa el porcentaje de finos y se clasifica como arcilla ligera con arena, según SUCS su clasificación es CL y según AASHTO es A – 4 (5).

Tabla 5.1. Granulometría en el suelo fino C – 01.

Tamices estandarizados		Material retenido		Acumulado	Pasante
Inch	mm	g	%	%	%
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	5.00	0.25	0.25	99.75
1/4"	6.30	0.00	0.00	0.25	99.75
N° 4	4.75	10.20	0.51	0.76	99.24
N° 10	2.00	9.70	0.48	1.24	98.76
N° 20	0.85	8.10	0.40	1.65	98.35
N° 40	0.43	22.70	1.13	2.78	97.22
N° 60	0.25	49.10	2.45	5.24	94.76
N° 140	0.11	179.70	8.98	14.22	85.78
N° 200	0.08	27.00	1.35	15.57	84.43
Tara		1688.90	84.43	100.00	0.00
Total		2000.40	100.00		

En la Figura 5.1, se puede apreciar la curva granulométrica en relación de los tamices y el porcentaje pasante, se aprecia que la curva es vertical lo cual indica reducida variabilidad en los tamaños de las partículas de la muestra C – 01, y mayor presencia de material fino.

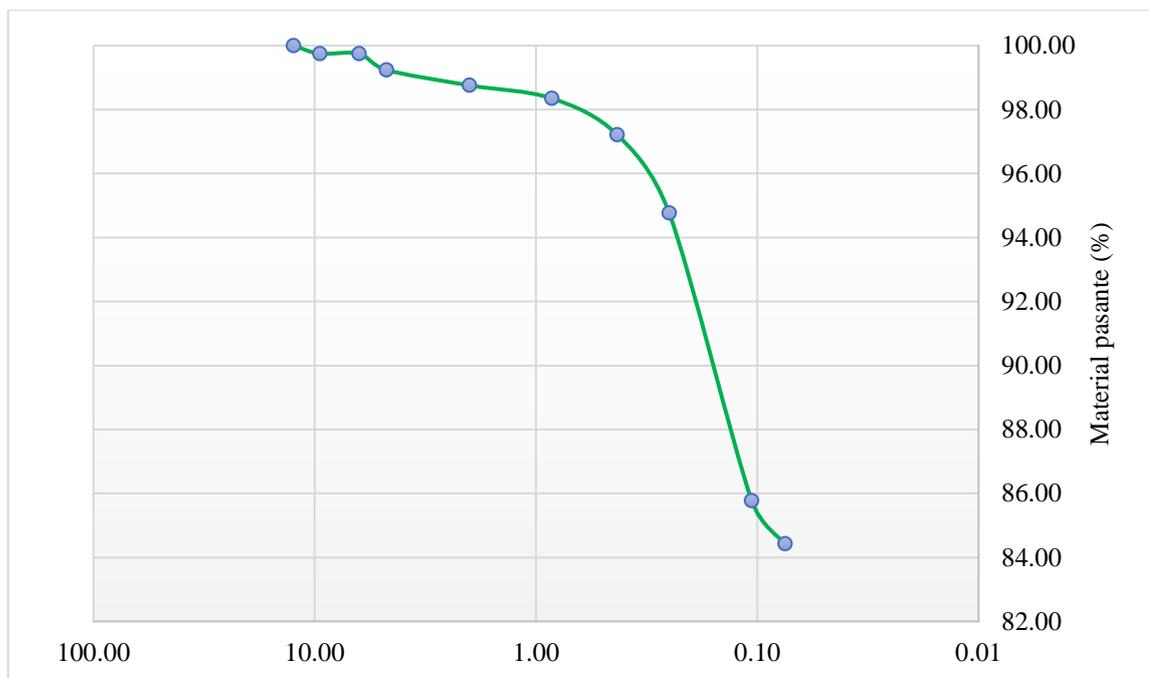


Figura 5.1. Curva granulométrica en el suelo fino C – 01.

En la Tabla 5.2, la cual representa a la granulometría del material del suelo fino de muestra C – 02, se percibe que, por el tamiz N° 40 el porcentaje que pasa es de 84.99 %, por el tamiz N° 60 es 83.60 %, por el tamiz N° 140 nos da un pasante de 80.76 % y la malla N° 200 un porcentaje de 73.93 %. Por lo cual se obtuvo una clasificación del suelo como arcilla ligera con arena, según SUCS su clasificación es CL y según AASHTO es A – 4-7-6(13).

Tabla 5.2. Granulometría en el suelo fino C – 02.

Tamices estandarizados		Material retenido		Acumulado	Pasante
Inch	mm	g	%	%	%
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	16.30	1.08	1.08	98.92
3/8"	9.50	10.40	0.69	1.77	98.23
1/4"	6.30	0.00	0.00	1.77	98.23
N° 4	4.75	42.00	2.79	4.56	95.44
N° 10	2.00	72.30	4.80	9.36	90.64
N° 20	0.85	57.70	3.83	13.20	86.80
N° 40	0.43	27.30	1.81	15.01	84.99
N° 60	0.25	20.90	1.39	16.40	83.60
N° 140	0.11	42.80	2.84	19.24	80.76
N° 200	0.08	102.80	6.83	26.07	73.93
Tara		1113.30	73.93	100.00	0.00
Total		1505.80	100.00		

En la Figura 5.2 se logra apreciar que la curva es inclinada, esto significa que hay una variación significativa en las dimensiones de las partículas, desde las más pequeñas a las más grandes todo en relación de la abertura del tamiz y el porcentaje que pasa.

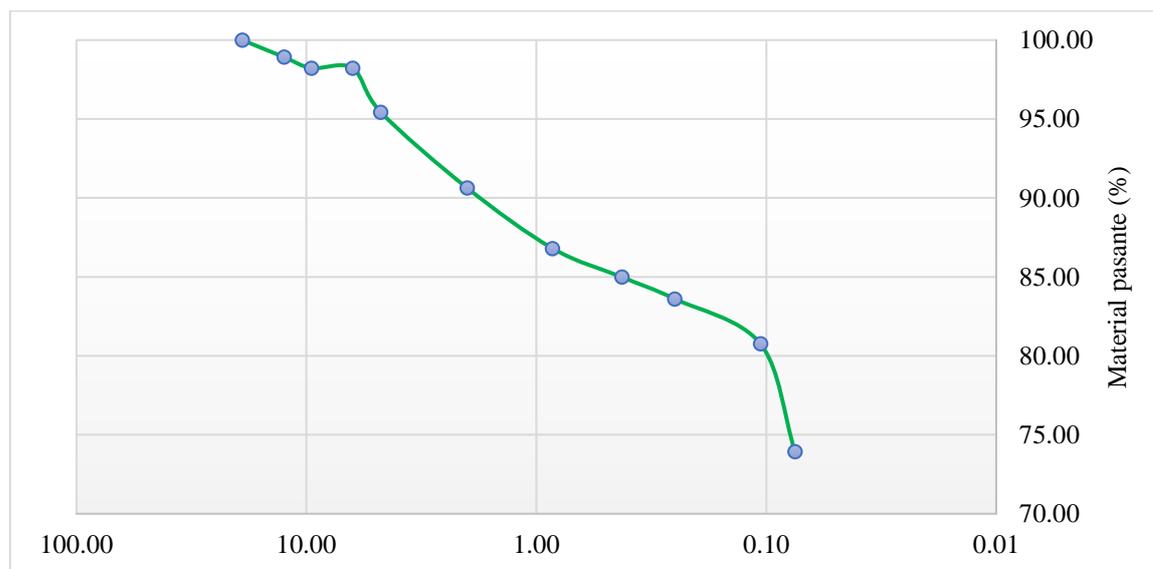


Figura 5.2. Curva granulométrica en el suelo fino C – 02.

En la Tabla 5.3 podemos notar que, de acuerdo a las consideraciones del MTC y los resultados obtenidos de los ensayos en laboratorio como los porcentajes que pasan por los diferentes tamices, como el tamiz N° 60 que tiene un porcentaje pasante del 72.01 %, el tamiz N° 140 con un pasante del 67.24 % y el tamiz N° 200 con un porcentaje del 61.99 % se lograron los siguientes resultados, según SUCS su clasificación es CL y según AASHTO es A – 6(11) para lo cual el suelo se clasifica como arcilla ligera arenosa.

Tabla 5.3. Granulometría en el suelo fino C – 03.

Tamices estandarizados		Material retenido		Acumulado	Pasante
Inch	mm	g	%	%	%
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	31.10	3.47	3.47	96.53
1/2"	12.50	12.30	1.37	4.84	95.16
3/8"	9.50	26.80	2.99	7.84	92.16
1/4"	6.30	0.00	0.00	7.84	92.16
N° 4	4.75	46.40	5.18	13.02	86.98
N° 10	2.00	52.80	5.89	18.91	81.09
N° 20	0.85	35.00	3.91	22.82	77.18
N° 40	0.43	24.60	2.75	25.56	74.44
N° 60	0.25	21.70	2.42	27.99	72.01
N° 140	0.11	42.80	4.78	32.76	67.24
N° 200	0.08	47.00	5.25	38.01	61.99
Tara		555.30	61.99	100.00	0.00
Total		895.80	100.00		

Como se puede apreciar en la Figura 5.3, se tiene una curva que se encuentra inclinada, debido a que hay una variación significativa en las dimensiones de las partículas de la muestra obtenida de la calicata C – 03, luego de contrastar la abertura de la malla respecto al porcentaje que pasa por las mallas de los tamices.

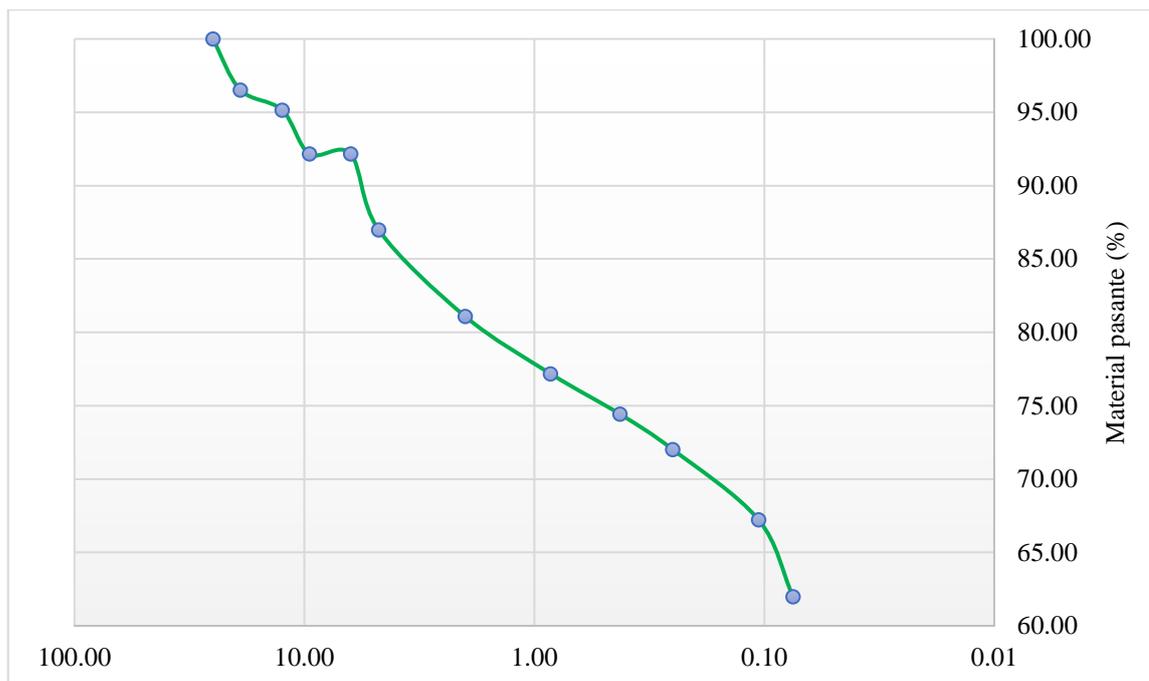


Figura 5.3. Curva granulométrica en el suelo fino C – 03.

En la Tabla 5.4, se aprecian los resultados del ensayo en laboratorio de la muestra C – 04, aquí se expone que, por el tamiz N° 200 el porcentaje que pasa es de 50.25 %, debido a este resultado el suelo se clasifica como arcilla ligera arenosa con grava. Por otra parte, según SUCS su clasificación es CL y según AASHTO es A – 6(3).

Tabla 5.4. Granulometría en el suelo fino C – 04.

Tamices estandarizados		Material retenido		Acumulado	Pasante
Inch	mm	g	%	%	%
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	35.10	1.77	1.77	98.23
3/4"	19.00	30.70	1.55	3.32	96.68
1/2"	12.50	135.00	6.82	10.14	89.86
3/8"	9.50	74.30	3.75	13.89	86.11
1/4"	6.30	0.00	0.00	13.89	86.11
N° 4	4.75	162.10	8.19	22.08	77.92
N° 10	2.00	163.60	8.26	30.34	69.66
N° 20	0.85	118.80	6.00	36.34	63.66
N° 40	0.43	87.60	4.42	40.77	59.23
N° 60	0.25	47.20	2.38	43.15	56.85
N° 140	0.11	48.30	2.44	45.59	54.41
N° 200	0.08	82.40	4.16	49.75	50.25
Tara		994.94	50.25	100.00	0.00
Total		1980.04	100.00		

Posteriormente en la Figura 5.4, con base en los resultados anteriores se logró determinar la relación entre la abertura de malla y el porcentaje pasante para la obtención

de la curva granulométrica, de la misma forma nos dio un resultado de una curva inclinada, esto indica que la muestra obtenida C – 04 tiene un cambio importante en el tamaño de las partículas.

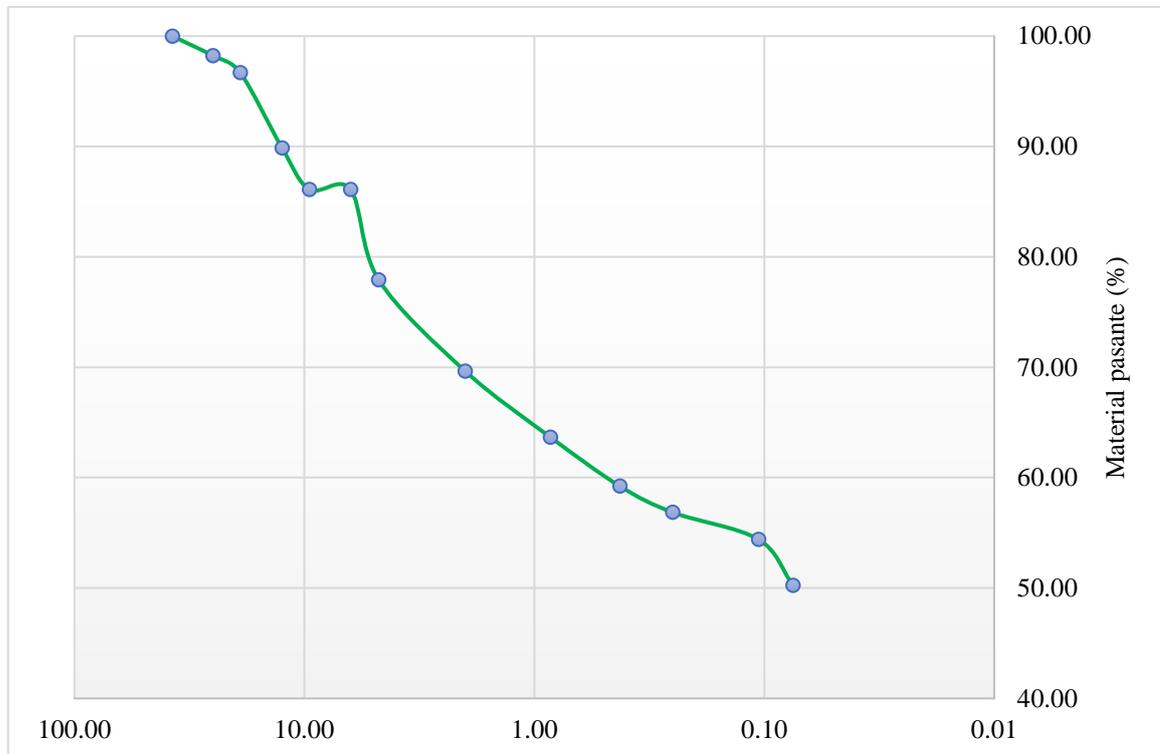


Figura 5.4. Curva granulométrica en el suelo fino C – 04.

Líneas más abajo podemos ver que, debido al ensayo granulométrico realizado en laboratorio se alcanzaron los siguientes datos, por la malla N° 4 existe un porcentaje de pasante del 100 %, así mismo la malla N° 10 un pasante del 99.86 %, la malla N° 20 un pasante de 99.5 %, la malla N° 40 un pasante de 98.85 %, la malla N° 60 un pasante de 98.34 %, la malla N° 140 un pasante de 97.66 % y por último la malla N° 200 un pasante de 95.90 %, a causa de los resultados obtenidos y evaluados nos indica que la muestra se clasifica como arcilla ligera, conforme a SUCS su clasificación es CL y según AASHTO es A – 7-6(27).

Tabla 5.5. Granulometría en el suelo fino C – 05.

Tamices estandarizados		Material retenido		Acumulado	Pasante
Inch	mm	g	%	%	%
N° 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 10	2.00	0.80	0.14	0.14	99.86
N° 20	0.85	2.00	0.36	0.50	99.50
N° 40	0.43	3.60	0.65	1.15	98.85
N° 60	0.25	2.80	0.50	1.66	98.34
N° 140	0.11	3.80	0.68	2.34	97.66
N° 200	0.08	9.80	1.76	4.10	95.90
Tara		532.90	95.90	100.00	0.00
Total		555.70	100.00		

En la Figura 5.5, la cual representa a la distribución y tamaño de las partículas del suelo fino C – 05, se aprecia la curva granulométrica en relación de los tamices y el porcentaje pasante, es posible observar que la curva se encuentra inclinada, esto hace referencia a que, existe una diferencia notable en el tamaño o la forma de las partículas de la muestra C – 05.

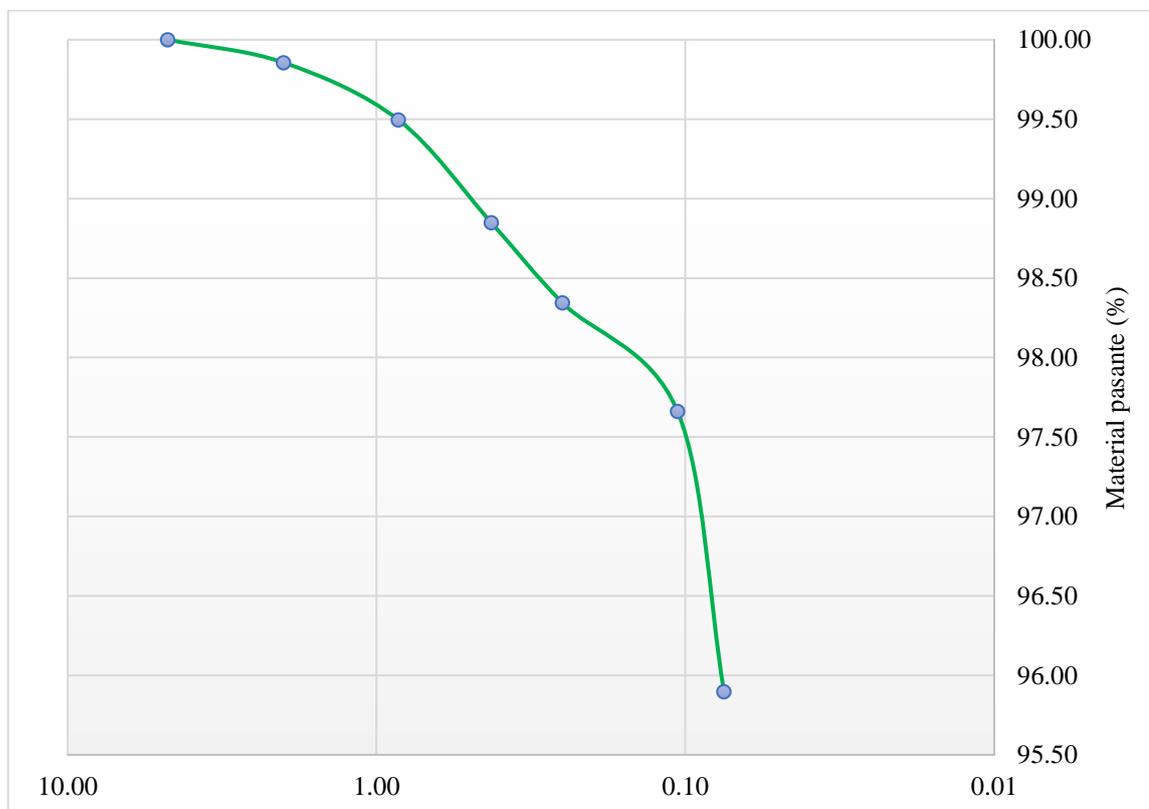


Figura 5.5. Curva granulométrica en el suelo fino C – 05.

Suelo granular

A continuación, se exhiben los resultados derivados de la evaluación granulométrica de la muestra C-01, destacando el porcentaje acumulado retenido en la malla N° 4, que alcanza un valor de 66.43 %, y el porcentaje que atraviesa la malla N° 200, con un registro de 10.97 %. Según estos datos, se clasifica el suelo como una grava mal graduada con presencia de limos y arenas. Esta información será utilizada para realizar cálculos estimativos del Índice de Soporte California (CBR).

Tabla 5.6. Granulometría en el suelo granular C-01.

Tamices estandarizados		Material retenido		Acumulado	Pasante
Inch	mm	g	%	%	%
3"	75.00	601.90	12.00	12.00	88.00
2 1/2"	62.00	264.70	5.28	17.28	82.72
2"	50.00	738.20	14.72	32.00	68.00
1 1/2"	37.50	79.00	1.58	33.57	66.43
1"	25.00	538.90	10.75	44.32	55.68
3/4"	19.00	207.70	4.14	48.46	51.54
1/2"	12.50	403.30	8.04	56.50	43.50
3/8"	9.50	140.10	2.79	59.29	40.71
N° 4	4.75	358.10	7.14	66.43	33.57
N° 10	2.00	378.10	7.54	73.97	26.03
N° 20	0.85	322.50	6.43	80.40	19.60
N° 40	0.43	186.20	3.71	84.12	15.88
N° 60	0.25	94.40	1.88	86.00	14.00
N° 140	0.106	81.80	1.63	87.63	12.37
N° 200	0.075	70.40	1.40	89.03	10.97
Tara		550.00	10.97	100.00	0.00
Total		5015.30	100.00		

En la Figura 5.6 adjunta, se presenta una representación visual de cómo están distribuidos los tamaños de partículas de la muestra C-01, a través de los tamices que han sido previamente establecidos y normalizados. En esta figura, se destaca un porcentaje del 10.97% que pasa por el tamiz N° 200, un 33.57% pasante del tamiz N° 4, y un 88% que pasa por el tamiz N° 3".

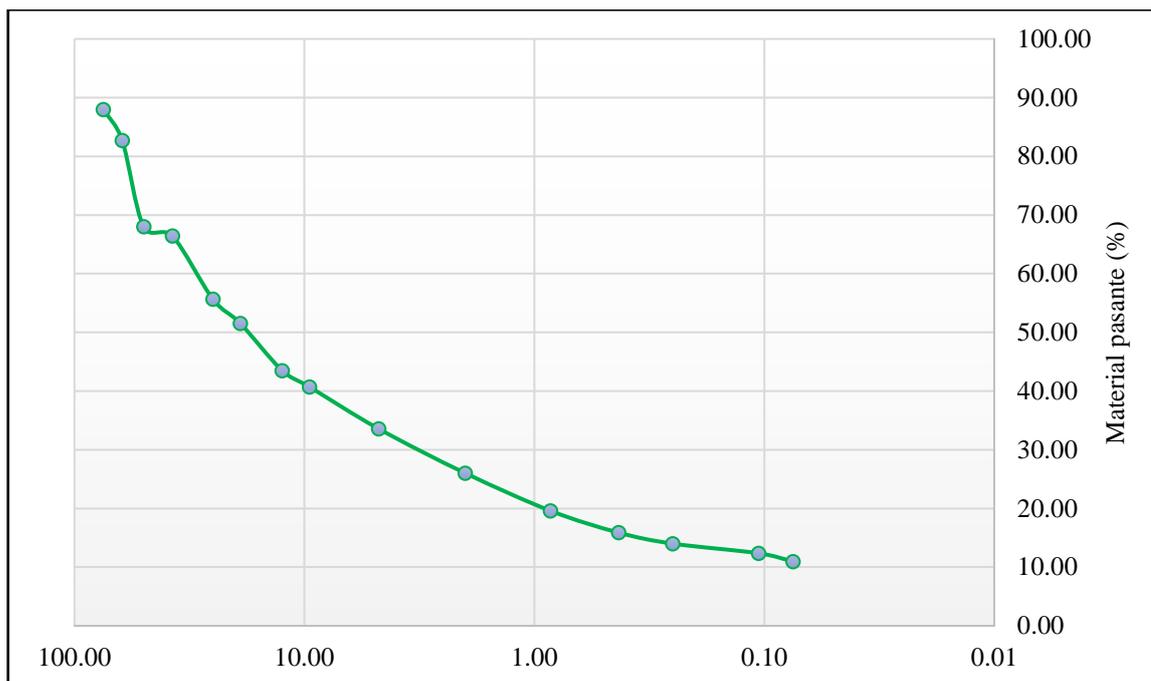


Figura 5.6. Curva granulométrica en el suelo granular C-01.

En la Tabla 5.7, se analizaron las diferentes distribuciones de dimensiones de las partículas encontradas en la muestra extraída de la calicata C-02. Estas distribuciones se presentan a través de los porcentajes retenidos y pasantes en cada una de las mallas, basándonos en esta información, la clasificación del suelo corresponde a una variedad de grava deficientemente gradada que contiene limos y arenas.

Tabla 5.7. Granulometría en el suelo granular C-02.

Tamices estandarizados		Material retenido		Acumulado	Pasante
Inch	mm	g	%	%	%
3"	75.00	881.00	12.58	12.58	87.42
2 1/2"	62.00	756.00	10.79	23.37	76.63
2"	50.00	1171.00	16.72	40.09	59.91
1 1/2"	37.50	253.60	3.62	43.71	56.29
1"	25.00	922.00	13.16	56.88	43.12
3/4"	19.00	495.50	7.07	63.95	36.05
1/2"	12.50	427.40	6.10	70.05	29.95
3/8"	9.50	199.50	2.85	72.90	27.10
N° 4	4.75	407.60	5.82	78.72	21.28
N° 10	2.00	381.30	5.44	84.16	15.84
N° 20	0.85	361.80	5.17	89.33	10.67
N° 40	0.43	241.60	3.45	92.78	7.22
N° 60	0.25	87.80	1.25	94.03	5.97
N° 140	0.106	59.00	0.84	94.88	5.12
N° 200	0.075	8.20	0.12	94.99	5.01
Tara		350.70	5.01	100.00	0.00
Total		7004.00	100.00		

La curva granulométrica muestra que la mayor cantidad de partículas son grandes con un porcentaje de gravas del 78.72 %, arenas de un 16.3 % y partículas pequeñas de 5% como se muestra en la siguiente Figura 5.7.

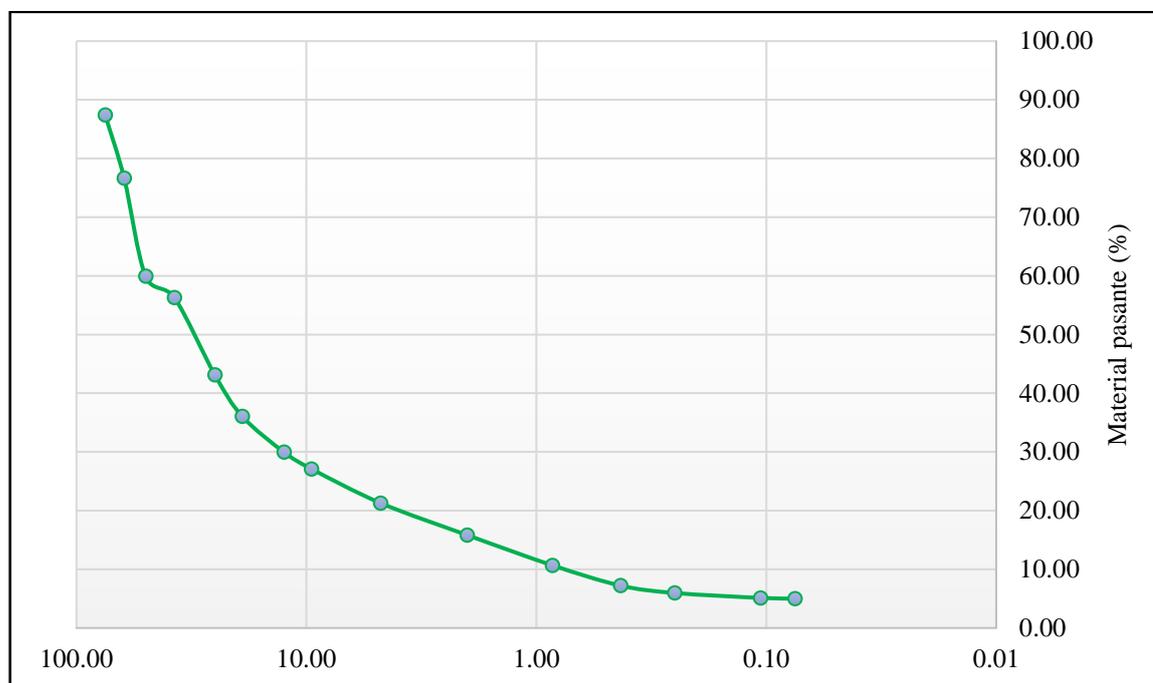


Figura 5.7. Curva granulométrica en el suelo granular C-02.

El análisis de la granulometría del suelo granular C-03 ha proporcionado una explicación de su estructura y la disposición de las dimensiones de las partículas, desvelando que un 78.90 % está constituido por elementos gruesos, mientras que un 17.9 % consiste en partículas de tamaño intermedio y un 3.2 % está compuesto por fragmentos más finos, resultando en la formación de un suelo caracterizado por una graduación inadecuada de grava con la presencia de arena.

Tabla 5.8. Granulometría en el suelo granular C-03.

Tamices estandarizados		Material retenido		Acumulado	Pasante
Inch	mm	g	%	%	%
3"	75.00	1961.00	21.34	21.34	78.66
2 1/2"	62.00	561.00	6.10	27.44	72.56
2"	50.00	1868.00	20.33	47.77	52.23
1 1/2"	37.50	1177.00	12.81	60.58	39.42
1"	25.00	514.40	5.60	66.17	33.83
3/4"	19.00	284.40	3.09	69.27	30.73
1/2"	12.50	204.70	2.23	71.50	28.50
3/8"	9.50	200.20	2.18	73.67	26.33
N° 4	4.75	479.80	5.22	78.90	21.10
N° 10	2.00	509.10	5.54	84.44	15.56
N° 20	0.85	477.80	5.20	89.63	10.37

N° 40	0.43	305.10	3.32	92.95	7.05
N° 60	0.25	154.30	1.68	94.63	5.37
N° 140	0.106	118.40	1.29	95.92	4.08
N° 200	0.075	80.70	0.88	96.80	3.20
Tara		294.10	3.20	100.00	0.00
Total		9190.00	100.00		

En la Figura 5.8 muestra una marcada diferencia entre las fracciones de menor y mayor tamaño del suelo granular C-03. Se puede notar que un 3.20% del contenido atraviesa la abertura de la malla N° 200, un 21.10% pasa a través de la malla N° 4, y un 78.66% del material logra pasar a través de la abertura de 3" en la malla.

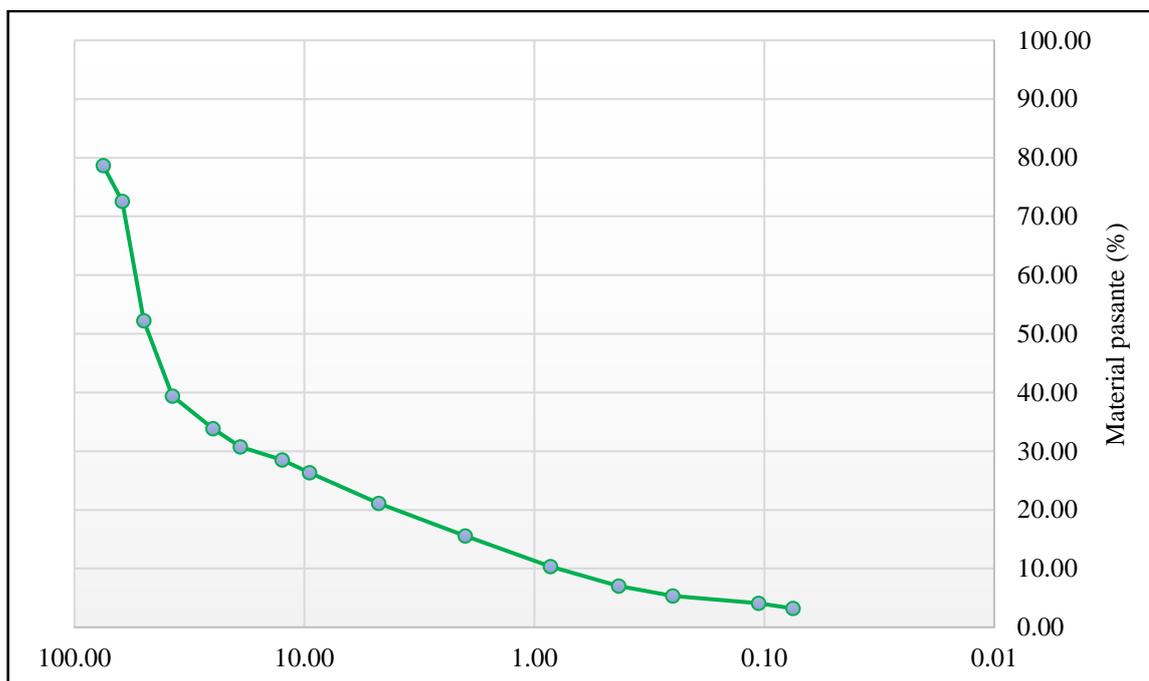


Figura 5.8. Curva granulométrica en el suelo granular C-03.

El análisis granulométrico fue realizado siguiendo la NTP 339.128, lo cual permitió obtener información detallada sobre la composición del suelo granular C-04, con un 79.8 % de gravas y una distribución de tamaños de partículas en la que los finos representan un 3.1 %, según estos datos, se clasifica el suelo como una grava mal graduada con presencia de arenas.

Tabla 5.9. Granulometría en el suelo granular C-04.

Tamices estandarizados		Material retenido		Acumulado	Pasante
Inch	mm	g	%	%	%
3"	75.00	2176.40	30.58	30.58	69.42
2 1/2"	62.00	541.90	7.61	38.19	61.81
2"	50.00	678.60	9.53	47.73	52.27
1 1/2"	37.50	604.40	8.49	56.22	43.78

1"	25.00	439.20	6.17	62.39	37.61
3/4"	19.00	409.30	5.75	68.14	31.86
1/2"	12.50	305.90	4.30	72.44	27.56
3/8"	9.50	155.40	2.18	74.62	25.38
N° 4	4.75	368.70	5.18	79.80	20.20
N° 10	2.00	353.60	4.97	84.77	15.23
N° 20	0.85	338.60	4.76	89.52	10.48
N° 40	0.43	267.80	3.76	93.29	6.71
N° 60	0.25	126.90	1.78	95.07	4.93
N° 140	0.106	78.20	1.10	96.17	3.83
N° 200	0.075	55.10	0.77	96.94	3.06
Tara		217.60	3.06	100.00	0.00
Total		7117.60	100.00		

En consecuencia, se presenta la Figura 5.9 que representa la curva granulométrica, mostrando los porcentajes de material que pasa a través de los tamices estandarizados, se puede observar una significativa disparidad entre las fracciones de tamaño menor y mayor del suelo granular C-04.

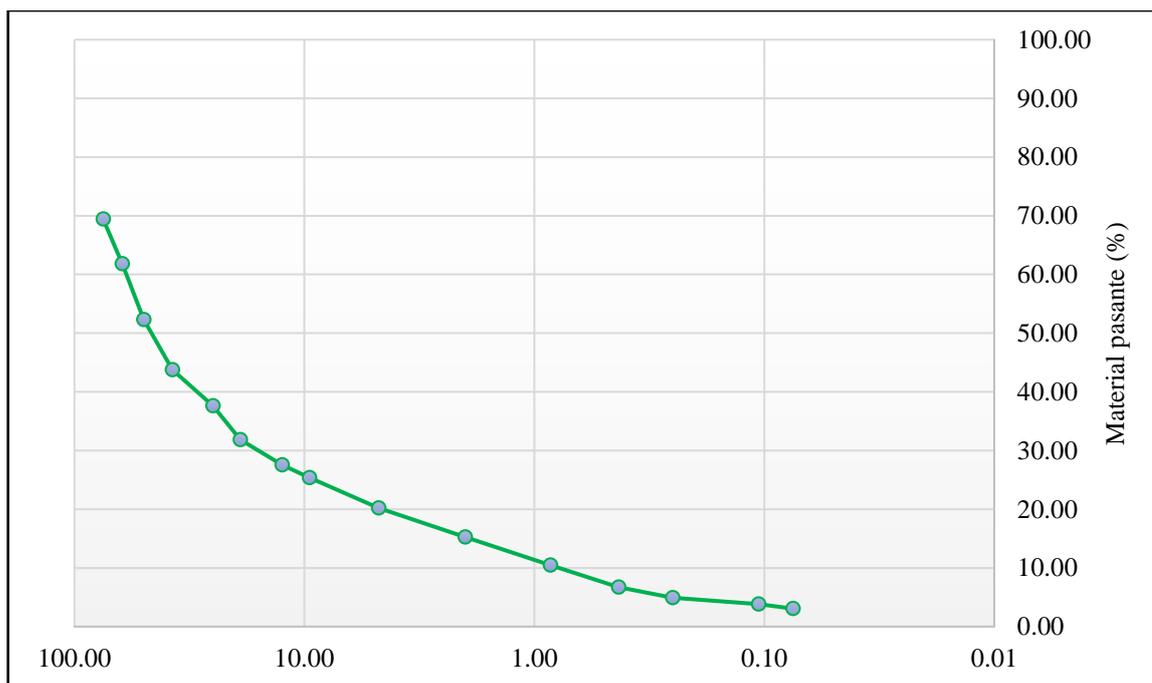


Figura 5.9. Curva granulométrica en el suelo granular C-04.

La Tabla 5.10 presenta la distribución del suelo granular en relación con los distintos tamices establecidos y estandarizados según las normativas. A través de esta información, se ha obtenido una visión importante sobre la distribución de tamaños de partículas presentes en la muestra C-05, utilizando esta información, se concluyó que el

suelo pertenece a la categoría de grava correctamente gradada, con la inclusión de limo y arena.

Tabla 5.10. Granulometría en el suelo granular C-05.

Tamices estandarizados		Material retenido		Acumulado	Pasante
Inch	mm	g	%	%	%
3"	75.00	215.30	4.51	4.51	95.49
2 1/2"	62.00	407.50	8.54	13.05	86.95
2"	50.00	206.80	4.33	17.38	82.62
1 1/2"	37.50	208.80	4.38	21.76	78.24
1"	25.00	526.50	11.03	32.79	67.21
3/4"	19.00	515.50	10.80	43.59	56.41
1/2"	12.50	409.10	8.57	52.17	47.83
3/8"	9.50	290.20	6.08	58.25	41.75
N° 4	4.75	405.60	8.50	66.75	33.25
N° 10	2.00	408.40	8.56	75.30	24.70
N° 20	0.85	304.50	6.38	81.68	18.32
N° 40	0.43	321.00	6.73	88.41	11.59
N° 60	0.25	115.20	2.41	90.82	9.18
N° 140	0.106	29.80	0.62	91.45	8.55
N° 200	0.075	10.50	0.22	91.67	8.33
Tara		397.60	8.33	100.00	0.00
Total		4772.30	100.00		

Por lo tanto, en la Figura 5.10 se presentan los resultados del análisis granulométrico que indican la presencia de un 66.7% de grava, un 24.9% de arena y un 8.3% de finos.

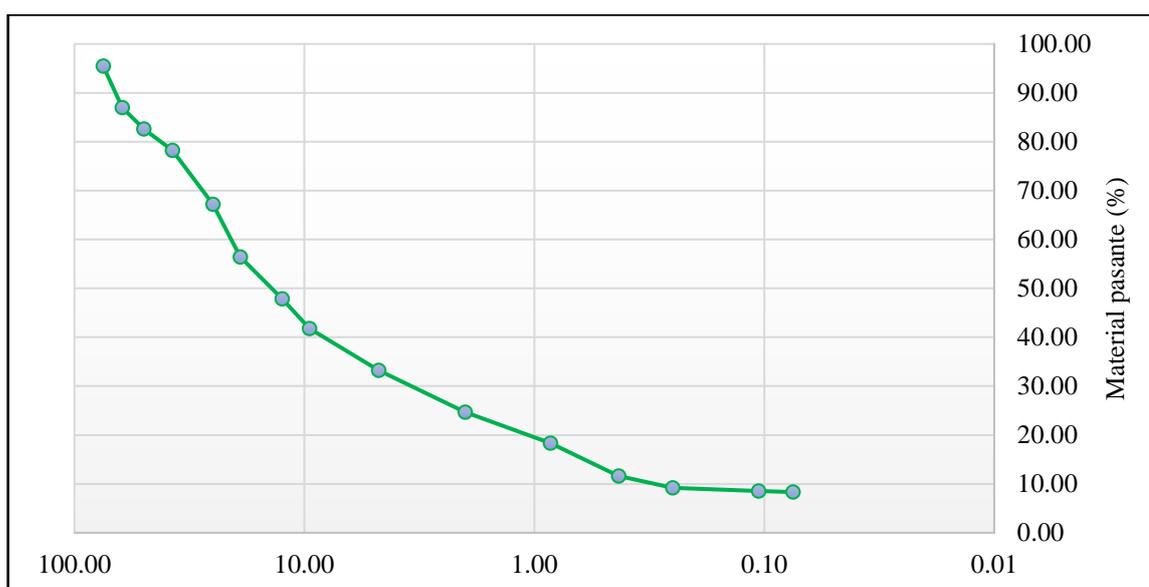


Figura 5.10. Curva granulométrica en el suelo granular C-05.

5.1.2. Parámetros físicos del suelo

Suelo fino

A continuación, se observan los ensayos realizados en laboratorio, el proceso de ensayos de laboratorio de suelos es fundamental para obtener datos y análisis precisos sobre las propiedades físicas de la muestra del suelo fino. En primer lugar, se debe realizar la identificación y descripción de la muestra de suelo, esto implica registrar datos como el lugar de extracción, la profundidad, tipo de suelo, textura, entre otros.

En la Tabla 5.11, se observa los distintos ensayos que se le realizó a las muestras de los suelos finos como, el contenido de humedad, límite líquido, límite plástico, el índice de plasticidad y el índice líquido.

Tabla 5.11. Parámetros físicos del suelo fino.

Característica	Und.	C - 01	C - 02	C - 03	C - 04	C - 05
Contenido de humedad	%	21.16	4.89	12.93	10.99	30.58
Límite líquido	%	25.13	40.63	37.51	26.46	47.53
Límite plástico	%	17.55	22.78	13.95	13.74	22.57
Índice de plasticidad	%	7.58	17.85	23.56	12.72	24.96
Índice líquido	%	18.84	3.61	12.34	9.91	29.68

Por consiguiente, se muestra la Figura 5.11 , en donde se apreciar que, la muestra C – 01 tiene un contenido de humedad de 21.16 %, en tanto la muestra C – 02 un porcentaje de 4.89 %, la muestra C – 03 un porcentaje de 12.93 %, la muestra C – 04 un porcentaje 10.99 % y por último la muestra C – 05 tiene un porcentaje de contenido de humedad de 30.58 %, el cual representa el mayor porcentaje y la muestra C – 02 el menor porcentaje.

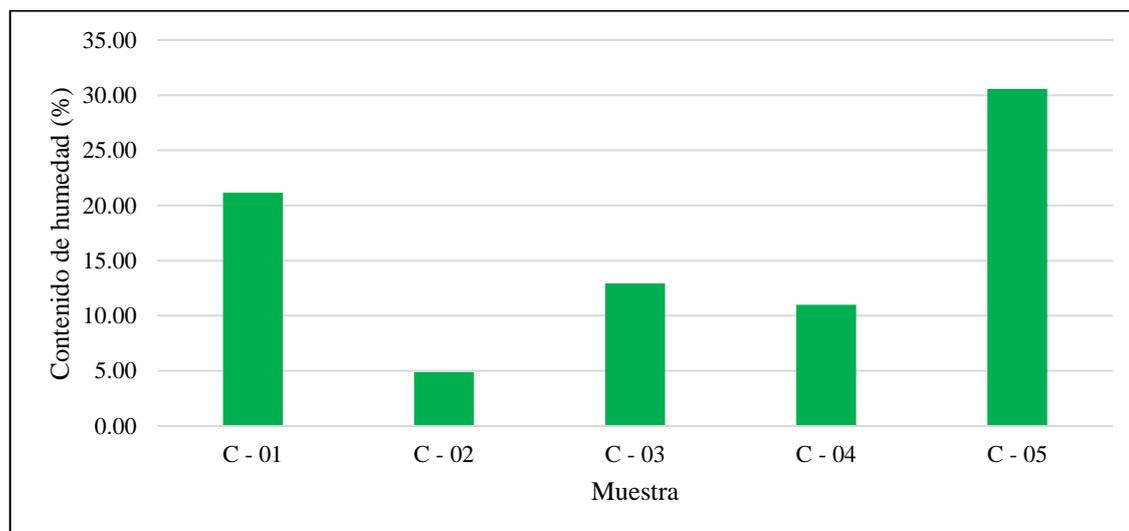


Figura 5.11. Comparativa del contenido de humedad de las muestras de suelos finos.

Según el ensayo límite de Atterberg, en la siguiente Figura 5.12, se denota que los resultados obtenidos del ensayo antes mencionado son, para la muestra C – 01 el porcentaje de límite líquido es de 25.13 %, la muestra C – 02 presenta un porcentaje de 40.63 %, la muestra C – 03 tiene un porcentaje de 37.51, la muestra C – 04 un porcentaje de 26.46 y la muestra C – 05 un porcentaje de 47.53 %, siendo este el mayor porcentaje de límite líquido y la muestra C – 02 el menor valor, los cuales no son óptimos.

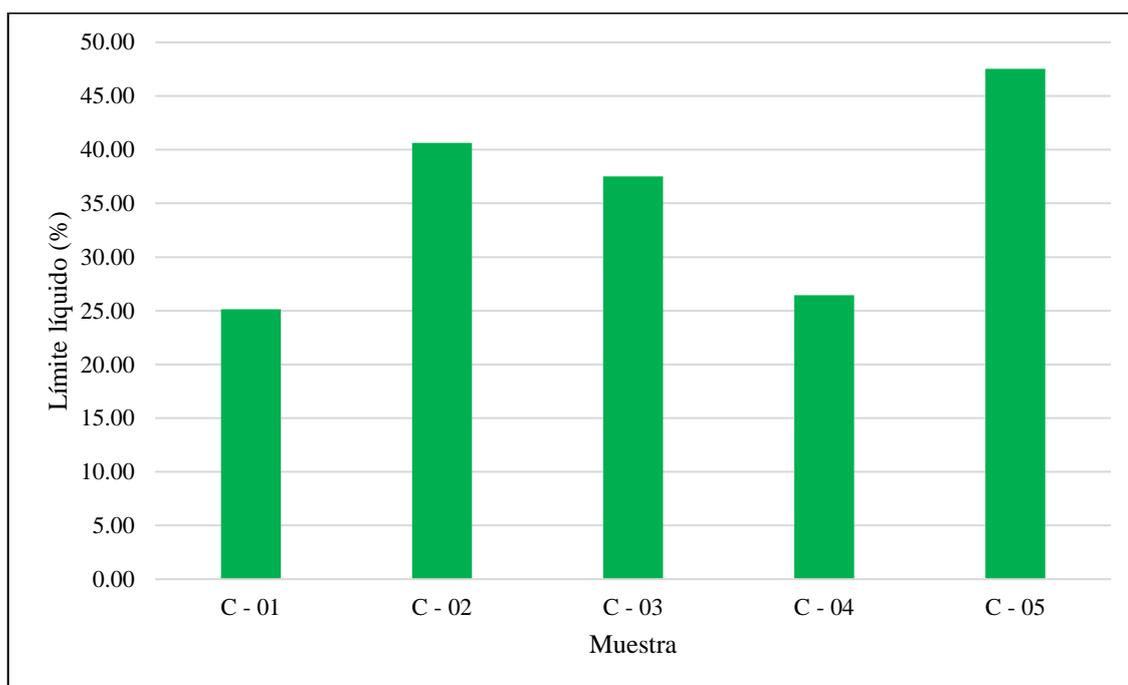


Figura 5.12. Comparativa del límite líquido de las muestras de suelos finos.

La Figura 5.13, detalla los resultados obtenidos en el laboratorio de los ensayos realizados a las distintas muestras y esta a su vez fue representada mediante barras para una mejor comprensión y visualización, de ello se interpreta que la muestra C – 01 tiene un porcentaje de límite plástico de 17.55 %, la muestra C – 02 un porcentaje de 22.78 %, la muestra C – 03 un porcentaje de 13.95, la muestra C – 04 un porcentaje de 13.74 y la muestra C – 05 un porcentaje de 22.57, concluyendo así que la muestra C – 02 tiene un mayor porcentaje de límite plástico y la muestra C – 04 el menor porcentaje.

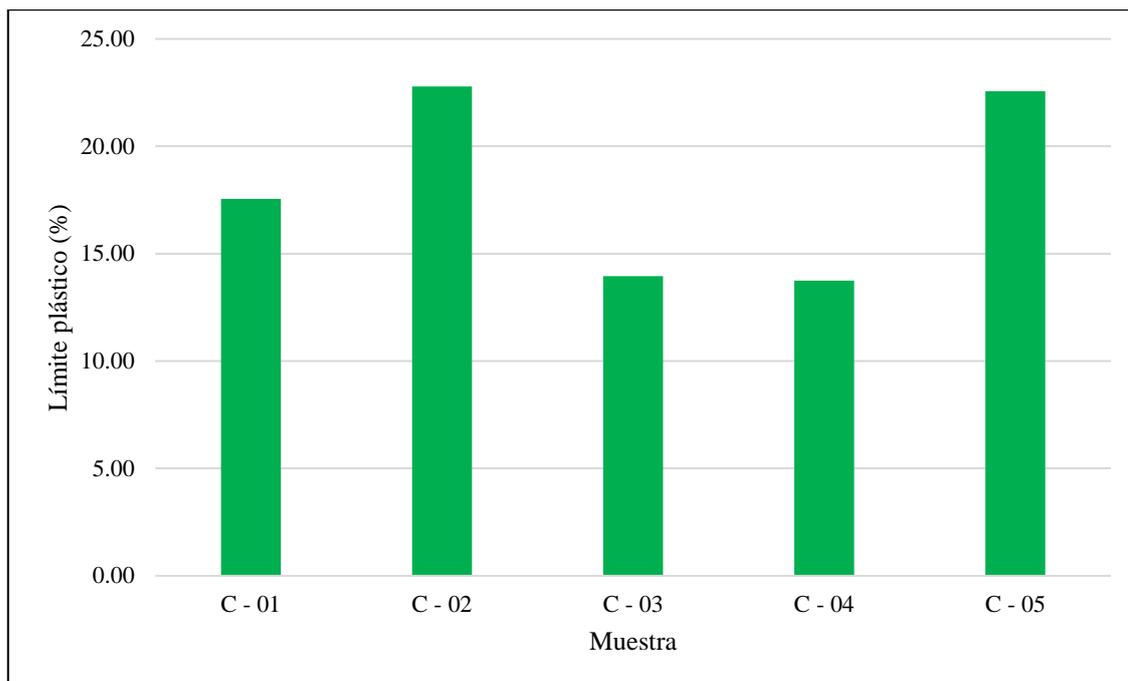


Figura 5.13. Comparativa del límite plástico de las muestras de suelos finos.

De acuerdo a los parámetros establecidos por el MTC y los ensayos realizados en laboratorio de los especímenes mencionados líneas más abajo, se obtuvo los siguientes resultados, el espécimen C – 01 presenta un índice de plasticidad de 7.58 %, el espécimen C – 02 un porcentaje de 17.85%, el espécimen C – 03 un porcentaje de 23.56%, el espécimen C – 04 un porcentaje de 12.72 % y el espécimen C – 05 un porcentaje de 24.96%, de manera que este último porcentaje es el mayor el cual cuenta con mayor presencia de arcilla, mientras que el espécimen C – 01 de menor porcentaje cuenta con menos presencia de arcilla.

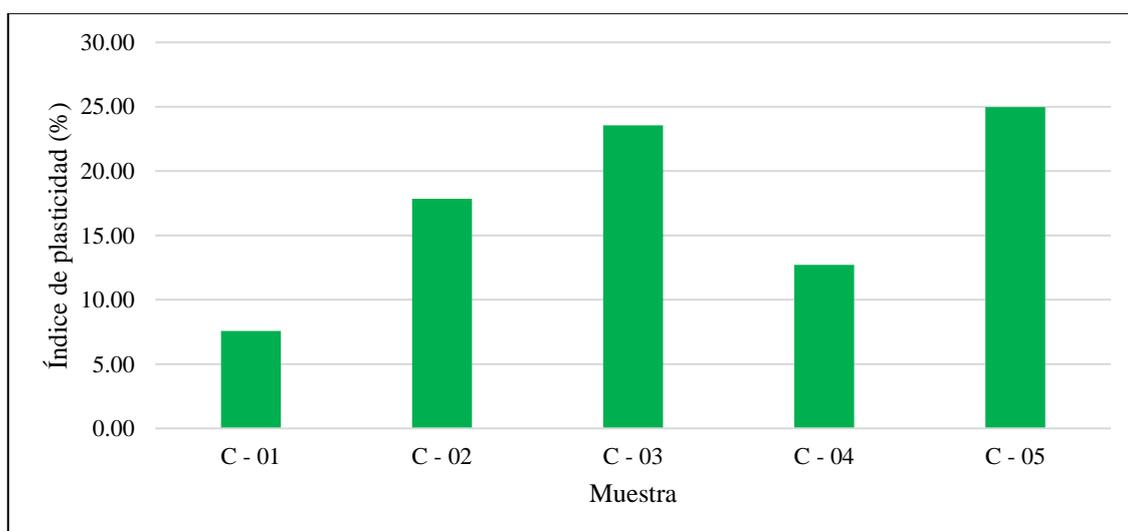


Figura 5.14. Comparativa del índice de plasticidad de las muestras de suelos finos.

Los resultados obtenidos en la siguiente Figura 5.15, fueron sustraídos de los ensayos realizados en laboratorio teniendo en cuenta los distintos especímenes, según lo observado se pudo notar que, el porcentaje para el espécimen C – 01 fue de 18.84 %, para el espécimen C – 02 un porcentaje de 3.61 %, mientras que para el espécimen C – 03 un porcentaje de 12.34 %, para el espécimen C – 04 un porcentaje de 9.91 % y por último para el espécimen C – 05 un porcentaje de 29.68 %. Siendo este el mayor porcentaje de índice líquido el cual presenta una mayor plasticidad, el espécimen C – 01 obtuvo el menor porcentaje debido a ello, presenta un menor índice de plasticidad.

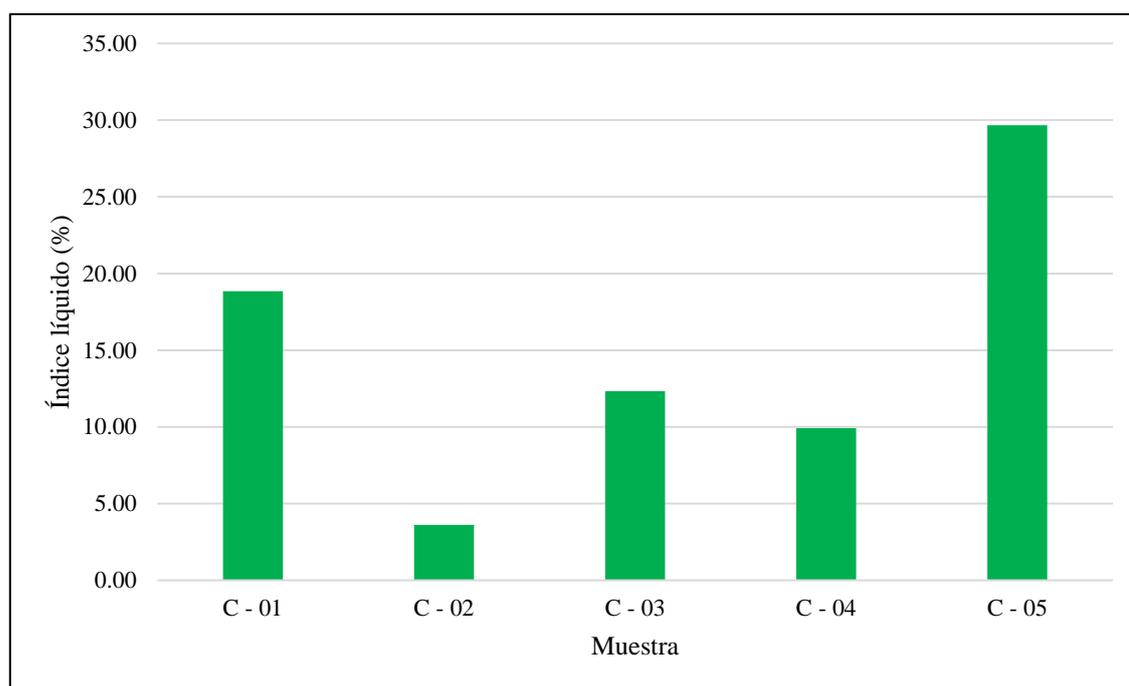


Figura 5.15. Comparativa del índice líquido humedad de las muestras de suelos finos.

Suelo granular

Los atributos físicos del suelo granular, compuesto por partículas separadas como arena o grava, resultan fundamentales para adquirir conocimiento sobre el comportamiento y las respuestas que presentará en distintos escenarios. A continuación, en la Tabla 5.12, se presentan algunos de los atributos físicos esenciales para entender este tipo de suelos.

Tabla 5.12. Parámetros físicos del suelo granular.

Característica	Und.	C - 01	C - 02	C - 03	C - 04	C - 05
Retenido en la malla N° 4	%	66.43	78.72	78.90	79.80	66.75
Pasante de la malla N° 200	%	10.97	5.01	3.20	3.06	8.33
Contenido de humedad	%	5.83	4.88	2.90	2.05	3.30
Relación de vacíos	%	0.33	0.30	0.43	0.44	0.24
Gravedad específica		2.65	2.62	2.64	2.65	2.63

Densidad mínima del suelo	g/cm ³	1.81	1.79	1.77	1.80	1.89
Densidad máxima del suelo	g/cm ³	2.01	2.00	1.95	1.98	2.12

A continuación, en la Figura 5.16 se exhibe los porcentajes de materiales retenidos en la malla N° 4 de las diversas muestras tomadas en campo dando lugar la distribución de tamaños de partículas retenidas, sobresaliendo la muestra C-04 con 79.80 % de contenido de gravas.

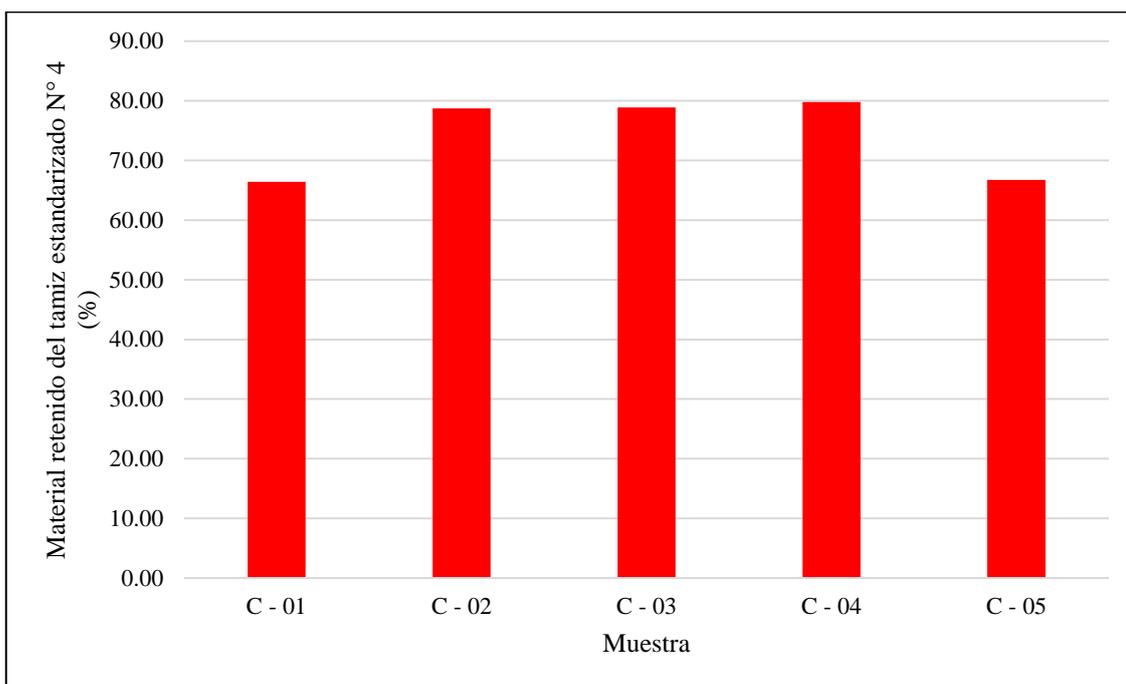


Figura 5.16. Porcentajes de materiales retenidos en el tamiz N° 4 en todas las muestras de suelos granulares.

De manera similar se expone, en la Figura 5.17 el porcentaje de partículas que atraviesan la malla N° 200 en las diferentes excavaciones analizadas, destacándose la muestra C-01 con un 10.97 % de contenido de partículas finas.

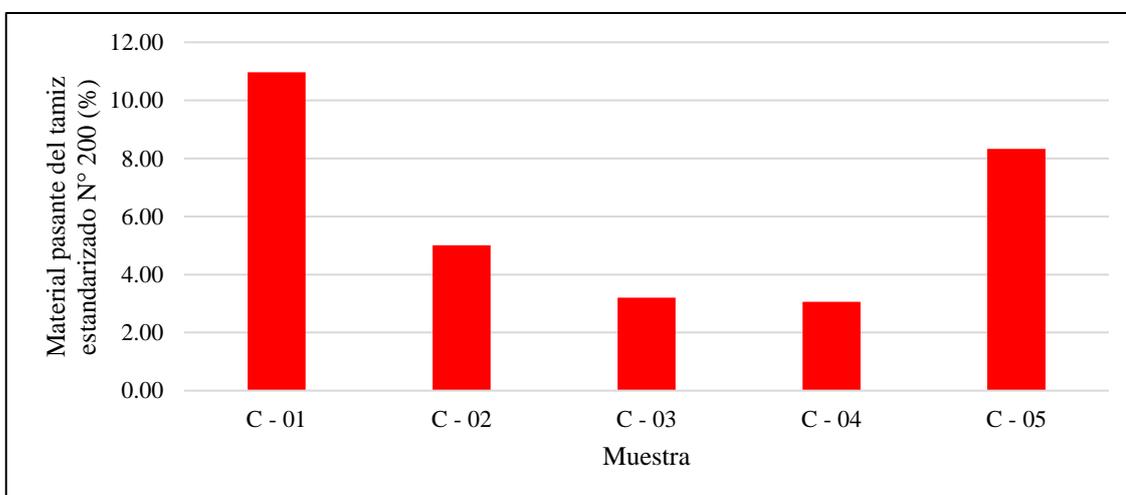


Figura 5.17. Comparativa de materiales pasante del tamiz N° 200 de las muestras de suelos granulares.

En la Figura 5.18 se realizó una comparación entre los variados niveles de contenido de humedad, con el fin de determinar la proporción de agua en relación con su peso una vez seco. En el caso de la muestra C-01, se detectó un contenido de humedad del 5.83%. Este análisis influye en la manera en que el suelo puede ser compactado y en su densidad final, lo que a su vez afecta la resistencia de carga y la estabilidad del suelo.

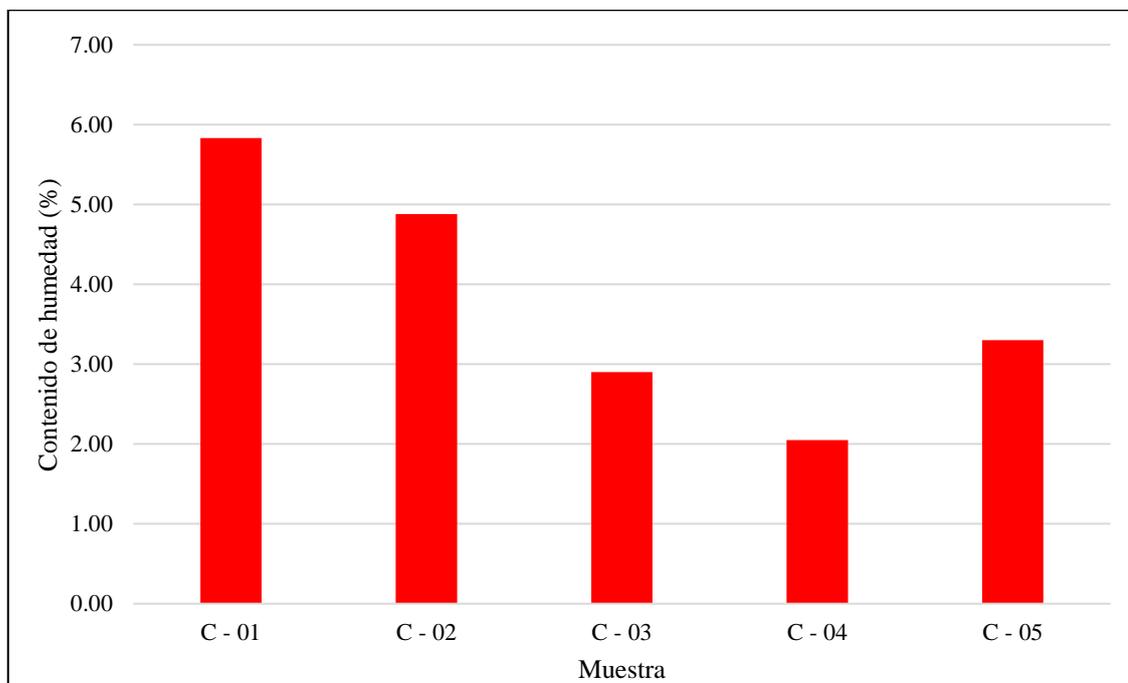


Figura 5.18. Comparativa de contenido de humedad de las muestras de suelos granulares.

A continuación, se exhibe la Figura 5.19 que ilustra la conexión entre el espacio vacío en el suelo y el volumen ocupado por las partículas sólidas en los suelos mostrando un rango de 0.24 % a 0.44 %. Es relevante señalar que un suelo que mantiene una proporción de vacíos adecuada manifestará una densidad superior, resultando en una capacidad de carga para el tráfico de mayor eficacia.

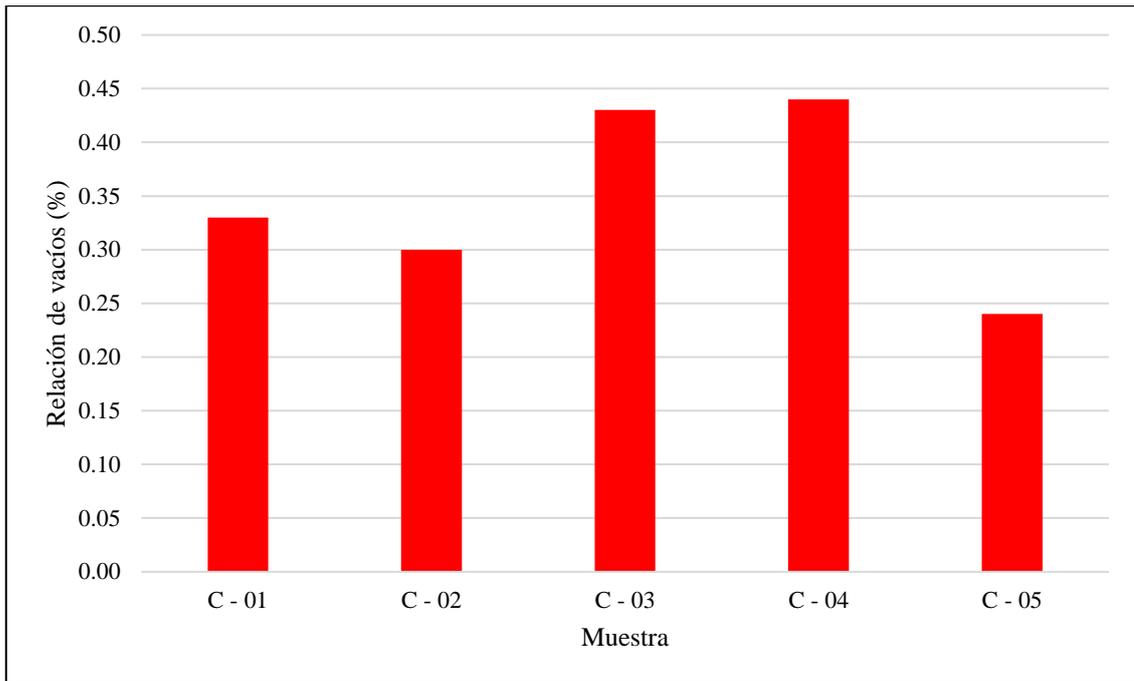


Figura 5.19. Comparativa de porcentajes de relación de vacíos de las muestras de suelos granulares.

Se procedió a la evaluación de las densidades específicas de las excavaciones, en la Figura 5.20 se pudo constatar que las muestras C-01 y C-04 presentan un valor de 2.66 %. En el caso de que esta cifra sea incrementada, podría resultar en la mejora de la capacidad de carga, la estabilidad, la resistencia y la durabilidad de la capa subrasante.

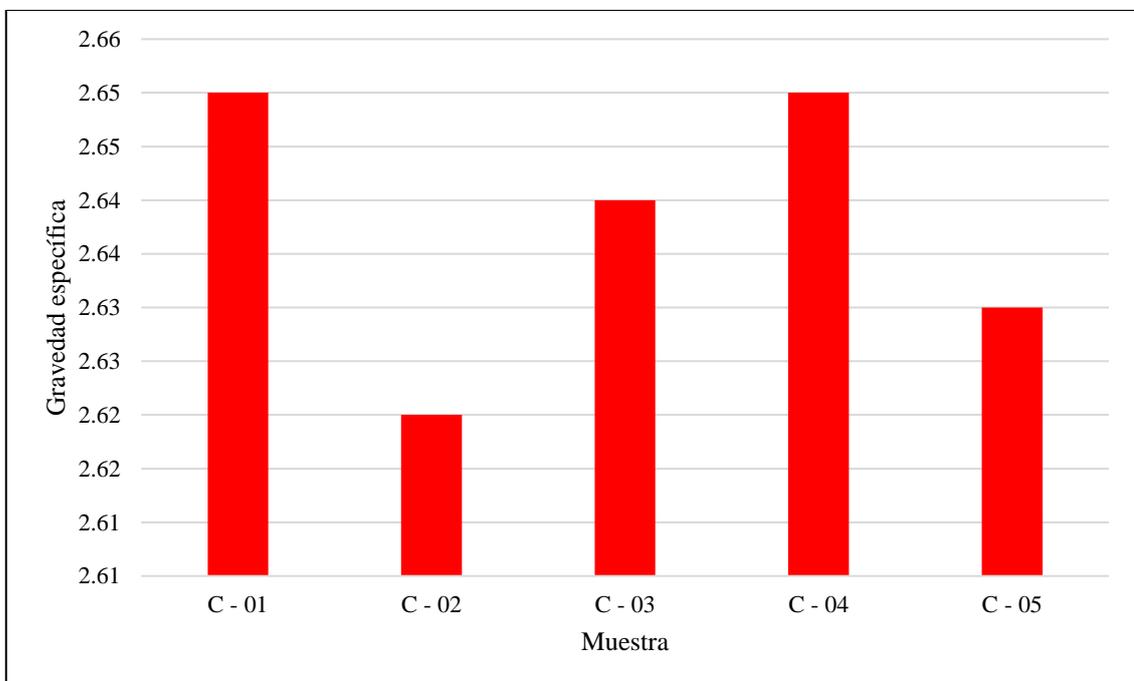


Figura 5.20. Comparativa de gravedades específicas de las muestras de suelos granulares.

La Figura 5.21 presenta una comparación de los valores mínimos de densidad del suelo en diversas muestras. Los resultados oscilan entre 1.77 g/cm³ y 1.89 g/cm³. Esta información es esencial para establecer la densidad mínima requerida durante el procedimiento de compactación del suelo, con el propósito de prevenir cualquier tipo de deformación.

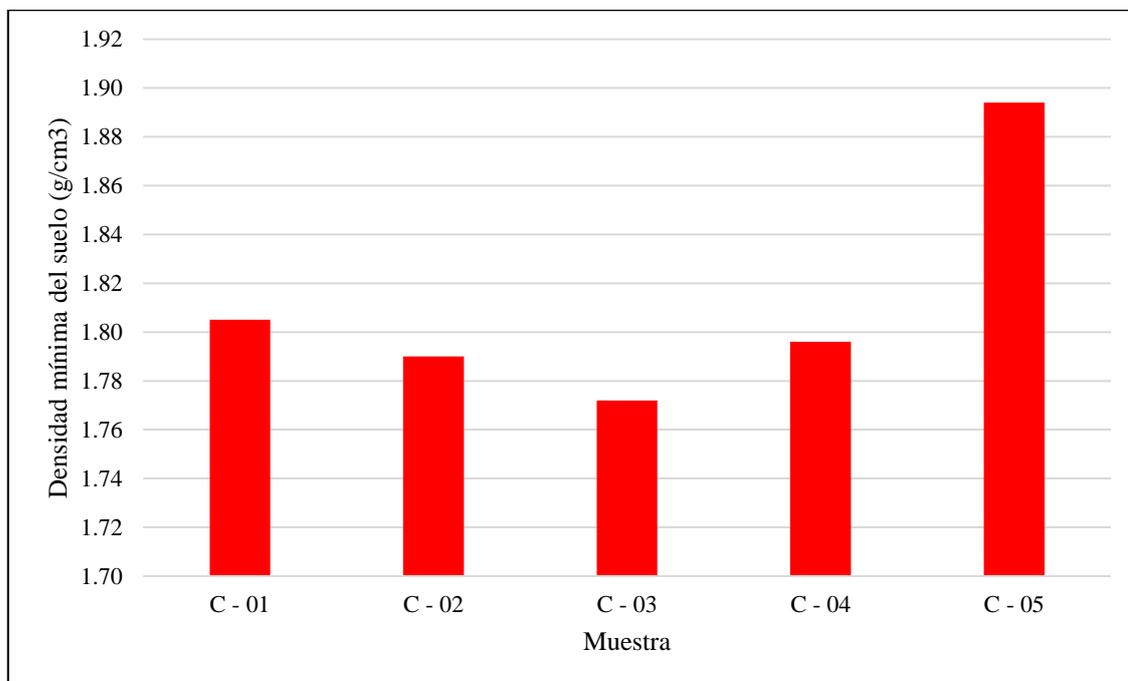


Figura 5.21. Comparativa de las densidades mínimas de las muestras de suelos granulares.

De manera análoga, la Figura 5.22 presenta una evaluación comparativa de las densidades máximas en las muestras. Los resultados varían en un rango de 1.95 g/cm³ a 2.12 g/cm³. Mantener una densidad máxima adecuada es crucial para asegurar que la subrasante posea la fuerza y cohesión necesarias para conservar su estabilidad bajo las cargas del tráfico.

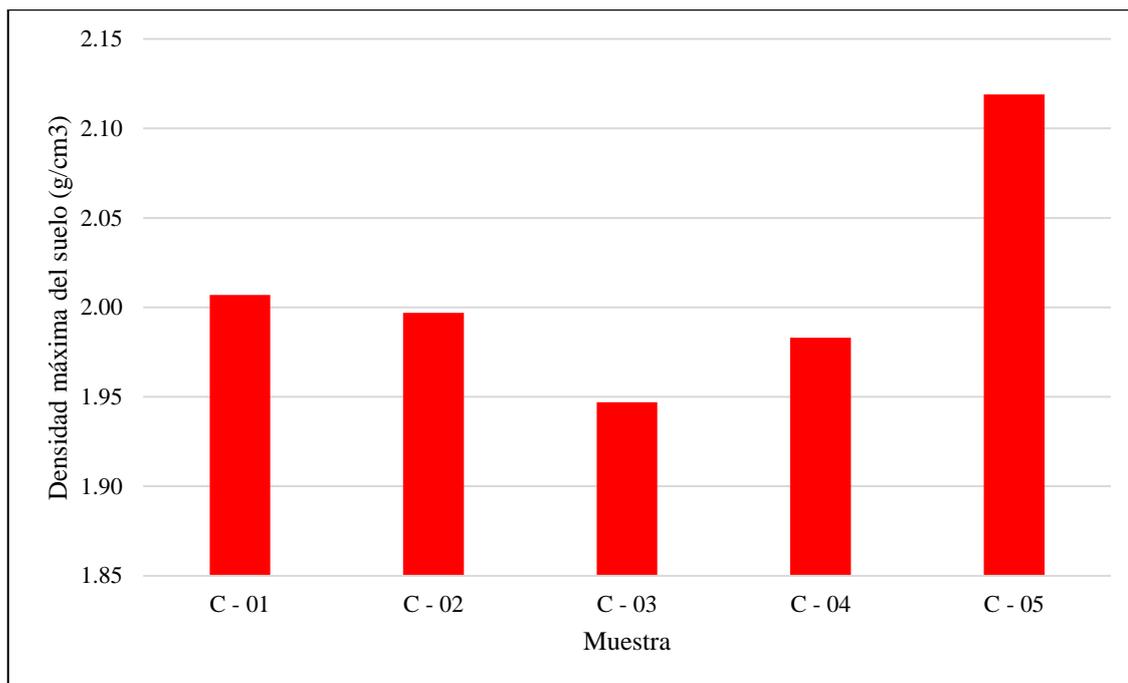


Figura 5.22. Comparativa de las densidades máximas de las muestras de suelos granulares.

5.1.3. Parámetros mecánicos del suelo

Suelo fino

La realización de ensayos de laboratorio en suelos es esencial para obtener información y análisis precisos acerca de las características mecánicas de una muestra de suelo fino. Se puede observar que en la tabla líneas más abajo nos describe los diversos ensayos realizados en laboratorio como es el ensayo de, máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad, CBR al 95 % de la MDS, CBR al 100 % de la MDS, a las distintas muestras extraídas.

Tabla 5.13. Parámetros mecánicos del suelo fino.

Característica	Und.	C - 01	C - 02	C - 03	C - 04	C - 05
Máxima densidad seca	g/cm ³	1.86	1.81	1.79	1.84	1.77
Óptimo contenido de humedad	%	13.10	14.30	13.90	12.50	14.05
CBR al 95 % de la MDS	%	12.10	8.50	5.80	10.50	4.40
CBR al 100 % de la MDS	%	15.10	10.40	7.20	12.90	5.30

Por lo tanto, a continuación, se presenta la Figura 5.23, en la cual se puede observar que, el espécimen C – 01 tiene una máxima densidad seca de 1.86 g/cm³, el espécimen C – 02 1.81 g/cm³, el espécimen C – 03 1.79 g/cm³, el espécimen C – 04 1.84 g/cm³ y el espécimen C – 05 1.77 g/cm³, concluyendo así que el espécimen C – 01 muestra una mejor compactación respecto a los demás resultados y el espécimen C – 05 menor compactación.

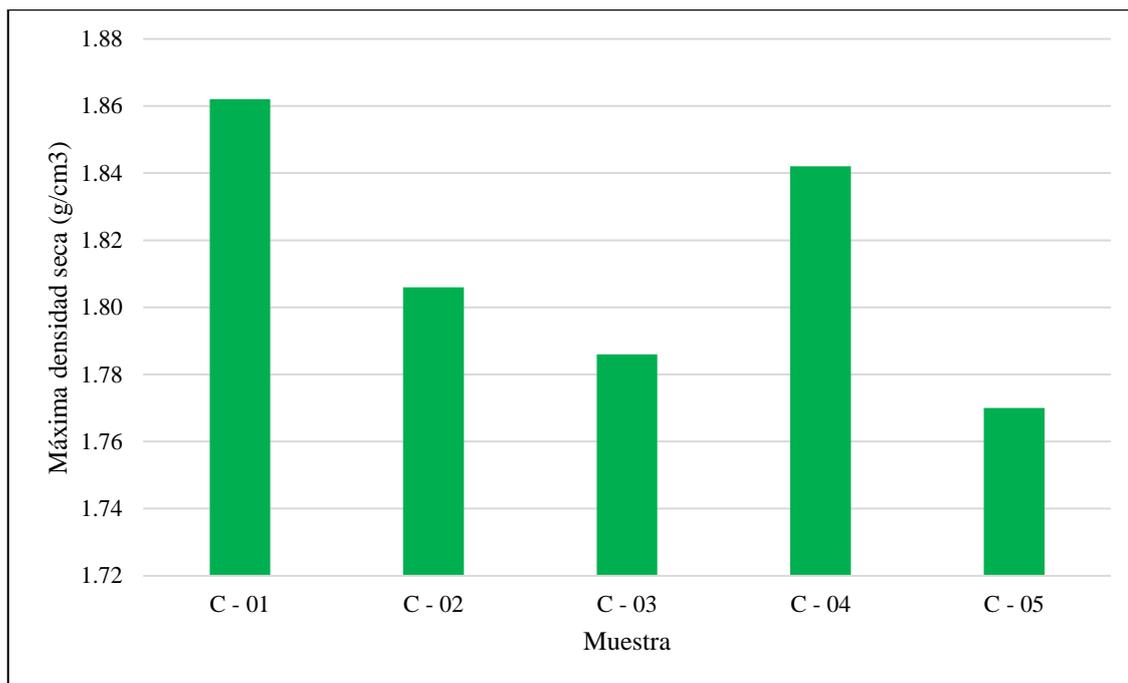


Figura 5.23. Comparativa de la máxima densidad seca de las muestras de suelos finos.

En la Figura 5.24, se exhibe la comparación de los óptimos contenidos de humedad para las diferentes muestras resultando que la muestra más significativa y con mejor resultado es la muestra C - 03 el cual cuenta con óptimo contenido de humedad de 13.90 % respectó a los demás especímenes.

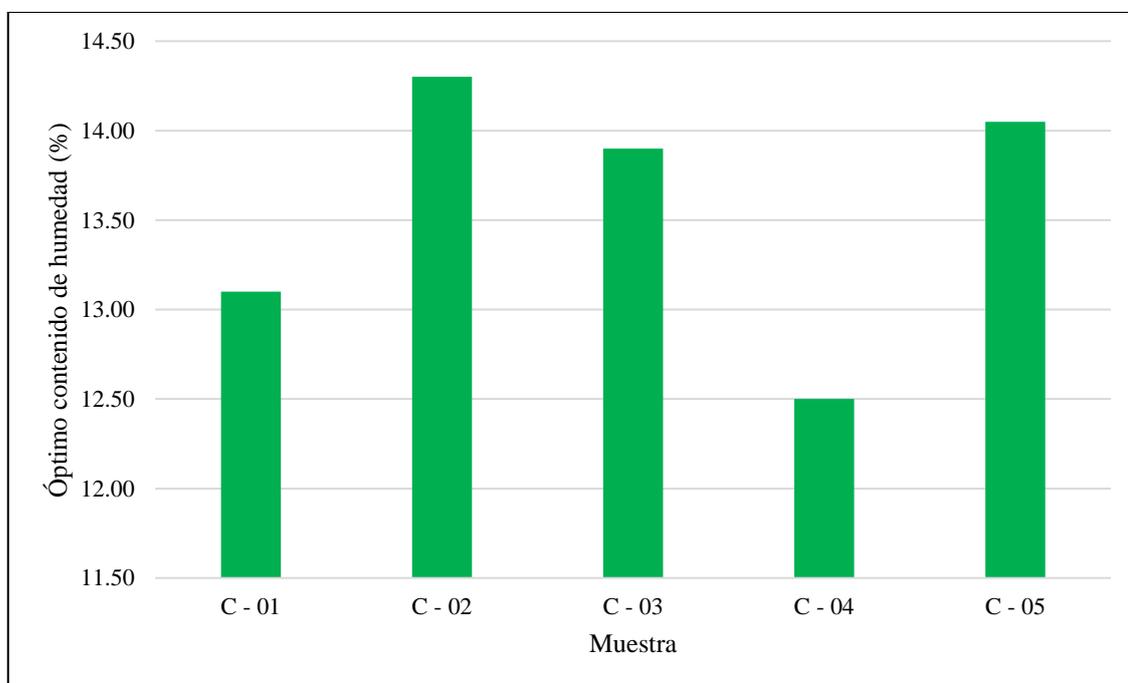


Figura 5.24. Comparativa del óptimo contenido de humedad de las muestras de suelos finos.

La Figura 5.25, denota los resultados del ensayo de CBR realizado en laboratorio, de lo cual se determina que, las muestras C – 01 Y C – 04 son las que presentan mayor porcentaje de CBR al 95 % de la MDS como 12.10 % y 10.50 % respectivamente.

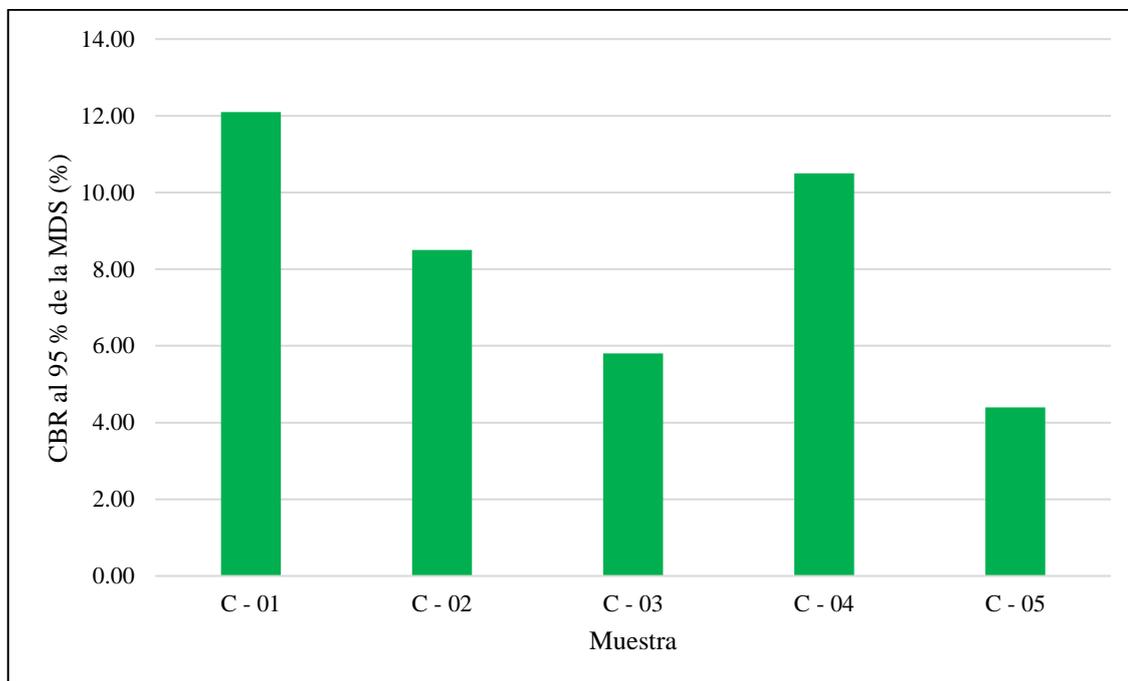


Figura 5.25. Comparativa del CBR al 95% de la MDS de las muestras.

Se puede apreciar en la Figura 5.26, la comparación de los resultados de laboratorio del ensayo de CBR de las diferentes muestras representadas en las barras para una mejor apreciación, de ello se denota que, las muestras C – 01 Y C – 04 son las que presentan mayor porcentaje de CBR al 100 % de la MDS como 15.10 % y 12.90 % respectivamente.

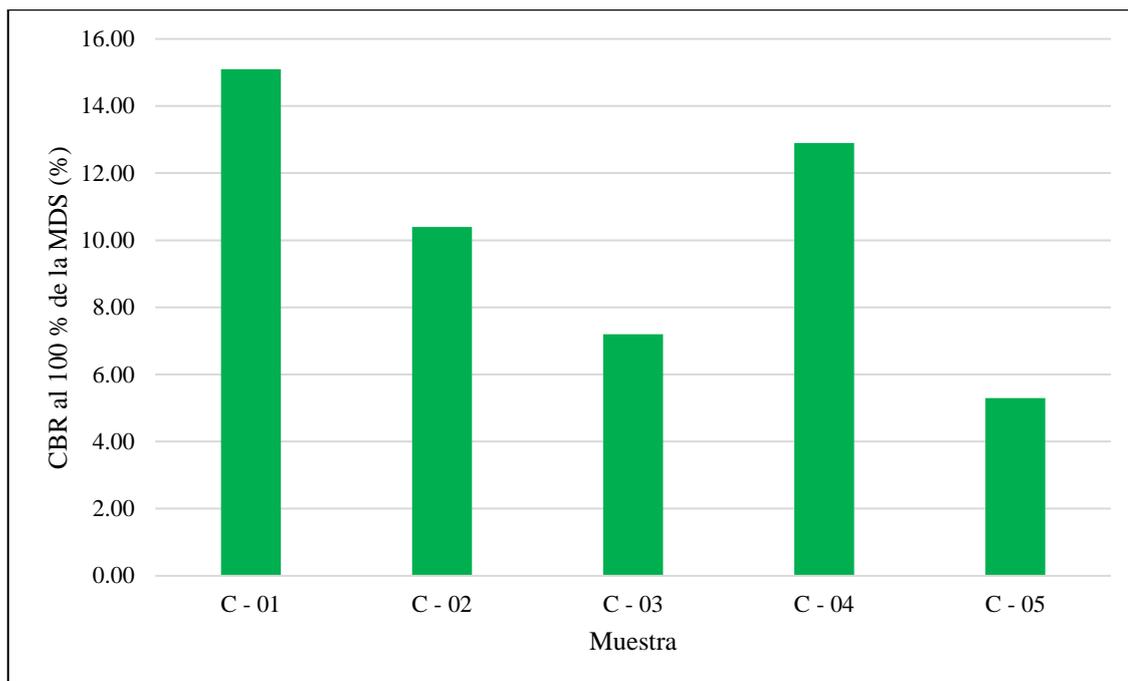


Figura 5.26. Comparativa del CBR al 100% de la MDS de las muestras.

Suelo granular

Estos atributos mecánicos resultan fundamentales para la comprensión y la anticipación del desempeño de los suelos granulares en una variedad de contextos. Estos factores impactan en la manera en que el suelo granular reacciona frente a cargas y fuerzas exteriores. En Tabla 5.14, se exponen ciertos aspectos clave dentro de los parámetros mecánicos, que abarcan:

Tabla 5.14. Parámetros mecánicos del suelo granular.

Característica	Und.	C - 01	C - 02	C - 03	C - 04	C - 05
Máxima densidad seca	g/cm ³	2.12	2.16	2.03	2.00	2.25
Óptimo contenido de humedad	%	6.60	6.80	9.80	8.60	5.50
CBR al 95 % de la MDS	%	34.00	42.00	34.90	31.10	45.60
CBR al 100 % de la MDS	%	45.20	50.10	40.30	39.40	56.00

Ahora, se presenta en la Figura 5.27 una comparación de las densidades en estado seco, con resultados que varían desde 2.0 g/cm³ hasta 2.25 g/cm³. Esta representación se emplea como punto de referencia para confirmar si la subrasante ha sido compactada de manera acorde a las directrices estipuladas por el proyecto.

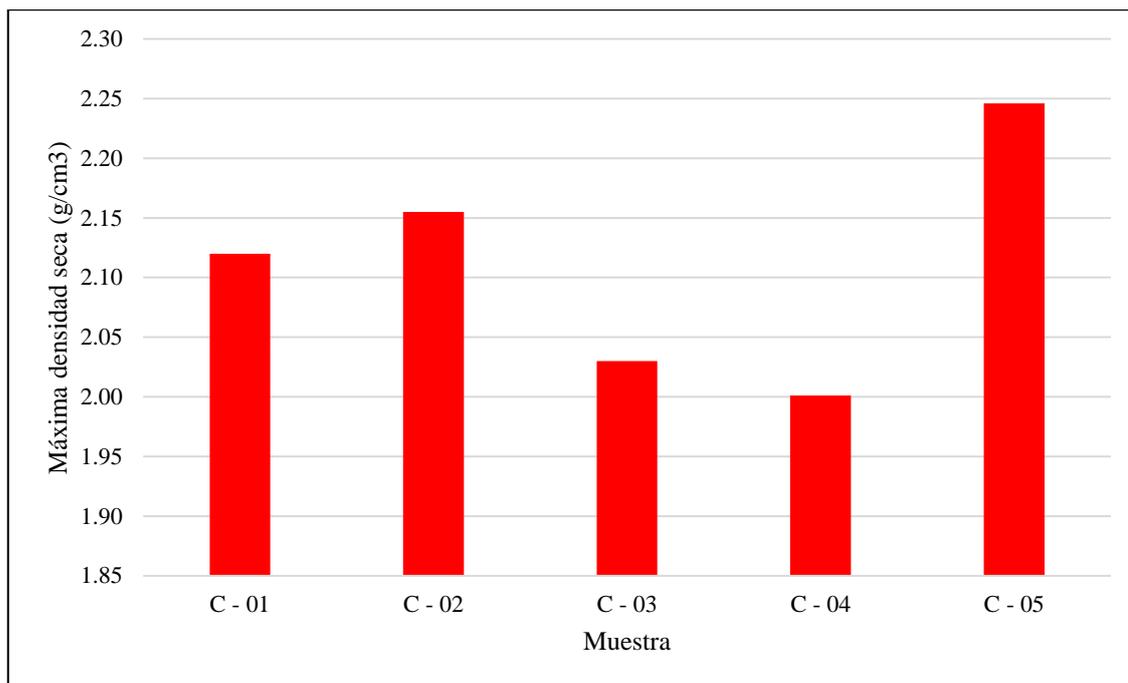


Figura 5.27. Comparativa de la máxima densidad secas de las muestras de suelos finos.

De manera similar, se presenta en la Figura 5.28 una confrontación de los niveles óptimos de humedad para las distintas muestras, arrojando un intervalo de variación entre el 5.50 % y el 9.80 %. Es esencial buscar un balance apropiado de humedad con el propósito de lograr una compactación eficaz.

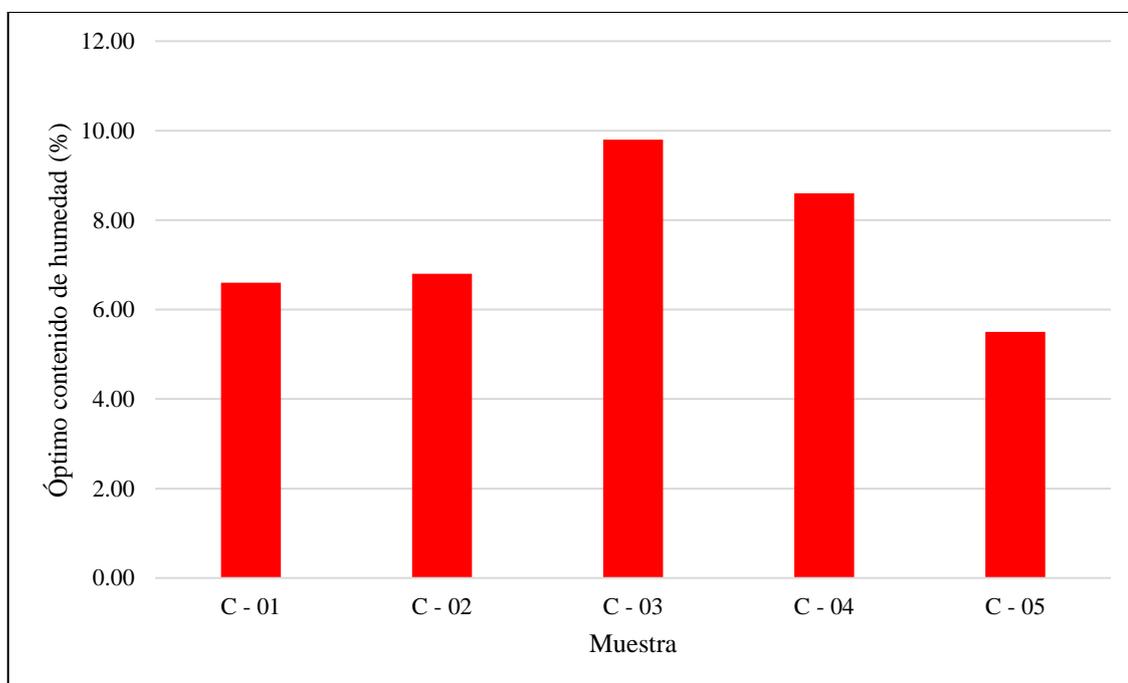


Figura 5.28. Comparativa del óptimo contenido de humedad de las muestras de suelos finos.

La Figura 5.29 presenta un análisis pormenorizado de las disparidades en los valores de CBR al 95% de la Máxima Densidad Seca (MDS), destacando la muestra, C-05, con un notable 45.60 %. Este valor constituye una medida de la capacidad portante y la resistencia del suelo, comparada con un estándar de agregado triturado.

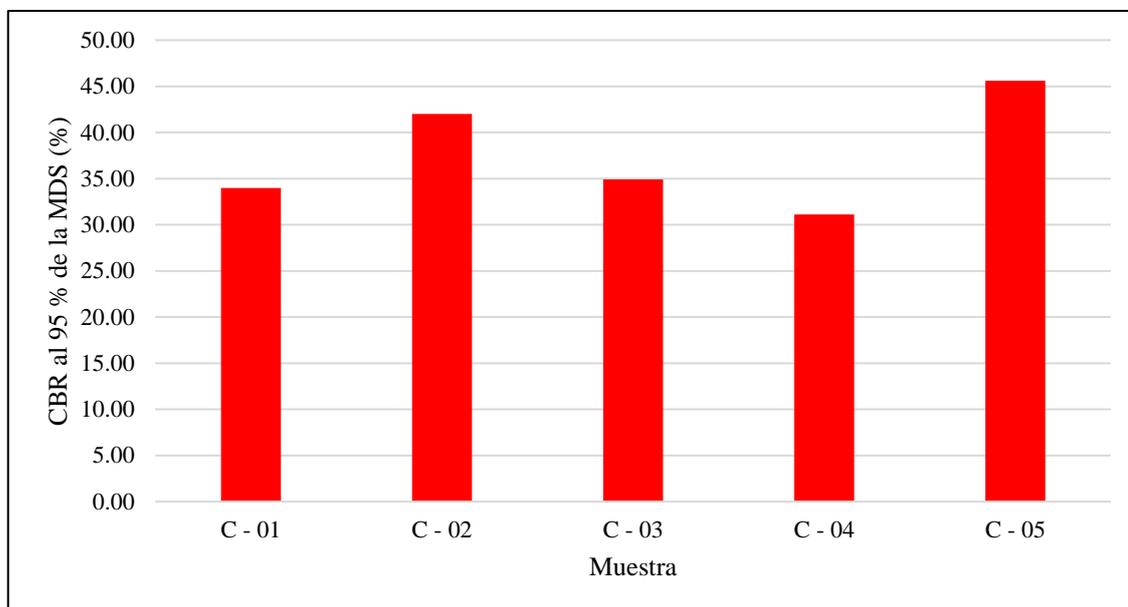


Figura 5.29. Comparativa del CBR al 95% de la MDS de las muestras de suelos finos.

De manera simultánea, se muestra en la Figura 5.30 una comparación de los valores de CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca (MDS), con la muestra C-05 alcanzando un 56%. Esto implica que el suelo ensayado presenta una capacidad de carga idéntica a la del material de referencia, bajo condiciones equivalentes.

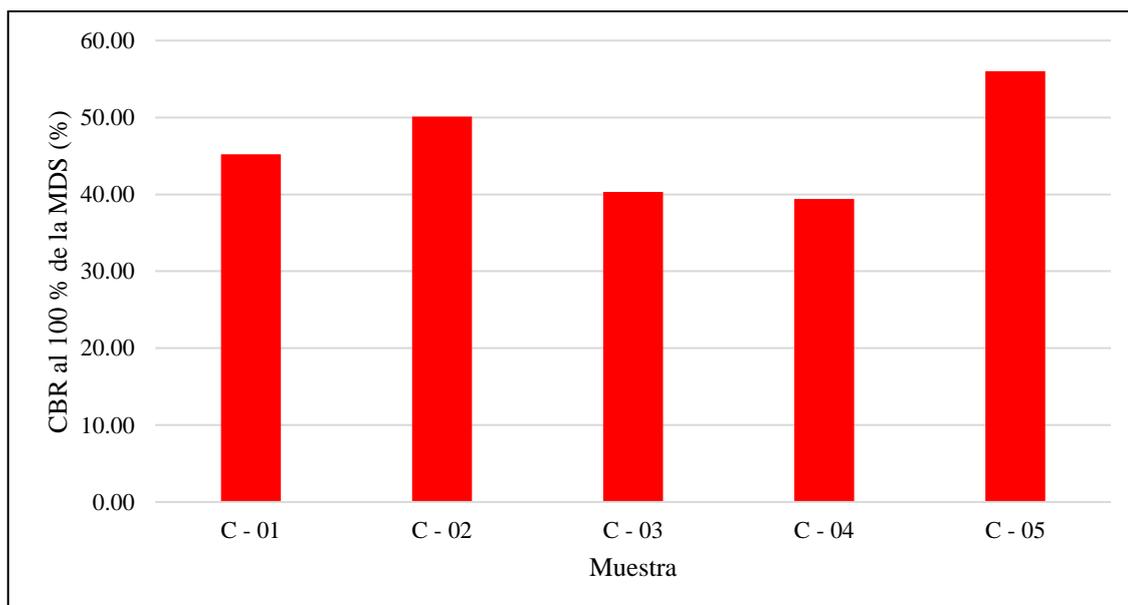


Figura 5.30. Comparativa del CBR al 100% de la MDS de las muestras de suelos finos.

5.2. Descripción de resultados

5.2.1. Capacidad de soporte mediante modelos matemáticos y efectivo de suelos finos

La Tabla 5.15, detalla los valores de cada una de las características obtenidas mediante los ensayos realizados a nivel de laboratorio de las muestras de suelo fino, asimismo, se presentan los valores de la capacidad de soporte para los suelos finos, cabe destacar que estos valores fueron determinados mediante la programación de fórmulas en una hoja de cálculo en Microsoft Excel y fueron verificados a través del uso de la calculadora en línea Symbolab.

Tabla 5.15. Características físicas, mecánicas y CBR estimado del suelo fino.

Característica	Und.	C - 01	C - 02	C - 03	C - 04	C - 05
Contenido de humedad	%	21.16	4.89	12.93	10.99	30.58
Límite líquido	%	25.13	40.63	37.51	26.46	47.53
Límite plástico	%	17.55	22.78	13.95	13.74	22.57
Índice de plasticidad	%	7.58	17.85	23.56	12.72	24.96
Índice líquido	%	18.84	3.61	12.34	9.91	29.68
Máxima densidad seca	g/cm ³	1.86	1.81	1.79	1.84	1.77
Óptimo contenido de humedad	%	13.10	14.30	13.90	12.50	14.05
CBR - Modelo matemático 1	%	37.92	11.10	17.79	35.51	8.00
CBR - Modelo matemático 2	%	9.13	5.88	6.65	8.88	4.97
CBR - Modelo matemático 3	%	7.37	2.37	4.71	4.39	9.62
CBR - Modelo matemático 4	%	21.06	5.21	10.63	10.50	22.79
CBR - Modelo matemático 5	%	111.66	21.75	37.96	100.98	16.02
CBR - Modelo matemático 6	%	10.09	5.97	6.83	9.73	5.00
CBR - Modelo matemático 7	%	417.36	13.00	32.11	310.66	8.88
CBR - Modelo matemático 8	%	11.35	5.86	6.81	10.78	4.86
CBR al 95 % de la MDS	%	12.10	8.50	5.80	10.50	4.40
CBR al 100 % de la MDS	%	15.10	10.40	7.20	12.90	5.30

Se puede apreciar en la Tabla 5.16, la comparación de los resultados del CBR efectivo respecto al CBR estimado, se contrasta que los resultados del modelo matemático 7 de la muestra C – 01 presenta un porcentaje de variación de 2663.99 % mientras tanto el modelo matemático 7 de la muestra C – 04 cuenta con una variación de 2308.20 %, estando estos valores muy alejados del modelo matemático efectivo por lo cual no sería factible ser utilizados.

Tabla 5.16. Porcentajes de variación del CBR estimado respecto al CBR efectivo del suelo fino.

Comparación	C - 01	C - 02	C - 03	C - 04	C - 05
CBR efectivo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Modelo matemático 1	151.12	6.75	147.07	175.31	50.87
Modelo matemático 2	-39.57	-43.49	-7.66	-31.16	-6.28

Modelo matemático 3	-51.22	-77.19	-34.63	-66.00	81.59
Modelo matemático 4	39.46	-49.92	47.63	-18.57	330.06
Modelo matemático 5	639.50	109.13	427.26	682.78	202.29
Modelo matemático 6	-33.17	-42.62	-5.15	-24.56	-5.75
Modelo matemático 7	2663.99	24.96	345.95	2308.20	67.57
Modelo matemático 8	-24.84	-43.62	-5.43	-16.46	-8.22

La Figura 5.31 muestra los resultados en barras para una mejor ilustración de la confrontación del CBR efectivo frente al CBR estimado, denotando en la muestra C – 01, que el valor estimado del modelo matemático 7 es muy elevado respecto a los demás modelos matemáticos. De igual manera en la muestra C 04 el modelo matemático 7 presenta un alto valor de CBR, resulta que estos dos modelos matemáticos no son aplicables.

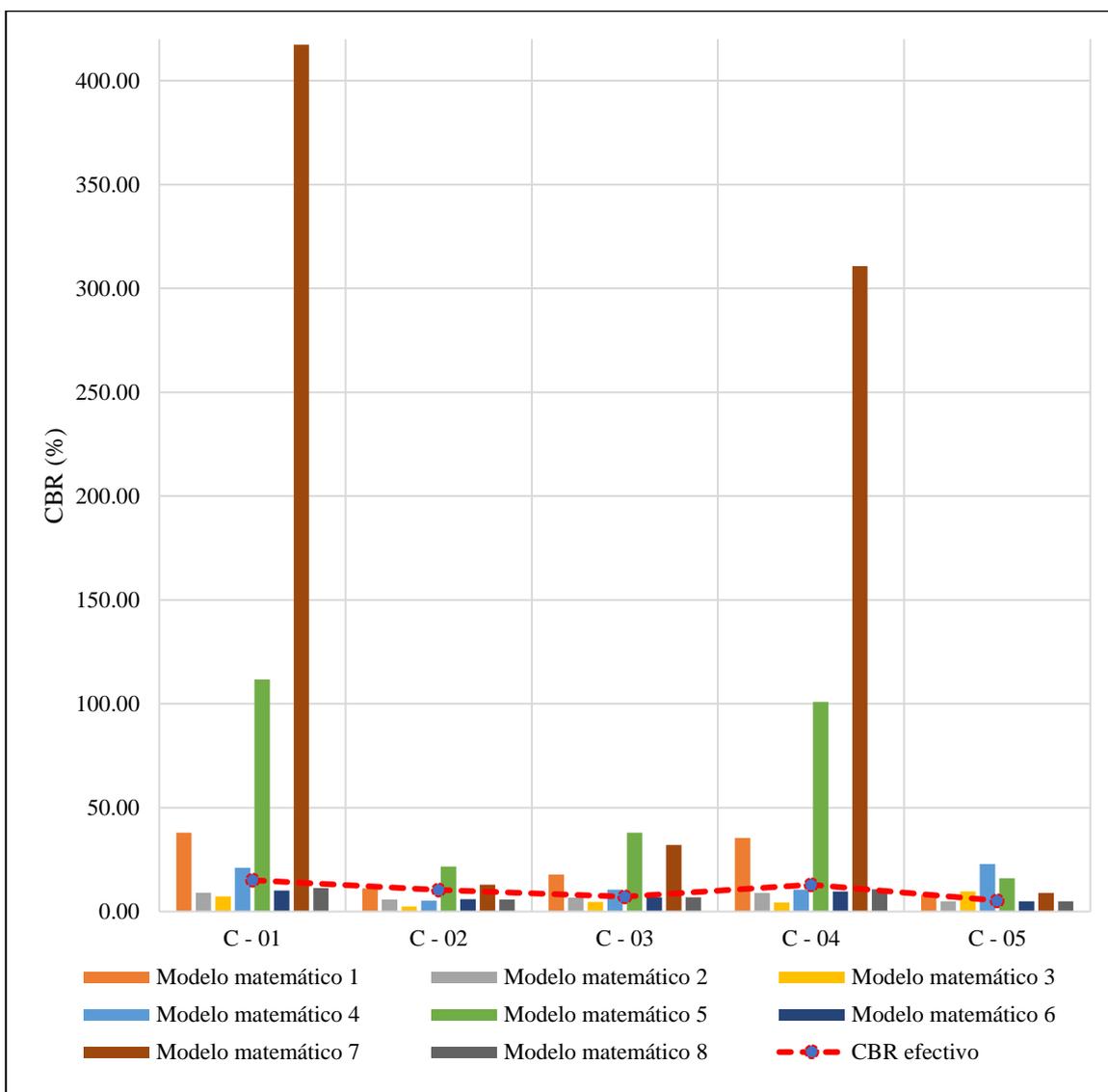


Figura 5.31. Comparación de los valores de CBR efectivo y CBR estimado del suelo fino.

5.2.2. Capacidad de soporte mediante modelos matemático y efectivo de suelos granulares

En la Tabla 5.17, se adjuntan los valores de cada una de las propiedades de las muestras de suelo granular determinada a nivel de laboratorio, incluyendo los valores del porcentaje de material retenido acumulado en la malla N° 4 y el porcentaje de material pasante de la malla N° 200, asimismo se exponen los valores del CBR al 95 y 100 % de la MDS hallado en laboratorio y los valores de la capacidad de soporte para las muestras de suelo granular determinada, es necesario destacar que estos valores fueron determinados a través de la programación de sus respectivas fórmulas en una hoja de cálculo de Microsoft Excel y posteriormente fueron verificadas con ayuda de la calculadora en línea Symbolab.

Tabla 5.17. Valores de CBR efectivo y CBR estimado del suelo granular.

Característica	Und.	C - 01	C - 02	C - 03	C - 04	C - 05
Retenido en la malla N° 4	%	66.43	78.72	78.90	79.80	66.75
Pasante de la malla N° 200	%	10.97	5.01	3.20	3.06	8.33
Contenido de humedad	%	5.83	4.88	2.90	2.05	3.30
Relación de vacíos	%	0.33	0.30	0.43	0.44	0.24
Gravedad específica		2.65	2.62	2.64	2.65	2.63
Densidad mínima del suelo	g/cm ³	1.81	1.79	1.77	1.80	1.89
Densidad máxima del suelo	g/cm ³	2.01	2.00	1.95	1.98	2.12
Máxima densidad seca	g/cm ³	2.12	2.16	2.03	2.00	2.25
Óptimo contenido de humedad	%	6.60	6.80	9.80	8.60	5.50
CBR - Modelo matemático 9	%	7.05	8.08	5.87	5.69	13.45
CBR - Modelo matemático 10	%	113.04	139.88	65.17	78.16	177.41
CBR - Modelo matemático 11	%	273.78	261.21	391.05	373.62	268.08
CBR - Modelo matemático 12	%	119.63	126.44	112.62	100.06	152.97
CBR - Modelo matemático 13	%	504.87	500.43	519.49	519.55	503.27
CBR - Modelo matemático 14	%	22.71	48.09	57.17	59.03	27.27
CBR al 95 % de la MDS	%	34.00	42.00	34.90	31.10	45.60
CBR al 100 % de la MDS	%	45.20	50.10	40.30	39.40	56.00

De manera simultánea, se muestra en la Tabla 5.18 una comparación del CBR efectivo en relación al CBR estimado presentando una variación. Se obtuvieron dos resultados críticos del modelo matemático 13 de las muestras C – 03 y C – 04 de 1189.05 y 1218.66 respectivamente, notando que estos valores son muy elevados y alejados del CBR efectivo.

Tabla 5.18. Porcentajes de variación del CBR estimado respecto al CBR efectivo del suelo granular.

Comparación	C - 01	C - 02	C - 03	C - 04	C - 05
CBR efectivo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Modelo matemático 9	-84.41	-83.88	-85.44	-85.57	-75.98
Modelo matemático 10	150.09	179.19	61.71	98.37	216.80
Modelo matemático 11	505.72	421.37	870.35	848.27	378.71
Modelo matemático 12	164.66	152.38	179.45	153.97	173.17
Modelo matemático 13	1016.98	898.86	1189.05	1218.66	798.69
Modelo matemático 14	-49.75	-4.01	41.85	49.82	-51.30

De manera análoga, la Figura 5.32 presenta una ilustración grafica de barras para denotar los valores obtenidos por los modelos matemáticos empleados, teniendo en cuenta que el modelo matemático 13 de las muestras C - 01, C - 02, C - 03, C - 04 y la C - 05 presentan valores críticos respecto a la variación del CBR, destacando las muestras C - 03 Y C - 04 con porcentajes altos como 1189.05 y 1218.66 respectivamente.

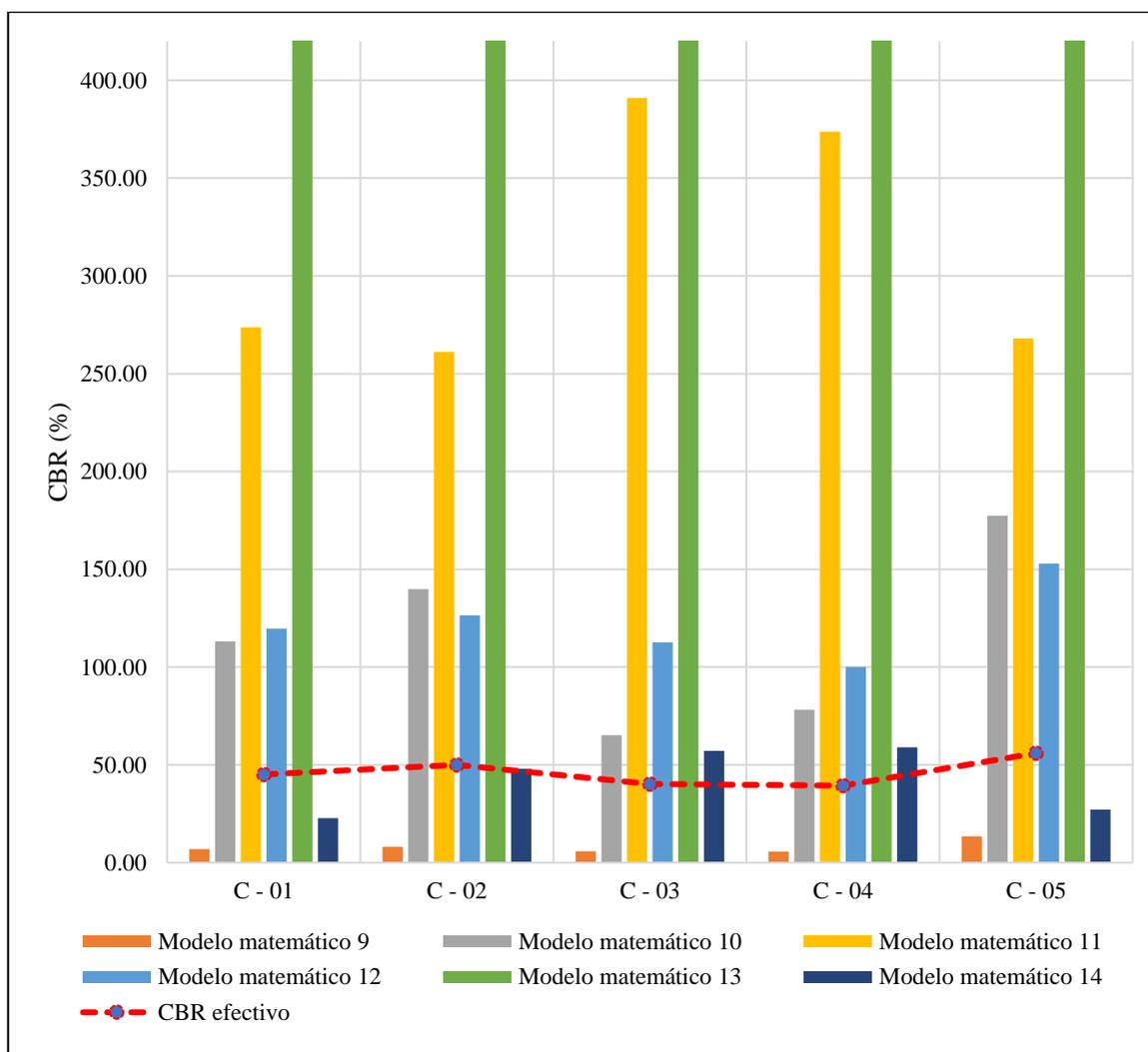


Figura 5.32. Comparación de los valores de CBR efectivo y CBR estimado del suelo fino.

5.3. Contrastación de hipótesis

5.3.1. Hipótesis específica “a”

Planteadas las hipótesis:

H_i : Los valores de capacidad de soporte estimados mediante modelos matemáticos y la capacidad de soporte efectiva de suelos finos para subrasante no difieren significativamente.

H_0 : Los valores de capacidad de soporte estimados mediante modelos matemáticos y la capacidad de soporte efectiva de suelos finos para subrasante no difieren significativamente.

Así, fue realizada la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis a fin de determinar si los cambios de los valores de CBR obtenidos entre las muestras eran o no significativos, en ese sentido, la Tabla 5.19 presenta que para todos los casos, los niveles de significancia son de 0.001, sin embargo, es necesario realizar la comparación entre grupos a fin de establecer si existen cambios significativos entre los mismos.

Tabla 5.19. Resumen de pruebas no paramétricas Kruskal – Wallis de la hipótesis específica “a”.

Muestras	N total	Estadístico de prueba	Grado de libertad	Sig. asintótica (prueba bilateral)
C - 01	27	26.000 ^a	8	0.001
C - 02	27	26.000 ^a	8	0.001
C - 03	27	26.000 ^a	8	0.001
C - 04	27	26.000 ^a	8	0.001
C - 05	27	26.000 ^a	8	0.001

La Tabla 5.20 contiene los resultados de las comparaciones por parejas de grupos para la hipótesis específica “a” de la muestra de suelo fino C – 01, aquí se aprecian que todos los valores de CBR estimados al ser comparados con el CBR efectivo presentan significancias del 100 % indicando la existencia de diferencias significativas entre estos.

Tabla 5.20. Comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “a” muestra C – 01.

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
Modelo matemático 3-CBR efectivo	-12.000	6.445	-1.862	0.063	1.000
Modelo matemático 2-CBR efectivo	-9.000	6.445	-1.396	0.163	1.000
Modelo matemático 6-CBR efectivo	-6.000	6.445	-0.931	0.352	1.000
Modelo matemático 8-CBR efectivo	-3.000	6.445	-0.465	0.642	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 4	3.000	6.445	0.465	0.642	1.000

CBR efectivo-Modelo matemático 1	6.000	6.445	0.931	0.352	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 5	9.000	6.445	1.396	0.163	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 7	12.000	6.445	1.862	0.063	1.000

A continuación, la Tabla 5.21 presenta la comparación de grupos respecto a los valores de CBR de la muestra C – 02 de suelo fino, presentando prácticamente los mismos resultados que la tabla anterior, esto debido a los valores de CBR tan dispares obtenidos por los modelos matemáticos.

Tabla 5.21. Comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “a” muestra C – 02.

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
Modelo matemático 3-CBR efectivo	-15.000	6.445	-2.327	0.020	0.718
Modelo matemático 4-CBR efectivo	-12.000	6.445	-1.862	0.063	1.000
Modelo matemático 8-CBR efectivo	-9.000	6.445	-1.396	0.163	1.000
Modelo matemático 2-CBR efectivo	-6.000	6.445	-0.931	0.352	1.000
Modelo matemático 6-CBR efectivo	-3.000	6.445	-0.465	0.642	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 1	3.000	6.445	0.465	0.642	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 7	6.000	6.445	0.931	0.352	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 5	9.000	6.445	1.396	0.163	1.000

La Tabla 5.22 sigue con la misma línea de resultados, presentado las comparaciones por parejas de grupos concerniente a la muestra de suelo fino C – 03. En este caso, se aprecian que para todos los casos el nivel de significancia es de 1.00.

Tabla 5.22. Comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “a” muestra C – 03.

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
Modelo matemático 3-CBR efectivo	-12.000	6.445	-1.862	0.063	1.000
Modelo matemático 2-CBR efectivo	-9.000	6.445	-1.396	0.163	1.000
Modelo matemático 8-CBR efectivo	-6.000	6.445	-0.931	0.352	1.000
Modelo matemático 6-CBR efectivo	-3.000	6.445	-0.465	0.642	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 4	3.000	6.445	0.465	0.642	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 1	6.000	6.445	0.931	0.352	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 7	9.000	6.445	1.396	0.163	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 5	12.000	6.445	1.862	0.063	1.000

En la Tabla 5.23 están expuestos los valores resultantes de las comparaciones por parejas de grupos de respecto al CBR efectivo y al CBR estimado mediante modelos matemáticos de la muestra C – 04 de suelo fino, en este caso, se presenta un valor del 72 % al comparar el CBR efectivo y el CBR del modelo matemático 3, sin embargo la interpretación sigue siendo la misma que con los demás grupos, pues al ser mayores al 5 % estos representan diferencias significativas.

Tabla 5.23. Comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “a” muestra C – 04.

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
Modelo matemático 3-CBR efectivo	-15.000	6.445	-2.327	0.020	0.718
Modelo matemático 2-CBR efectivo	-12.000	6.445	-1.862	0.063	1.000
Modelo matemático 6-CBR efectivo	-9.000	6.445	-1.396	0.163	1.000
Modelo matemático 4-CBR efectivo	-6.000	6.445	-0.931	0.352	1.000
Modelo matemático 8-CBR efectivo	-3.000	6.445	-0.465	0.642	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 1	3.000	6.445	0.465	0.642	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 5	6.000	6.445	0.931	0.352	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 7	9.000	6.445	1.396	0.163	1.000

En la Tabla 5.24, se tienen los resultados de las comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “a” para el suelo fino de subrasante C – 05, al igual que con la tabla anterior, se tiene una comparación con un nivel de significancia del 72 % y las demás del 100 %, es decir, son diferentes en un nivel significativo.

Tabla 5.24. Comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “a” muestra C – 05.

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
Modelo matemático 8-CBR efectivo	-9.000	6.445	-1.396	0.163	1.000
Modelo matemático 2-CBR efectivo	-6.000	6.445	-0.931	0.352	1.000
Modelo matemático 6-CBR efectivo	-3.000	6.445	-0.465	0.642	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 1	3.000	6.445	0.465	0.642	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 7	6.000	6.445	0.931	0.352	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 3	9.000	6.445	1.396	0.163	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 5	12.000	6.445	1.862	0.063	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 4	15.000	6.445	2.327	0.020	0.718

Ante estos resultados, es que se procede a rechazar la hipótesis alterna H_i y a aceptar la hipótesis nula H_0 que menciona: Los valores de capacidad de soporte estimados mediante modelos matemáticos y la capacidad de soporte efectiva de suelos finos para subrasante difieren significativamente. Dado que los valores de CBR estimados a través de los modelos matemáticos del 1 al 8 para suelos finos obtienen valores alejados al CBR efectivo obtenido a través de los ensayos de laboratorio, lo que indica que estos modelos funcionarían solo para los suelos de localidades específicas.

5.3.2. Hipótesis específica “b”

Planteadas las hipótesis:

H_1 : Los valores de capacidad de soporte estimados mediante modelos matemáticos y la capacidad de soporte efectiva de suelos granulares para subrasante presentan una diferencia significativa.

H_0 : Los valores de capacidad de soporte estimados mediante modelos matemáticos y la capacidad de soporte efectiva de suelos granulares para subrasante presentan una diferencia significativa.

La Tabla 5.25 contiene el resumen de las pruebas no paramétricas Kruskal – Wallis realizada sobre los valores de CBR de todas las muestras de suelo granular, aquí se aprecia que los valores de significancia son del 0.3 %, sin embargo, para corroborar los grupos específicos fueron realizadas las comparaciones por parejas de grupos.

Tabla 5.25. Resumen de pruebas no paramétricas Kruskal – Wallis de la hipótesis específica “b”.

Muestras	N total	Estadístico de prueba	Grado de libertad	Sig. asintótica (prueba bilateral)
C - 01	21	20,000 ^a	6	0.003
C - 02	21	20,000 ^a	6	0.003
C - 03	21	20,000 ^a	6	0.003
C - 04	21	20,000 ^a	6	0.003
C - 05	21	20,000 ^a	6	0.003

En la Tabla 5.26 están los valores respecto a las comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “b” de suelos granulares correspondientes a la muestra C – 01, aquí resalta una significancia de 0.353 correspondiente al modelo matemático 13 al ser comparado con el valor del CBR obtenido en laboratorio, sin embargo, al ser mayor a 0.05 al igual que las demás comparaciones indica una diferencia significativa entre estos valores.

Tabla 5.26. Comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “b” muestra C – 01.

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
Modelo matemático 9-CBR efectivo	-6.000	5.020	-1.195	0.232	1.000
Modelo matemático 14-CBR efectivo	-3.000	5.020	-0.598	0.550	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 10	3.000	5.020	0.598	0.550	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 12	6.000	5.020	1.195	0.232	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 11	9.000	5.020	1.793	0.073	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 13	12.000	5.020	2.390	0.017	0.353

En la misma línea, la Tabla 5.27 expresa los valores correspondientes a las comparaciones por parejas de grupos de los valores de CBR de la muestra de suelo granular C – 02. En este caso, existe gran similitud con los resultados de la muestra C – 01, tanto con el modelo matemático 13 como con los demás, indicando que en todos los valores los valores del CBR estimado son diferentes significativamente al CBR efectivo.

Tabla 5.27. Comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “b” muestra C – 02.

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
Modelo matemático 9-CBR efectivo	-6.000	5.020	-1.195	0.232	1.000
Modelo matemático 14-CBR efectivo	-3.000	5.020	-0.598	0.550	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 12	3.000	5.020	0.598	0.550	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 10	6.000	5.020	1.195	0.232	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 11	9.000	5.020	1.793	0.073	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 13	12.000	5.020	2.390	0.017	0.353

A continuación, la Tabla 5.28 adjunta los resultados de las comparaciones por parejas de grupos realizadas a la muestra de suelo granular C – 03, destacando los resultados de la comparación del CBR efectivo con el CBR estimado del modelo 13, pues presenta un nivel de significancia del 5.9 %, cercano al límite del 5 % considerado en la presente investigación, a pesar de ello, al ser mayor al límite se expone que tanto este como en los demás casos los valores de CBR son diferentes significativamente.

Tabla 5.28. Comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “b” muestra C – 03.

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
Modelo matemático 9-CBR efectivo	-3.000	5.020	-0.598	0.550	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 14	3.000	5.020	0.598	0.550	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 10	6.000	5.020	1.195	0.232	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 12	9.000	5.020	1.793	0.073	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 11	12.000	5.020	2.390	0.017	0.353
CBR efectivo-Modelo matemático 13	15.000	5.020	2.988	0.003	0.059

La Tabla 5.29, expone las comparaciones por parejas realizadas sobre la muestra de suelo granular C – 04, siendo iguales a las obtenidas al analizar estadísticamente los

resultados de la muestra C – 03, en otras palabras, son diferentes significativamente desde un punto de vistas estadístico.

Tabla 5.29. Comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “b” muestra C – 04.

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
Modelo matemático 9-CBR efectivo	-3.000	5.020	-0.598	0.550	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 14	3.000	5.020	0.598	0.550	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 10	6.000	5.020	1.195	0.232	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 12	9.000	5.020	1.793	0.073	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 11	12.000	5.020	2.390	0.017	0.353
CBR efectivo-Modelo matemático 13	15.000	5.020	2.988	0.003	0.059

En la última tabla de la presente investigación, se presentan los resultados de la comparación por parejas de grupos correspondiente a los valores de CBR de la muestra de suelo granular C – 05, obteniendo al igual que con los demás casos niveles de significancia superiores al 5 %, siendo diferentes significativamente en todos los casos.

Tabla 5.30. Comparaciones por parejas de grupos de la hipótesis específica “b” muestra C – 05.

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
Modelo matemático 9-CBR efectivo	-6.000	5.020	-1.195	0.232	1.000
Modelo matemático 14-CBR efectivo	-3.000	5.020	-0.598	0.550	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 12	3.000	5.020	0.598	0.550	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 10	6.000	5.020	1.195	0.232	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 11	9.000	5.020	1.793	0.073	1.000
CBR efectivo-Modelo matemático 13	12.000	5.020	2.390	0.017	0.353

Finalmente, ante estos resultados, se procede a rechazar la hipótesis alterna H_0 y a aceptar la hipótesis nula planteada que menciona: Los valores de capacidad de soporte estimados mediante modelos matemáticos y la capacidad de soporte efectiva de suelos granulares para subrasante presentan una diferencia significativa. Dado que fueron halladas grandes diferencias entre los valores del CBR estimado a través de los modelos matemáticos del 9 al 14 en comparación con los valores del CBR efectivo hallado a nivel de laboratorio.

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Capacidad de soporte mediante modelos matemático y efectivo de suelos finos

La capacidad de soporte de los suelos, denominado como CBR, es un factor determinante respecto a la calidad de los suelos a usarse en los trabajos de pavimentación, en tal sentido, el Manual de Carreteras en su sección de suelos y pavimentos del MTC (2014) menciona que para toda subrasante el valor del CBR ha de ser mayor al 6%, además de que hace énfasis en su importancia de determinación, en ese sentido, en la presente investigación fue planteado en un inicio la obtención de este valor a partir de estimaciones considerando propiedades físicas y mecánicas que suelen obtenerse con mayor rapidez y a menores costos.

A fin de determinar la confiabilidad de esta clase de métodos fueron obtenidas cinco muestras de suelo tanto fino como granular de diversas excavaciones realizadas sobre suelos para subrasante en la ciudad de Huancayo, posteriormente analizando cada una de sus propiedades a nivel de laboratorio para finalmente estimar el CBR, es así que los resultados obtuvieron valores que desde un inicio denotaron la gran diferencia de valores teniendo, por ejemplo, CBR estimado de 417 % y 310 % con el modelo número 7 para las muestras C – 01 y C – 04 respectivamente, sin embargo también fueron alcanzados valores más próximo al CBR efectivo, con los modelos 2, 6 y 8 oscilando entre 4.97 a 9.13 %, 5.00 a 10.09 % y 4.86 a 11.35 % respectivamente. En ese sentido, estos valores denotaron diferencias de CBR, siendo la menor diferencia de una reducción de un 5.15 % alcanzada con por el modelo matemático 6 en la muestra C – 03.

Asimismo, fue realizada la contrastación de hipótesis a partir de la aplicación de la prueba de normalidad y la prueba no paramétrica Kruskal – Wallis, obteniendo en esta última prueba para todos los casos niveles de significancia superiores al 5.00 %, lo que indicó que las diferencias encontradas para todos los casos eran significativas. En general, estos resultados indican que no es posible usar modelos matemáticos para la determinación de los valores de CBR.

Los resultados alcanzados con el desarrollo de la presente investigación difieren a lo obtenido en la investigación de Teklehaymanot y Alene (2021), pues en ningún caso los valores de la capacidad de soporte estimada para los suelos finos de subrasante se asemejan a los valores alcanzados por la capacidad de soporte efectiva realizado a nivel de laboratorio, sumado a ello, también difiere con lo expuesto por Cordova y Mori (2021), Mamani (2019) Y Eugenio y Ventura (2021), pues las diferentes características plásticas de los suelos hacen inviables la aplicación de estos modelos, a pesar de diferenciar a los suelos en finos y granulares.

6.2. Capacidad de soporte mediante modelos matemáticos y efectivo de suelos granulares

La capacidad de soporte en los suelos granulares es una propiedad importante que se debe conocer para la construcción de carreteras, ya sea para que actúe como subrasante, afirmado, base o subbase, tal como se especifica en la normativa del MTC (2013), pues de ello depende el comportamiento de la vía a través del tiempo, que a su vez asegure el libre tránsito vehicular.

De acuerdo a la aplicación de los diversos modelos matemáticos en los suelos granulares clasificados de acuerdo a la AASHTO como A-1-a (0), además de considerar sus características físicas como el % de retenido en la malla N° 4, el pasante de la malla N° 200, el contenido de humedad, la relación de vacíos, la gravedad específica, la densidad mínima y máxima del suelo, y sus propiedades mecánicas como la máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad y CBR tanto al 95 y 100 % de la máxima densidad seca, se encontró diversos valores de CBR, tal como se evidencia en la Tabla 5.1, que con el modelo matemático 9 los valores del CBR resultaron entre 75 % a 85 % menos que el CBR efectivo, con el modelo matemático 10, se encontraron valores entre 61 % y 216 % mayores, con el modelo matemático 11, los valores también fueron

mayores entre 378 % y 848 % más, con el modelo matemático 12 fueron entre 153 % y 179 % más, con el modelo matemático 13 fueron de 798 % y 1189 % más, mientras que, con el modelo matemático 14 resultó entre 4 % y 51 % menos.

A razón de lo que se describió anteriormente, los valores del CBR para el suelo granular difieren significativamente entre lo encontrado en campo con lo obtenido matemática, no obstante, de acuerdo a la revisión de los antecedentes como la investigación de Eugenio y Ventura (2021) quienes también optaron por correlacionar los valores de CBR con modelos matemáticos, específicamente para suelos clasificados como GP-GM, encontraron una correlación de 0.41, que lo clasificaron como bueno, es decir que, lo teórico se asemeja a la realidad; por consiguiente se difiere con lo concluido por los mencionados autores. Asimismo, se siguió lo obtenido por la investigación de Mamani (2019) específicamente en el modelo matemático 14, sin embargo, se obtuvieron valores de CBR inferiores significativamente, por consiguiente, también se difiere con ello, a pesar que el mencionado autor consignó que tal modelo presentaba un valor de correlación de 0.999.

En cuanto a los antecedentes internacionales se tiene el de Montes-Arvizu et al. (2020) cuyo modelo matemático también fue empleado denominándolo como 10, este autor asegura que tal expresión matemática cuenta con una valor de correlación mayor a 0.9, no obstante, al ser aplicado se encontró CBRs entre 61 % y 216 % mayores que lo obtenido en campo, por consiguiente, no se comparte los resultados.

Las variaciones encontradas con los diferentes modelos matemáticos fueron sometidas a la evaluación estadística, tal como se detalló en el numeral 5.3, por medio del estadístico Kruskal-Wallis, encontrándose valores de significancia mayores a 0.05, que representa que existe diferencia significativa, es decir que, lo calculado matemáticamente difiere de la realidad, ante ello, no se recomienda el empleo de tales modelos matemáticos

CONCLUSIONES

1. El resultado de la validación entre los valores de capacidad de soporte de los suelos finos y granulares mediante modelos matemático para subrasante no son similares, debido a que la capacidad de soporte calculada a partir de los modelos matemáticos del 1 al 8 para las cinco muestras de los suelos finos y del 9 al 14 para las cinco muestras de los suelos granulares mostraron variaciones respecto al CBR efectivo determinado a nivel de laboratorio que fueron de valores desde 5.15 % a 2663.99 % en los suelos finos y variaciones del 4.01 % a 1218.66 % en los suelos granulares
2. Evaluando como difieren los valores de capacidad de soporte estimados mediante modelos matemáticos y la capacidad de soporte efectos de suelos finos para subrasante, se encontraron diferencias significativas, pues en los valores de la capacidad de soporte se encontraron valores anormalmente altos al aplicar el modelo matemático 7, en especial con las muestras C – 01 y C – 04 teniendo CBR estimados de 417.36 y 310.66 % respectivamente, sin embargo, también resaltan los valores presentados por el modelo matemático 8 los cuales se encuentran más próximos a los valores reales de la capacidad de soporte, oscilando entre 5.86 y 11.35 %, requiriendo de menores ajustes para poder trabajar con los suelos finos de Huancayo.
3. Establecida la diferencia de los valores de capacidad de soporte estimados mediante modelos matemáticos y la capacidad de soporte efectiva de suelos granulares para subrasante, se encontraron diferencias significativas, pues el estudio sobre la capacidad de soporte en suelos granulares clasificados como A-1-a (0) revela que los modelos matemáticos utilizados para predecir los valores de CBR presentan discrepancias significativas con los valores medidos en campo. A pesar de considerar diversas propiedades físicas y mecánicas del suelo, los modelos matemáticos 9, 10, 11, 12, 13 y 14 generan resultados que varían ampliamente en comparación con los valores reales. Aunque investigaciones previas indicaron correlaciones positivas, como en los casos de Eugenio y Ventura (2021) y Mamani (2019), esta investigación encuentra divergencias con dichos resultados. La evaluación estadística respalda la conclusión de que existe una diferencia significativa entre los cálculos matemáticos y la realidad.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los investigadores incrementar el volumen de los datos de caracterización de suelos tanto finos y granulares, tanto para sus parámetros físicos como mecánicos, a fin de obtener modelos matemáticos que cuenten con más variables tanto físicas y mecánicas por ejemplo, el módulo de fineza, el límite de contracción, el ángulo de fricción, etc. Asegurándose así una mejor precisión en la determinación de los valores de la capacidad de soporte.
2. Para futuras investigaciones se recomienda separar a los suelos finos de acuerdo con sus características plásticas (índice de plasticidad), es decir, según su comportamiento descrito por los límites de Atterberg determinados por los ensayos respectivos a nivel de laboratorio.
3. Se recomienda una validación experimental sólida a través de pruebas adicionales en condiciones reales como el CBR en campo, para obtener datos representativos de la capacidad de soporte en suelos granulares. Pudiéndose aplicar la validación cruzada y la colaboración con expertos en el campo permitirían obtener una comprensión más precisa y aplicable de la capacidad de soporte de los mismos, es decir la evaluación será más detallada en cuanto a esta propiedad y al comportamiento del suelo mecánicamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-BUSULTAN, S., ASWED, G.K., ALMUHANNA, R.R.A. y RASHEED, S.E., 2020. Application of Artificial Neural Networks in Predicting Subbase CBR Values Using Soil Indices Data. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea], vol. 671, no. 1, pp. 1-10. ISSN 1757899X. DOI 10.1088/1757-899X/671/1/012106. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/671/1/012106>.
- BORJA, M., 2016. *Metodología de la investigación científica para ingenieros* [en línea]. 2016. Chiclayo: s.n. Disponible en: https://www.academia.edu/33692697/Metodología_de_Investigación_Científica_para_ingeniería_Civil.
- BRAJA, M., 2015. *Fundamentos de ingeniería geotécnica* [en línea]. 4ta edició. México D.F.: Cengage Learning. ISBN 9781111576752. Disponible en: https://www.academia.edu/37854899/Fundamentos_de_Ingenieria_Geotecnica_Braja_M_Das.
- CALLUPE, B. y GAGO, J., 2023. *Evaluación del CBR y la deflexión del terreno natural usando redes neuronales en el mejoramiento de la carretera Oyónambo tramo II, provincia Daniel Alcides Carrión – Pasco* [en línea]. S.l.: Universidad San Ignacio de Loyola. Disponible en: https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/74491/browse?type=subject&sort_by=1&order=DESC&rpp=85&etal=-1&value=Diseño+estructural&starts_with=W.
- CARRASCO, S., 2013. *Metodología de la investigación científica* [en línea]. Segunda Ed. Lima: San Marcos. ISBN 9972-34-242-5. Disponible en: https://www.academia.edu/26909781/Metodologia_de_La_Investigacion_Cientifica_Carrasco_Diaz_1_.
- CCANTO, G., 2010. *Metodología de la investigación científica en ingeniería civil* [en línea]. Primera Ed. Huancayo: Gerccantom. ISBN 0260-89-330-0. Disponible en: gerccantom@yahoo.es.
- CORDOVA, K. y MORI, A., 2021. *Modelo matemático para la predicción de la capacidad de soporte (CBR) en suelos expansivos estabilizados con cenizas de cáscaras de arroz y cal a partir de sus propiedades índice y de compactación* [en

- línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/657405>.
- CORONADO, J., 2002. *Manual Centroamericano para diseño de pavimentos* [en línea]. 2002. Guatemala: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. Disponible en: <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/handle/123456789/4114>.
- DÁVILA, M., 2019. *Predicción de propiedades mecánicas de suelos utilizando redes neuronales artificiales* [en línea]. S.l.: Universidad Continental. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/7191>.
- EUGENIO, K. y VENTURA, G., 2021. *Determinación de la relación de soporte de California (CBR) a partir de las propiedades de los suelos para pavimentos de bajo volumen* [en línea]. S.l.: Universidad Ricardo Palma. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4689>.
- HERNÁNDEZ, A., RAMOS, M., PLACENCIA, B., INDACOCHEA, B., QUIMES, A. y MORENO, L., 2018. *Metodología de la investigación científica* [en línea]. Primera Ed. Alicante: 3 Ciencias. ISBN 9788494825705. Disponible en: <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-del-chaco-austral/derecho-constitucional/3-c1-hernandez-escobar-y-otros-2018-metodologia-de-la-investigacion-cientifica-edit-area-de-innovacion-y-desarrollo/13898258>.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. *Metodología de la investigación* [en línea]. Sexta Ed. México: Mac Graw Hill. ISBN 978-1-4562-2396-0. Disponible en: [https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.Hernandez,Fernandez y Baptista-Metodología Investigacion Cientifica 6ta ed.pdf](https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.Hernandez,Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf).
- MAMANI, M., 2019. *Estimación del valor de CBR en suelos granulares a partir de ensayos de caracterización y compactación de las canteras ubicadas en la ciudad de Juliaca* [en línea]. S.l.: Universidad Peruana Unión. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4847>.
- MONJE, C., 2011. *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa* [en línea]. Primera Ed. Neiva: Universidad Surcolombiana. Disponible en: <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>.

- MONTEJO, A., 2002. *Ingeniería de pavimentos para carreteras* [en línea]. 2°. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. Disponible en: https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria_de_pavimentos_Alfonso_Montejo_Fonseca.
- MONTES-ARVIZU, M.E., CHAVEZ-ALEGRIA, O., ROJAS-GONZALEZ, E., GAXIOLA-CAMACHO, J.R. y MILLAN-ALMARAZ, J.R., 2020. CBR predictive models for granular bases using physical and structural properties. *Applied Sciences* [en línea], vol. 10, no. 4, pp. 1414. ISSN 2076-3417. DOI 10.3390/app10041414. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/4/1414>.
- MTC, 2013. *Manual de carreteras - Especificaciones técnicas generales para construcción (EG-2013)* [en línea]. Tomo I. Lima - Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Disponible en: https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.
- MTC, 2014. *Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos* [en línea]. 2014. Lima - Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Disponible en: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf.
- MTC, 2016. *Manual de ensayo de materiales* [en línea]. 2016. S.I.: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Disponible en: https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.
- MUTHU LAKSHMI, S., GEETHA, S. y SELVAKUMAR, M., 2021. Predicting soaked CBR of SC subgrade from dry density for light and heavy compaction. *Materials Today: Proceedings* [en línea], vol. 45, no. xxxx, pp. 1664-1670. ISSN 22147853. DOI 10.1016/j.matpr.2020.08.558. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.558>.
- PALELLA, S. y MARTINS, F., 2012. *Metodología de la investigación cuantitativa* [en línea]. Tercera. Caracas: FEDUPEL. ISBN 980-273-445-4. Disponible en: <https://issuu.com/originaledy/docs/metodologc3ada-de-la-investigac3b>.
- RONDON, H. y REYES, A., 2015. *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*. Primera. Lima: Editora Macro. ISBN 9789587711752.

RONDÓN, H. y REYES, F., 2015. *Pavimentos: materiales, construcción y diseño*. Primera Ed. Lima: Macro EIRL. ISBN 978-612-304-263-9.

TEKLEHAYMANOT, F.G. y ALENE, E., 2021. CBR Predictive Model Development from Soil Index and Compaction Properties in case of Fine-Grained Soils of Debre –Tabor City, Ethiopia. *International Journal of Advanced Science and Engineering* [en línea], vol. 8, no. 2, pp. 2224. ISSN 2349-5359. DOI 10.29294/IJASE.8.2.2021.2224-2234. Disponible en: http://mahendrapublications.com/download.php?manuscript_file=MP516995.pdf&id=MP516995.

ANEXOS

Anexo N° 01: Matriz de Consistencia

Matriz de consistencia						
Tesis: “Validación de los valores de capacidad de soporte de suelos finos y granulares mediante modelos matemáticos para subrasante”						
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general: ¿Cuál es el resultado de la validación entre los valores de capacidad de soporte de los suelos finos y granulares mediante modelos matemáticos para subrasante?</p> <p>Problemas específicos: a) ¿Cómo difieren los valores de capacidad de soporte estimados mediante modelos matemáticos y la capacidad de soporte efectiva de suelos finos para subrasante? b) ¿Cuál es la diferencia de los valores de capacidad de soporte estimados mediante modelos matemáticos y la capacidad de soporte efectiva de suelos granulares para subrasante?</p>	<p>Objetivo general: Determinar el resultado de la validación entre los valores de capacidad de soporte de los suelos finos y granulares mediante modelos matemáticos para subrasante.</p> <p>Objetivos específicos: a) Evaluar como difieren los valores de capacidad de soporte estimados mediante modelos matemáticos y la capacidad de soporte efectiva de suelos finos para subrasante. b) Establecer la diferencia de los valores de capacidad de soporte estimados mediante modelos matemáticos y la capacidad de soporte efectiva de suelos granulares para subrasante</p>	<p>Hipótesis general: Los valores de capacidad de soporte de los suelos finos y granulares hallados mediante modelos matemáticos para subrasante son válidos pues son similares a los valores de capacidad de soporte efectivo.</p> <p>Hipótesis específicas: a) Los valores de capacidad de soporte estimados mediante modelos matemáticos y la capacidad de soporte efectiva de suelos finos para subrasante no difieren significativamente. b) Los valores de capacidad de soporte estimados mediante modelos matemáticos y la capacidad de soporte efectiva de suelos granulares para subrasante no presentan una diferencia significativa.</p>	<p>CBR de suelos para subrasante</p>	<p>- CBR de suelo fino</p> <p>- CBR de suelo granular</p>	<p>- CBR estimado por los modelos del 1 al 8.</p> <p>- CBR efectivo de suelo fino.</p> <p>- CBR estimado por los modelos del 9 al 14.</p> <p>- CBR efectivo de suelo granular.</p>	<p>Método de investigación: Científico.</p> <p>Tipo de investigación: Tecnológico.</p> <p>Nivel de investigación: Descriptivo.</p> <p>Diseño de investigación: No experimental.</p> <p>Población: Capacidad de soporte estimada para suelos finos y granulares para subrasante de la ciudad de Huancayo.</p> <p>Muestra: 45 especímenes de suelos fino y 45 especímenes de suelos granulares.</p>

Anexo N° 02: Matriz de Operacionalización de las Variables

Variable	Dimensión	Indicador		Unidad
CBR de suelos para subrasante	CBR de suelo fino	CBR estimado (Modelos del 1 al 8)	Máxima densidad seca	g/cm ³
			Límite líquido	%
			Límite plástico	%
			Índice de plasticidad	%
			Índice líquido	%
	CBR efectivo del suelo fino			%
	CBR de suelo granular	CBR estimado (Modelo 9)	Máxima densidad seca	g/cm ³
		CBR estimado (Modelos del 10 al 13)	Contenido de humedad	%
			Máxima densidad seca	g/cm ³
			Relación de vacíos	%
			Densidad del suelo	g/cm ³
		CBR estimado (Modelo 14)	Granulometría	%
			Máxima densidad seca	g/cm ³
			Límite líquido	%
CBR efectivo del suelo granular			%	

Anexo N° 03: Matriz de Operacionalización del Instrumento

Variable	Dimensión	Indicador		Unidad	Técnica	Instrumento	
CBR de suelos para subrasante	CBR de suelo fino	CBR estimado (Modelos del 1 al 8)	Máxima densidad seca	g/cm ³	Observación directa en laboratorio	Ficha de recolección I	
			Límite líquido	%	Observación directa en laboratorio	Ficha de recolección II	
			Límite plástico	%	Observación directa en laboratorio	Ficha de recolección II	
			Índice de plasticidad	%	Observación directa en laboratorio	Ficha de recolección II	
			Índice líquido	%	Observación directa en laboratorio	Ficha de recolección II	
		CBR efectivo del suelo fino	%	Observación directa en laboratorio	Ficha de recolección III		
	CBR de suelo granular	CBR de suelo granular	CBR estimado (Modelo 9)	Máxima densidad seca	g/cm ³	Observación directa en laboratorio	Ficha de recolección I
			CBR estimado (Modelos del 10 al 13)	Contenido de humedad	%	Observación directa en laboratorio	Ficha de recolección IV
				Máxima densidad seca	g/cm ³	Observación directa en laboratorio	Ficha de recolección I
				Relación de vacíos	%	Observación directa en laboratorio	Ficha de recolección IV
				Densidad del suelo	g/cm ³	Observación directa en laboratorio	Ficha de recolección IV
			CBR estimado (Modelo 14)	Granulometría	%	Observación directa en laboratorio	Ficha de recolección IV
				Máxima densidad seca	g/cm ³	Observación directa en laboratorio	Ficha de recolección I
				Límite líquido	%	Observación directa en laboratorio	Ficha de recolección II
			CBR efectivo del suelo granular	%	Observación directa en laboratorio	Ficha de recolección III	

Anexo N° 04: Instrumento de Investigación

 UPLA <small>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE LOS RÍOS</small>		GRANULOMETRÍA			
Título de la Investigación:		Validación de los valores de capacidad de soporte de suelos finos y granulares mediante modelos matemáticos para subrasante			
Investigadora:		Bach. Judith Rocío Soares Ayma.			
GRANULOMETRÍA (NTP 539.12009)		N° GUÍA			
REALIZADO POR:		FECHA DE REC:			
N° TARA (gr) --		FECHA DEL ENS			
PESO TARA (gr) --		MATERIAL			
T+ M. HÚM (gr) --					
T+ M. L. HÚM (gr) --					
MALLA		N° MUESTRA			
RETENIDO (gr)		PROF. DE ENC (m)			
3"		ESTRATO (m)			
2 1/2"		CONTENIDO DE HUMEDAD PARCIAL <small>(MÉTODO N. 539.12109)</small>			
2"					
1 1/2"		REALIZADO POR:			
		HORA DE INGRESO AL HORNO:			
1"		N° TARA (gr) --			
3/4"		PESO TARA (gr) --			
1/2"		T+ M. HÚM (gr) --			
3/8"		T+ M. SECA (gr) --			
N°4					
N°10					
N°20					
N°40					
N°60					
N°100					
FONDO					
OBSERVACIONES:					

 UPLA <small>UNIVERSIDAD PERUANA LOS RIOS</small>		LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Título de la investigación:		Validación de los valores de capacidad de soporte de suelos finos y granulares mediante modelos matemáticos para subrasante					
Investigadora:		Bach. Judith Rocío Soares Ayma.					
GRANULOMETRÍA (NTP 330.120.00)		N° GRÉA					
REALIZADO POR:		FECHA DE REC.					
N° TARA (gr) -		FECHA DEL ENS.					
PESO TARA (gr) -		MATERIAL					
T + M. HUM (gr) -							
T + M. SECA (gr) -							
T + M. Lab. Seca (gr) -		N° CALCATA					
MALLA		PESO RETENIDO (gr)		N° MUESTRA			
3"				PROF. DE ENC (cm)			
2 1/2"				EXTRATO (cc)			
2"							
		CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL <small>(ASTM D2234 - 09, NTP 330.127.00)</small>			LÍMITE PLÁSTICO <small>(ASTM D4318 - 17G, NTP 330.129.00)</small>		
1 1/2"		REALIZADO POR:			REALIZADO POR:		
		HORA DE INGRESO AL HORNO:			HORA DE INGRESO AL HORNO:		
1"		N° TARA (gr) -		N° ENSAYO		1	2
				N° TARA (gr) -			
3/4"		PESO TARA (gr) -		PESO TARA (gr) -			
1/2"		T + M. HUM (gr) -		T + M. HUM (gr) -			
3/8"		T + M. SECA (gr) -		T + M. SECA (gr) -			
N°4		LÍMITE LÍQUIDO <small>(ASTM D4318 - 17G, NTP 330.129.00)</small>					
N°10		REALIZADO POR:			REALIZADO POR:		
		HORA DE INGRESO AL HORNO:			HORA DE INGRESO AL HORNO:		
N°20		N° ENSAYO		N° GOLPE		N° TARA	PESO TARA (gr)
N°40		1					
N°60		2					
N°100		3					
FONDO		4					
OBSERVACIONES:							

		PRÓCTOR MODIFICADO					
Título de la Investigación		Validación de los valores de capacidad de soporte de suelos finos y granulares mediante modelos matemáticos para subrasante					
Investigadora		Bach. Judith Rocio Soares Ayme.					
Material				Método			
Calicata				Profundidad			
Fecha de inicio				Fecha final			
PROCTOR MODIFICADO (ASTM D698 - 12a2 - NTP 339.142.99)							
Muestra							
Peso de molde (g) –					Contenido de humedad inicial		
Volumen del molde (cm³) –							
% de agua		%	%	%	%	Nº tara	
Nº tara						Peso de tara (g)	
Peso de tara (g)						T + M.H. (g)	
T + M. H. (g)						% humedad inicial	
T + M. S. (g)						Hora de ingreso al horno	
PM + M. H. (g)						Resultados	
Realizado por:				F.E: _____		F.E: _____	
Hora de ingreso al horno:				M.D: _____		O.C.H: _____	

 UPLA <small>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE LOS ANDES</small>		CBR del suelo	
Título de la Investigación	Validación de los valores de capacidad de soporte de suelos finos y granulares mediante modelos matemáticos para subrasante		
Investigadora	Bach. Judith Rocio Soares Ayme.		
Material		Método	
Calicata		Profundidad	
Fecha de inicio		Fecha final	
C B R (ASTM D1883 - 16 NTF 339.145.99)			
Realizado por:			F.E.:
Golpes	50 golpes	25 golpes	12 golpes
Peso del agua (g)			
Peso del molde (g)			
Volumen de molde (mm³)			
Vol. del espécimen (mm³)			
PM+ M. compactada (g)			
Contenido de humedad inicial		Hora de ingreso al horno:	F.E.:
N° tara			
Peso de tara (g) -			
T + M. H. (g) -			
T + M. S. (g) -			
Exposición		Resultado:	F.E.:
0 horas	0	0	0
24 horas			
48 horas			
72 horas			
96 horas			
PM + MUESTRA COMPACTADA SATURADA (gr)			
Penetración		Resultado:	F.E.:
0 seg			
30 seg			
1 min			
1 min 30 seg			
2 min			
3 min			
4 min			
5 min			
6 min			
8 min			
10 min			
Contenido de humedad inicial		Hora de ingreso al horno:	F.E.:
N° tara			
Peso de tara (g) -			
T + M. H. (g) -			
T + M. S. (g) -			

Anexo N° 05: Validez y Confiabilidad de los Instrumentos

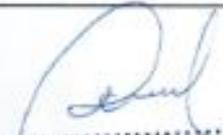
Formato de validación de criterios de expertos					
I. Datos generales					
Fecha:	04/01/2023				
Validador:	GIRALDEZ SOLANO, WILDER F.				
Cargo e institución donde labora:					
Instrumento a validar:	Ficha de observación para la obtención del Proctor modificado				
Objetivo del instrumento:	Determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad				
Autor del instrumento:	Bach. Judith Rocío Soares Ayme				
II. Criterios de validación del instrumento					
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:					
0	Deficiente (D)	Si menos del 30 % de los ítems cumplen con el indicador.			
1	Regular (R)	Si entre el 31 % y 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
2	Buena (B)	Si más del 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL					
III. Coeficiente de validez					
(D+R+B)/20 =		1.00			


 Wilder Fernando Giraldez Solano
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 82196

Formato de validación de criterios de expertos					
I. Datos generales					
Fecha:	04/01/2023				
Validador:	GIRALDEZ SOLANO, WILDER F.				
Cargo e institución donde labora:					
Instrumento a validar:	Ficha de observación para la obtención del CBR				
Objetivo del instrumento:	Determinar el CBR al 95 % y 100 % de la MDS				
Autor del instrumento:	Bach. Judith Rocío Soares Ayme				
II. Criterios de validación del instrumento					
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:					
0	Deficiente (D)	Si menos del 30 % de los ítems cumplen con el indicador.			
1	Regular (R)	Si entre el 31 % y 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
2	Buena (B)	Si más del 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL					
III. Coeficiente de validez					
(D+R+B)/20 =		0.95			


 Wilder Fernando Giraldez Solano
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 82198

Formato de validación de criterios de expertos					
I. Datos generales					
Fecha:	04/04/2023				
Validador:	WILDER F GIBALDEZ SOLANO				
Cargo e institución donde labora:					
Instrumento a validar:	Ficha de observación para la obtención de la granulometría, relación de vacíos y densidad				
Objetivo del instrumento:	Determinar el CBR al 95 % y 100 % de la MDS				
Autor del instrumento:	Bach. Judith Rocío Soares Ayme				
II. Criterios de validación del instrumento					
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una X según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:					
0	Deficiente (D)	Si menos del 30 % de los ítems cumplen con el indicador.			
1	Regular (R)	Si entre el 31 % y 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
2	Buena (B)	Si más del 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.		X		
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL					
III. Coeficiente de validez					
(D+R+B)/20 =		0.95			


 Wilder Fernando G. Gálvez Solano
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 82198

Formato de validación de criterios de expertos					
I. Datos generales					
Fecha:	04/01/2023				
Validador:	GIRALOEZ SOLANO, WILDER F.				
Cargo e institución donde labora:					
Instrumento a validar:	Ficha de observación para la obtención de los límites de consistencia				
Objetivo del instrumento:	Determinar el límite líquido y límite plástico				
Autor del instrumento:	Bach. Judith Rocío Soares Ayme				
II. Criterios de validación del instrumento					
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:					
0	Deficiente (D)	Si menos del 30 % de los ítems cumplen con el indicador.			
1	Regular (R)	Si entre el 31 % y 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
2	Buena (B)	Si más del 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.		X		
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL					
III. Coeficiente de validez					
(D+R+B)/20 =		0.95			


 Wilder Fernando Giraloez Solano
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 82196

Formato de validación de criterios de expertos					
I. Datos generales					
Fecha:	04/01/23				
Validador:	Jose Luis L. Perez Alderete				
Cargo e institución donde labora:	Hg. Diseño y Construcción de Obras Viales				
Instrumento a validar:	Ficha de observación para la obtención del CBR				
Objetivo del instrumento:	Determinar el CBR al 95 % y 100 % de la MDS				
Autor del instrumento:	Bach. Judith Rocio Soares Ayme				
II. Criterios de validación del instrumento					
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:					
0	Deficiente (D)	Si menos del 30 % de los ítems cumplen con el indicador.			
1	Regular (R)	Si entre el 31 % y 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
2	Buena (B)	Si más del 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.		X		
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL					
III. Coeficiente de validez					
(D+R+B)/20 =		0.95			



 Mg. Ing. José Luis L. Pérez Alderete

 INGENIERO CIVIL

 CIP. N° 84465

Formato de validación de criterios de expertos					
I. Datos generales					
Fecha:	04/10/13				
Validador:	Jose Luis L. Pérez Alderete				
Cargo e institución donde labora:	Hg. Diseño y Construcción de Obras Viales				
Instrumento a validar:	Ficha de observación para la obtención de los límites de consistencia				
Objetivo del instrumento:	Determinar el límite líquido y límite plástico				
Autor del instrumento:	Bach. Judith Rocío Soares Ayme				
II. Criterios de validación del instrumento					
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:					
0	Deficiente (D)	Si menos del 30 % de los ítems cumplen con el indicador.			
1	Regular (R)	Si entre el 31 % y 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
2	Buena (B)	Si más del 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL					
III. Coeficiente de validez					
(D+R+B)/20 =		0.95			


 Mg. Ing. José Luis L. Pérez Alderete
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 84465

Formato de validación de criterios de expertos					
I. Datos generales					
Fecha:	04/07/23				
Validador:	Jose Luis J. Perez Alderete				
Cargo e institución donde labora:	Pg. Diseño y Construcción de Obras Viales				
Instrumento a validar:	Ficha de observación para la obtención del Proctor modificado				
Objetivo del instrumento:	Determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad				
Autor del instrumento:	Bach. Judith Rocio Soares Ayme				
II. Criterios de validación del instrumento					
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:					
0	Deficiente (D)	Si menos del 30 % de los ítems cumplen con el indicador.			
1	Regular (R)	Si entre el 31 % y 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
2	Buena (B)	Si más del 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.		X		
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL					
III. Coeficiente de validez					
(D+R+B)/20 =		0.90			


 Mg. Ing. José Luis J. Pérez Alderete
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 8455

Formato de validación de criterios de expertos					
I. Datos generales					
Fecha:	01/07/2023				
Validador:	Katherin S. Espinosa Velaz				
Cargo e institución donde labora:	Laboratorio de Ensayos de Materiales ASTERESPI - Especialista				
Instrumento a validar:	Ficha de observación para la obtención del Proctor modificado				
Objetivo del instrumento:	Determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad				
Autor del instrumento:	Bach. Judith Rocio Soares Ayme				
II. Criterios de validación del instrumento					
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:					
0	Deficiente (D)	Si menos del 30 % de los ítems cumplen con el indicador.			
1	Regular (R)	Si entre el 31 % y 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
2	Buena (B)	Si más del 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.		X		
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.		X		
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL					
III. Coeficiente de validez					
(D+R+B)/20 =		0.90			



 Katherin S. Espinosa Velaz
 INGENIERA CIVIL
 CIP N° 133623

Formato de validación de criterios de expertos					
I. Datos generales					
Fecha:	01/07/2020				
Validador:	Katherin S. Espínola Vela				
Cargo e institución donde labora:	Laboratorio de Ensayos de Materiales ASTERES PI - Especialista				
Instrumento a validar:	Ficha de observación para la obtención del CBR				
Objetivo del instrumento:	Determinar el CBR al 95 % y 100 % de la MDS				
Autor del instrumento:	Bach. Judith Rocío Soares Ayme				
II. Criterios de validación del instrumento					
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:					
0	Deficiente (D)	Si menos del 30 % de los ítems cumplen con el indicador.			
1	Regular (R)	Si entre el 31 % y 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
2	Buena (B)	Si más del 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.		X		
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.		X		
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.		X		
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL					
III. Coeficiente de validez					
(D+R+B)/20 =					0.85



Katherin S. Espínola Vela
 INGENIERA CIVIL
 CIP N° 133523

Formato de validación de criterios de expertos					
I. Datos generales					
Fecha:	01/07/2023				
Validador:	Katherine S. Espirito Veliz				
Cargo e institución donde labora:	Laboratorio de Ensayos de Materiales ASTERESP- Especialista				
Instrumento a validar:	Ficha de observación para la obtención de los límites de consistencia				
Objetivo del instrumento:	Determinar el límite líquido y límite plástico				
Autor del instrumento:	Bach. Judith Rocio Soares Ayme				
II. Criterios de validación del instrumento					
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:					
0	Deficiente (D)	Si menos del 30 % de los ítems cumplen con el indicador.			
1	Regular (R)	Si entre el 31 % y 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
2	Buena (B)	Si más del 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL					
III. Coeficiente de validez					
(D+R+B)/20 =				1.00	


 Katherine S. Espirito Veliz
 INGENIERA CIVIL
 CIP N° 133923

Formato de validación de criterios de expertos					
I. Datos generales					
Fecha:	01/07/2023				
Validador:	Katherine S. Espirito Veliz				
Cargo e institución donde labora:	Laboratorio de Ensayos de Materiales ASTERESP1-Especialista				
Instrumento a validar:	Ficha de observación para la obtención de la granulometría, relación de vacíos y densidad				
Objetivo del instrumento:	Determinar el CBR al 95 % y 100 % de la MDS				
Autor del instrumento:	Bach. Judith Rocío Soares Ayme				
II. Criterios de validación del instrumento					
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:					
0	Deficiente (D)	Si menos del 30 % de los ítems cumplen con el indicador.			
1	Regular (R)	Si entre el 31 % y 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
2	Buena (B)	Si más del 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.		X		
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.		X		
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL					
III. Coeficiente de validez					
(D+R+B)/20 =		0.85			



 Katherine S. Espirito Veliz

 INGENIERA CIVIL

 CIP N° 133023

Formato de validación de criterios de expertos					
I. Datos generales					
Fecha:	09/07/2010				
Validador:	Jose Luis J. Perez Alderete				
Cargo e institución donde labora:	Mg. Diseño y Construcción de Obras Viales				
Instrumento a validar:	Ficha de observación para la obtención de la granulometría, relación de vacíos y densidad				
Objetivo del instrumento:	Determinar el CBR al 95 % y 100 % de la MDS				
Autor del instrumento:	Bach. Judith Rocío Soares Ayme				
II. Criterios de validación del instrumento					
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:					
0	Deficiente (D)	Si menos del 30 % de los ítems cumplen con el indicador.			
1	Regular (R)	Si entre el 31 % y 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
2	Buena (B)	Si más del 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.		X		
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL					
III. Coeficiente de validez					
(D+R+B)/20 =		0.95			


 Mr. Ing. José Luis J. Pérez Alderete
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 84493

Anexo N° 06: Certificados de Ensayos de Laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
Tesis : VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE*
Ubicación : SICAYA - HUANCAYO Calicata: C - 01 FINO
Fecha de recepción : 5/07/2023 Coordenadas UTM: 470407.51 m E;
Fecha de emisión : 14/07/2023 8670974.47 m N

(01 de 02)

Normativa :

ASTM D6913 / D6913M - 17
Standard Test Methods for Particle Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis

ASTM D4318 - 17e1
Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% Reten Acumul	% Pasa
3"	75.00	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62.00	0.0	0.0	100.0
2"	50.00	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.50	5.0	0.2	99.8
1/4"	6.20	0.0	0.2	99.4
N°4	4.75	10.2	0.8	99.2
N°10	2.00	9.7	1.2	98.8
N°20	0.85	8.1	1.6	98.4
N°40	0.43	22.7	2.8	97.2
N°60	0.25	49.1	5.2	94.8
N°140	0.106	179.7	14.2	85.8
N°200	0.075	27.0	15.6	84.4
PASA		1688.9	100.0	0.0

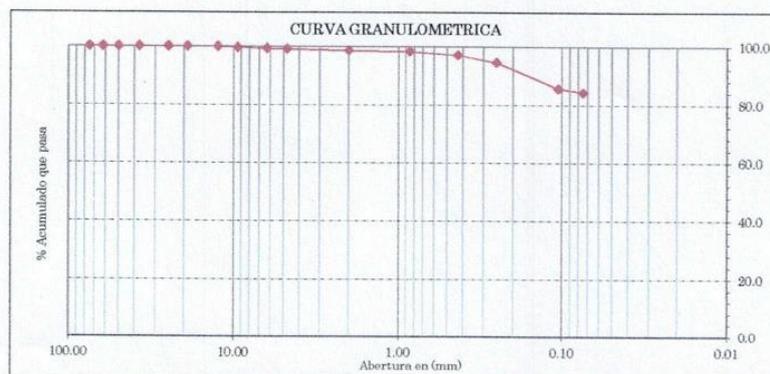
CONTENIDO DE HUMEDAD	
(A) Peso de contenedor	33.59 g
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	366.40 g
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	308.27 g
(D) Peso de agua (B-C)	58.13 g
(E) Peso de suelo seco (C-A)	274.68 g
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	21.16 %

COEFICIENTES / FINOS < 12%		
D ₁₀ =	D ₃₀ =	D ₆₀ =
C _c = (D ₃₀) ² / (D ₁₀ * D ₆₀) =		
C _u = D ₆₀ / D ₁₀ =		

CLASIFICACION DE SUELOS	
ARCILLA LIGERA CON ARENA	
SUCS: CL MATERIAL	AASHTO: A-4 (5)

% Grava	% Arena	% Finos
0.8	14.8	84.4

CALICATA	C - 01 FINO
PROFUNDIDAD DE EXTRACCIÓN	0.60 m



ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherin Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnica@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 Tesis : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
 Ubicación : SICAYA - HUANCAYO Calicata: C - 01 FINO
 Fecha de recepción : 5/07/2023 Coordenadas UTM: 470407.51 m E;
 Fecha de emisión : 14/07/2023 8670974.47 m N

(02 de 02)

Normativa :

ASTM D6913 / D6913M - 17
 Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis

ASTM D4318 - 17e1
 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

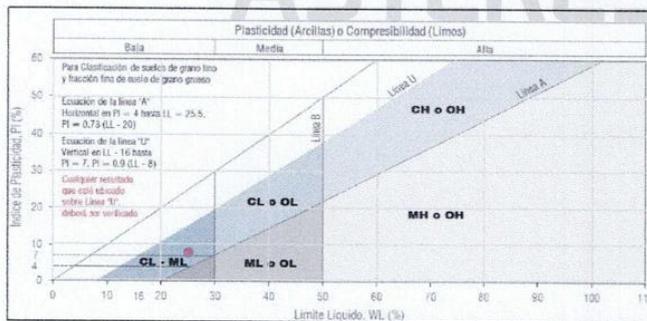
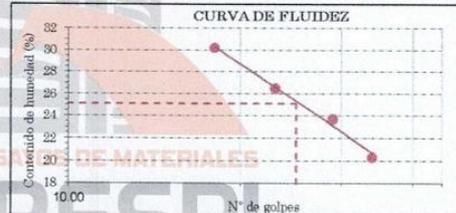
NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

LÍMITE LÍQUIDO					
		1°	2°	3°	4°
Número de golpes		34.00	29.00	23.00	18.00
(A) Peso de contenedor	(g)	24.35	23.73	24.38	23.88
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	(g)	58.79	66.86	68.97	62.66
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	(g)	52.97	58.60	59.62	53.66
(D) Peso de agua (B-C)	(g)	5.82	8.26	9.35	9
(E) Peso de suelo seco (C-A)	(g)	28.62	34.87	35.24	29.78
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	(%)	20.34	23.69	26.53	30.22

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
ARCILLA LIGERA CON ARENA	
SUCS:	CL
AASHTO:	A-4 (5)

LÍMITE LÍQUIDO (LL):	25.13
LÍMITE PLÁSTICO (LP):	17.55
ÍNDICE PLÁSTICO (IP):	7.58
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL):	18.84

LÍMITE PLÁSTICO			
		1°	2°
(A) Peso de contenedor	(g)	33.69	35.80
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	(g)	80.38	75.53
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	(g)	73.54	75.53
(D) Peso de agua (B-C)	(g)	6.84	6.04
(E) Peso de suelo seco (C-A)	(g)	39.85	33.69
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	(%)	17.16	17.93



LEYENDA

- Suelo sin cohesión
- ▨ Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
- ▩ Limos inorgánicos de baja compresibilidad
- ▧ Arcillas inorgánicas de media plasticidad
- ▦ Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos
- ▥ Arcillas inorgánicas de alta plasticidad.
- ▤ Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea "A" Sobre A

CALICATA	C - 01 FINO
PROFUNDIDAD DE EXTRACCIÓN	0.60 m



J. g. Katherine Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



RESOLUCIÓN INDECOPI N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 Tesis : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
 Ubicación : SUB LOTE N° 06 MZ. A, PALLIAN - Huancayo · Huancayo · Calicata: C - 02 FINO
 Fecha de recepción : 5/07/2023 · Coordenadas UTM: 479716.67 m E;
 Fecha de emisión : 14/07/2023 · 8669926.44 m N

(01 de 02)

Normativa :

ASTM D6913 / D6913M · 17
 Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis

ASTM D4318 · 17e1
 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% Reten Acumul	% Pasa
3"	75.00	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62.00	0.0	0.0	100.0
2"	50.00	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	16.3	1.1	98.9
3/8"	9.50	10.4	1.8	98.2
1/4"	6.20	0.0	1.8	96.3
N°4	4.75	42.0	4.6	95.4
N°10	2.00	72.3	9.4	90.6
N°20	0.85	57.7	13.2	86.8
N°40	0.43	27.3	15.0	85.0
N°60	0.25	20.9	16.4	83.6
N°140	0.106	42.8	19.2	80.8
N°200	0.075	102.8	26.1	73.9
PASA		1113.3	100.0	0.0

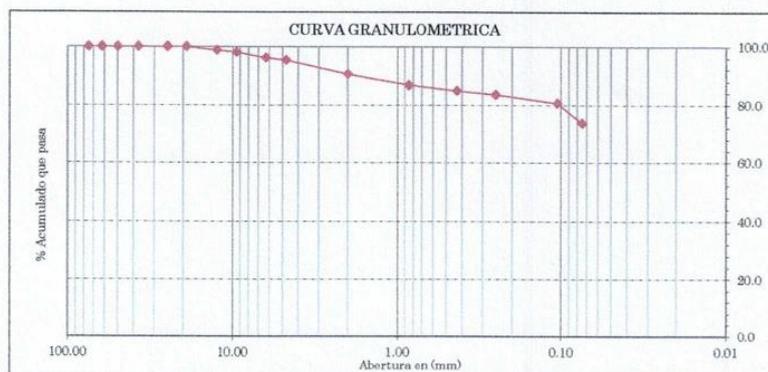
CONTENIDO DE HUMEDAD	
(A) Peso de contenedor	35.36 g
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	571.96 g
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	546.95 g
(D) Peso de agua (B-C)	25.01 g
(E) Peso de suelo seco (C-A)	511.59 g
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	4.89 %

COEFICIENTES / FINOS < 12%		
$D_{10} =$	$D_{30} =$	$D_{60} =$
$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60}) =$		
$C_u = D_{60} / D_{10} =$		

CLASIFICACION DE SUELOS	
ARCILLA LIGERA CON ARENA	
SÚCS: 5 CL MATERIAL	AASHTO: A-7-6 (13)

% Grava	% Arena	% Finos
4.6	21.5	73.9

CALICATA	C - 02 FINO
PROFUNDIDAD DE EXTRACCIÓN	0.60 m



ASTERESPI S.A.C.
 I. g. Katherin Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S.
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnica@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 Tesis : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
 Ubicación : SUB LOTE N° 06 MZ. A, PALIAN · Huancayo · HUANCAYO · Calicata: C - 02 FINO
 Fecha de recepción : 5/07/2023 · Coordenadas UTM: 479716.67 m E;
 Fecha de emisión : 14/07/2023 · 8669926.44 m N

(02 de 02)

Normativa :

ASTM D6913 / D6913M · 17
 Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis
 ASTM D4318 · 17e1
 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

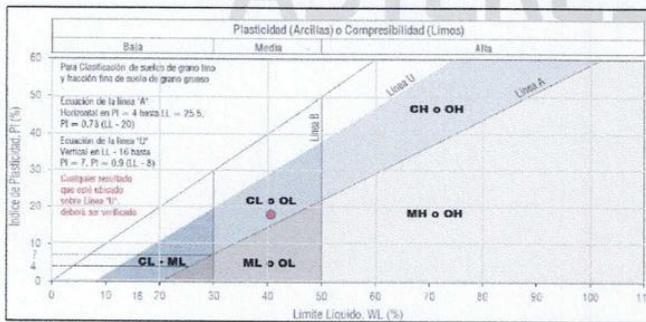
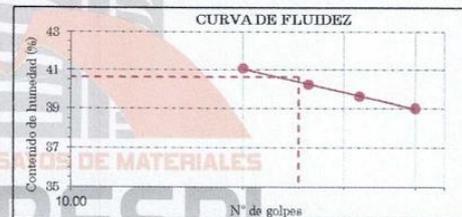
NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999
 NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

LÍMITE LÍQUIDO					
		1°	2°	3°	4°
Número de golpes		40.00	32.00	26.00	20.00
(A) Peso de contenedor	(g)	14.76	14.76	14.64	14.83
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	(g)	36.75	35.55	33.01	35.13
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	(g)	30.58	29.65	27.74	29.22
(D) Peso de agua (B-C)	(g)	6.17	5.9	5.27	5.91
(E) Peso de suelo seco (C-A)	(g)	15.82	14.89	13.1	14.39
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	(%)	39.00	39.62	40.23	41.07

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
ARCILLA LIGERA CON ARENA	
SUCS:	CL
AASHTO:	A-7-6 (13)

LÍMITE LÍQUIDO (LL):	40.63
LÍMITE PLÁSTICO (LP):	22.78
ÍNDICE PLÁSTICO (IP):	17.85
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL):	3.61

LÍMITE PLÁSTICO			
	1°	2°	
(A) Peso de contenedor	(g)	34.27	35.94
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	(g)	43.93	45.79
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	(g)	42.15	45.79
(D) Peso de agua (B-C)	(g)	1.78	1.84
(E) Peso de suelo seco (C-A)	(g)	7.88	8.01
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	(%)	22.59	22.97



LEYENDA

- Suelo sin cohesión
- Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
- Limos inorgánicos de baja compresibilidad
- Arcillas inorgánicas de media plasticidad
- Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos
- Arcillas inorgánicas de alta plasticidad.
- Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea "A" Sobre A

CALICATA	C - 02 FINO
PROFUNDIDAD DE EXTRACCIÓN	0.60 m



J. g. Katherin/Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnica@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
Tesis : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
Ubicación : PSJ. ROSA VILCAHUAMAN, SECTOR INDEPENDENCIA - CHILCA - HUANCAYO Calicata: C - 03 FINO
Fecha de recepción : 5/07/2023 Coordenadas UTM: 478658.32 m E;
Fecha de emisión : 14/07/2023 8664343.65 m N

(01 de 02)

Normativa:

ASTM D6913 / D6913M - 17
Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis

ASTM D4318 - 17e1
Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	Peso Retenid	%Reten Acumul	% Pasa
3"	75.00	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62.00	0.0	0.0	100.0
2"	50.00	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	31.1	3.5	96.5
1/2"	12.50	12.3	4.8	95.2
3/8"	9.50	26.8	7.8	92.2
1/4"	6.30	0.0	7.8	88.7
N°4	4.75	46.4	13.0	87.0
N°10	2.00	52.8	18.9	81.1
N°20	0.85	35.0	22.8	77.2
N°40	0.43	24.6	25.6	74.4
N°60	0.25	21.7	28.0	72.0
N°140	0.106	42.8	32.8	67.2
N°200	0.075	47.0	38.0	62.0
PASA		555.3	100.0	0.0

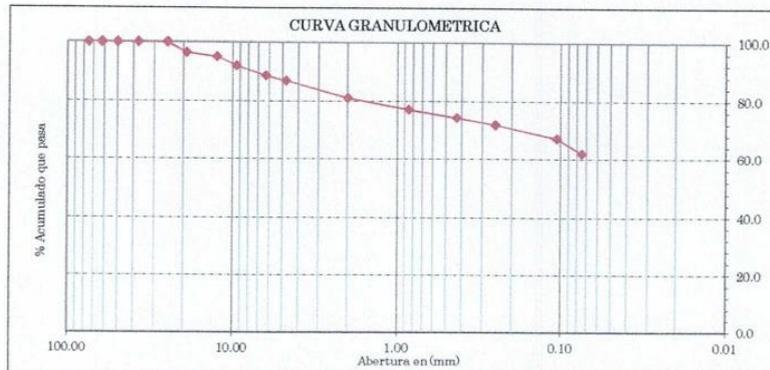
CONTENIDO DE HUMEDAD	
(A) Peso de contenedor	32.12 g
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	394.82 g
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	353.28 g
(D) Peso de agua (B-C)	41.54 g
(E) Peso de suelo seco (C-A)	321.16 g
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	12.93 %

COEFICIENTES / FINOS < 12%		
D ₁₀ =	D ₃₀ =	D ₆₀ =
C _c = (D ₃₀) ² / (D ₁₀ * D ₆₀) =		
C _u = D ₆₀ / D ₁₀ =		

CLASIFICACION DE SUELOS	
ARCILLA LIGERA ARENOSA	
SUCS: CL MATERIAL	AASHTO: A-6 (11)

% Grava	% Arena	% Finos
13.0	25.0	62.0

CALICATA	C - 03 FINO
PROFUNDIDAD DE EXTRACCIÓN	0.60 m



J. g. Katherina Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 Tesis : VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE
 Ubicación : PSJ. ROSA VILCAHUAMAN, SECTOR INDEPENDENCIA - CHILCA - HUANCAYO Calicata: C - 03 FINO
 Fecha de recepción : 5/07/2023 Coordenadas UTM: 478658.32 m E;
 Fecha de emisión : 14/07/2023 8664343.65 m N

(02 de 02)

Normativa :

ASTM D6913 / D6913M - 17
 Standard Test Methods for Particle Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis

ASTM D4318 - 17e1
 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

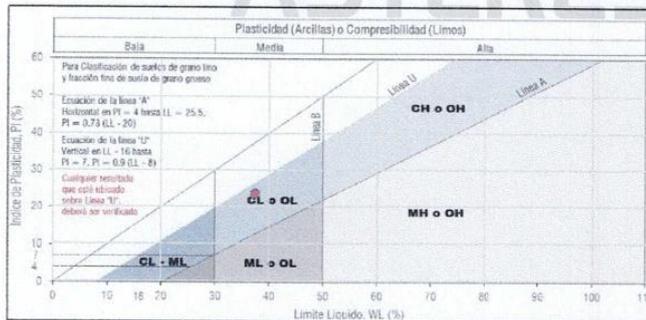
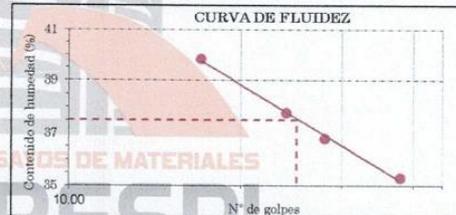
NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

LÍMITE LÍQUIDO					
		1°	2°	3°	4°
Número de golpes		38.00	28.00	24.00	17.00
(A) Peso de contenedor	(g)	25.59	26.63	26.68	27.11
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	(g)	37.51	47.45	38.79	38.45
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	(g)	34.40	41.85	35.47	35.22
(D) Peso de agua (B-C)	(g)	3.11	5.6	3.32	3.23
(E) Peso de suelo seco (C-A)	(g)	8.81	15.22	8.79	8.11
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	(%)	35.30	36.79	37.77	39.83

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
ARCILLA LIGERA ARENOSA	
SUCS:	CL
AASHTO:	A-6 (11)

LÍMITE LÍQUIDO (LL):	37.51
LÍMITE PLÁSTICO (LP):	13.95
ÍNDICE PLÁSTICO (IP):	23.56
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL):	12.34

LÍMITE PLÁSTICO			
	1°	2°	
(A) Peso de contenedor	(g)	27.10	27.90
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	(g)	38.99	37.73
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	(g)	37.53	37.73
(D) Peso de agua (B-C)	(g)	1.46	1.2
(E) Peso de suelo seco (C-A)	(g)	10.43	8.63
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	(%)	14.00	13.9



LEYENDA	
[Caja blanca]	Suelo sin cohesión
[Caja con diagonal /]	Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
[Caja con diagonal \]	Limos inorgánicos de baja compresibilidad
[Caja con diagonal -]	Arcillas inorgánicas de media plasticidad
[Caja con diagonal +]	Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos
[Caja con diagonal x]	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
[Caja con diagonal .]	Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea 'A' Sobre A

CALICATA	C - 03 FINO
PROFUNDIDAD DE EXTRACCIÓN	0.60 m



J. g. Katherin Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
Tesis : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
Ubicación : AV. TORRE TAGLE - CHILCA - HUANCAYO Calicata: C - 04 FINO
Fecha de recepción : 5/07/2023 Coordenadas UTM: 477802.54 m E;
Fecha de emisión : 14/07/2023 8663893.51 m N

(01 de 02)

Normativa :

ASTM D6913 / D6913M - 17
Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis

ASTM D4318 - 17e1
Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	Peso Retenid	%Reten Acumul	% Pasa
3"	75.00	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62.00	0.0	0.0	100.0
2"	50.00	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	35.1	1.8	98.2
3/4"	19.00	30.7	3.3	96.7
1/2"	12.50	135.0	10.1	89.9
3/8"	9.50	74.3	13.9	86.1
1/4"	6.30	0.0	13.9	80.6
N°4	4.75	162.1	22.1	77.9
N°10	2.00	163.6	30.3	69.7
N°20	0.85	118.8	36.3	63.7
N°40	0.43	87.6	40.8	59.2
N°60	0.25	47.2	43.2	56.8
N°140	0.106	48.3	45.6	54.4
N°200	0.075	82.4	49.8	50.2
PASA		994.94	100.0	0.0

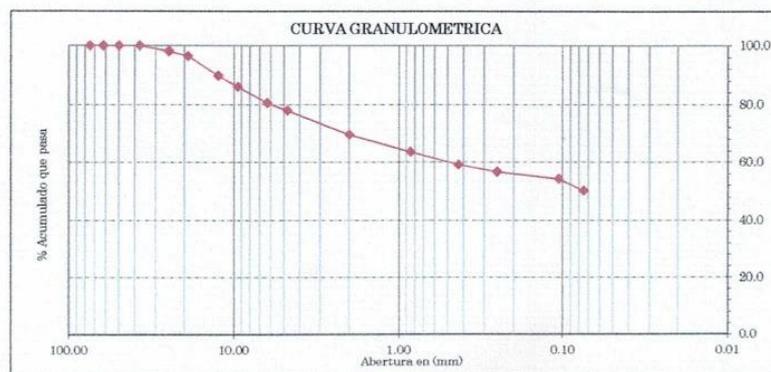
% Grava	% Arena	% Fines
22.1	27.7	50.2

CONTENIDO DE HUMEDAD	
(A) Peso de contenedor	35.21 g
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	313.30 g
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	285.77 g
(D) Peso de agua (B-C)	27.53 g
(E) Peso de suelo seco (C-A)	250.56 g
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	10.99 %

COEFICIENTES / FINOS < 12%		
$D_{10} =$	$D_{30} =$	$D_{60} =$
$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60}) =$		
$C_u = D_{60} / D_{10} =$		

CLASIFICACION DE SUELOS	
ARCILLA LIGERA ARENOSA CON GRAVA	
SUCS: CL	AASHTO: A-6 (3)

CALICATA	C - 04 FINO
PROFUNDIDAD DE EXTRACCIÓN	0.60 m



ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherin Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S.
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 Tesis : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
 Ubicación : AV. TORRE TAGLE - CHILCA - HUANCAYO Calicata: C - 04 FINO
 Fecha de recepción : 5/07/2023 Coordenadas UTM: 477802.54 m E;
 Fecha de emisión : 14/07/2023 8663893.51 m N

(02 de 02)

Normativa :

ASTM D6913 / D6913M - 17
 Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis

ASTM D4318 - 17e1
 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

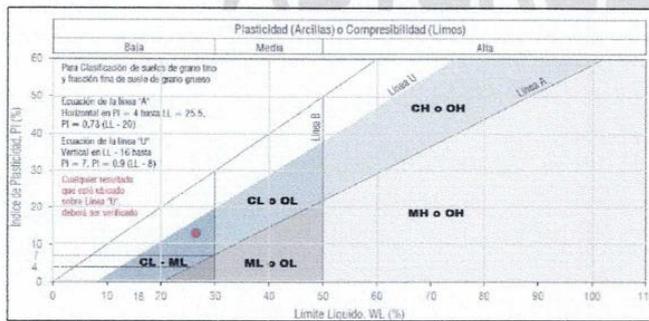
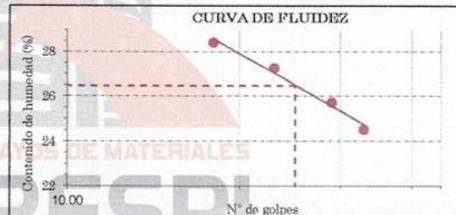
NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

LÍMITE LÍQUIDO					
		1°	2°	3°	4°
Número de golpes		33.00	29.00	23.00	18.00
(A) Peso de contenedor	(g)	35.93	34.36	34.32	33.48
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	(g)	55.03	59.34	53.28	59.51
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	(g)	51.27	54.23	49.22	53.75
(D) Peso de agua (B-C)	(g)	3.76	5.11	4.06	5.76
(E) Peso de suelo seco (C-A)	(g)	15.34	19.87	14.9	20.27
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	(%)	24.51	25.72	27.25	28.42

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
ARCILLA LIGERA ARENOSA CON GRAVA	
SUCS:	CL
AASHTO:	A-6 (3)

LÍMITE LÍQUIDO (LL):	26.46
LÍMITE PLÁSTICO (LP):	13.74
ÍNDICE PLÁSTICO (IP):	12.72
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL):	9.91

LÍMITE PLÁSTICO			
		1°	2°
(A) Peso de contenedor	(g)	33.78	35.78
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	(g)	75.76	76.06
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	(g)	70.78	76.06
(D) Peso de agua (B-C)	(g)	4.98	4.95
(E) Peso de suelo seco (C-A)	(g)	37.00	35.33
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	(%)	13.46	14.01



LEYENDA

- Suelo sin cohesión
- Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
- Limos inorgánicos de baja compresibilidad
- Arcillas inorgánicas de media plasticidad
- Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos
- Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
- Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea "A" Sobre A

CALICATA	C - 04 FINO
PROFUNDIDAD DE EXTRACCIÓN	0.60 m

ASTERESPI S.A.C.
 Ing. Katherine Espintu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
Tesis : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
Ubicación : LOTE N°20 MANZANA A1, URBANIZACIÓN LOS EUCALIPTOS DE HUANCAYO V ETAPA - PI TAMBO - HUANCAYO Calicata: C - 05 FINO
Fecha de recepción : 5/07/2023 Coordenadas UTM: 474896.08 m E;
Fecha de emisión : 14/07/2023 8672816.84 m N

(01 de 02)

Normativa :

ASTM D6913 / D6913M - 17
Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis
ASTM D4318 - 17e1
Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% Reten Acumul	% Pasa
3"	75.00	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62.00	0.0	0.0	100.0
2"	50.00	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.50	0.0	0.0	100.0
1/4"	6.30	0.0	0.0	100.0
N°4	4.75	0.0	0.0	100.0
N°10	2.00	0.8	0.1	99.9
N°20	0.85	2.0	0.5	99.5
N°40	0.43	3.6	1.2	98.8
N°60	0.25	2.8	1.7	98.3
N°140	0.106	3.8	2.3	97.7
N°200	0.075	9.8	4.1	95.9
PASA		532.9	100.0	0.0

% Grava	% Arena	% Finos
0.0	4.1	95.9

CONTENIDO DE HUMEDAD	
(A) Peso de contenedor	35.78 g
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	273.84 g
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	218.09 g
(D) Peso de agua (B-C)	55.75 g
(E) Peso de suelo seco (C-A)	182.31 g
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	30.58 %

COEFICIENTES / FINOS < 12%

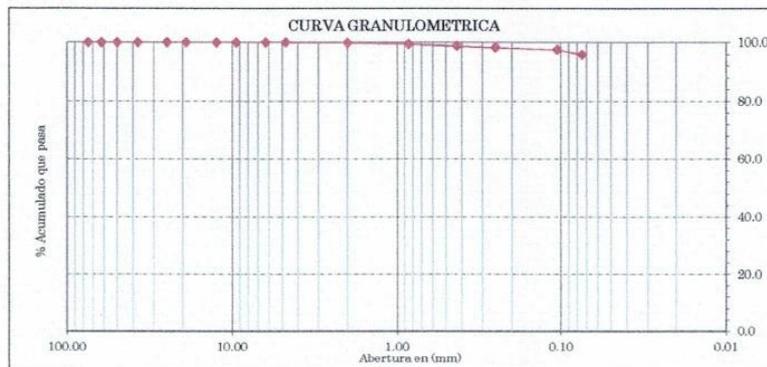
$D_{10} =$	$D_{30} =$	$D_{60} =$
$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60}) =$		
$C_u = D_{60} / D_{10} =$		

CLASIFICACION DE SUELOS

ARCILLA LIGERA

SUCS: CL	AASHTO: A-7-6 (27)
----------	--------------------

CALICATA	C - 05 FINO
PROFUNDIDAD DE EXTRACCIÓN	0.60 m



ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherine Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 Tesis : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
 Ubicación : LOTE N°20 MANZANA A1, URBANIZACIÓN LOS EUCALIPTOS DE HUANCAYO V ETAPA - CALICATA : C - 05 FINO
 Fecha de recepción : 5/07/2023
 Fecha de emisión : 14/07/2023
 Coordenadas UTM: 474896.08 m E; 8672816.84 m N

(02 de 02)

Normativa :

ASTM D6913 / D6913M - 17
 Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis

ASTM D4318 - 17e1
 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

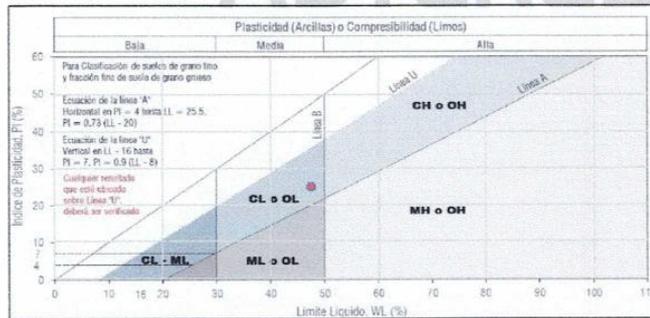
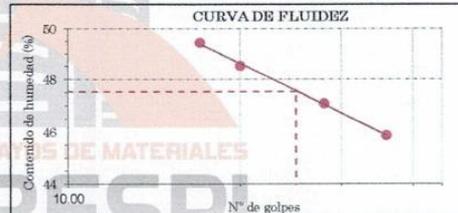
NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

LÍMITE LÍQUIDO					
		1°	2°	3°	4°
Número de golpes		36.00	28.00	20.00	17.00
(A) Peso de contenedor	(g)	33.46	33.97	33.80	34.34
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	(g)	49.68	50.12	48.95	50.54
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	(g)	44.58	44.95	44.00	45.18
(D) Peso de agua (B-C)	(g)	5.10	5.17	4.95	5.36
(E) Peso de suelo seco (C-A)	(g)	11.12	10.98	10.2	10.84
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	(%)	45.86	47.09	48.53	49.45

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
ARCILLA LIGERA	
SUCS:	CL
AASHTO:	A-7-6 (27)

LÍMITE LÍQUIDO (LL):	47.53
LÍMITE PLÁSTICO (LP):	22.57
ÍNDICE PLÁSTICO (IP):	24.96
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL):	29.68

LÍMITE PLÁSTICO			
		1°	2°
(A) Peso de contenedor	(g)	36.06	32.23
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	(g)	55.05	37.38
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	(g)	51.56	37.38
(D) Peso de agua (B-C)	(g)	3.49	0.95
(E) Peso de suelo seco (C-A)	(g)	15.50	4.2
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	(%)	22.52	22.62



LEYENDA

- Suelo sin cohesión
- Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
- Limos inorgánicos de baja compresibilidad
- Arcillas inorgánicas de media plasticidad
- Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos
- Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
- Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea "A" Sobre A

CALICATA	C - 05 FINO
PROFUNDIDAD DE EXTRACCIÓN	0.60 m



J. g. Kathryn Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
Tesis : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
Ubicación : CALLE 1 MZ A, LOTE 18, URB. LA FLORESTA · HUANCAYO · HUANCAYO Calicata: C · 01 GRAVA
Fecha de recepción : 5/07/2023 Coordenadas UTM: 479455.00 m E;
Fecha de emisión : 14/07/2023 8668289.00 m N

(01 de 02)

Normativa:

ASTM D6913 / D6913M · 17
Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis

ASTM D4318 · 17e1
Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% Reten Acumul	% Pasa
3"	75.00	601.9	12.0	88.0
2 1/2"	62.00	264.7	17.3	82.7
2"	50.00	738.2	32.0	68.0
1 1/2"	37.50	79.0	33.6	66.4
1"	25.00	538.9	44.3	55.7
3/4"	19.00	207.7	48.5	51.5
1/2"	12.50	403.3	56.5	43.5
3/8"	9.50	140.1	59.3	40.7
1/4"	6.30	0.0	59.3	35.9
N°4	4.75	358.5	66.4	33.6
N°10	2.00	378.1	74.0	26.0
N°20	0.85	322.5	80.4	19.6
N°40	0.43	186.2	84.1	15.9
N°60	0.25	94.4	86.0	14.0
N°140	0.106	81.8	87.6	12.4
N°200	0.075	70.4	89.0	11.0
PASA		550	100.0	0.0

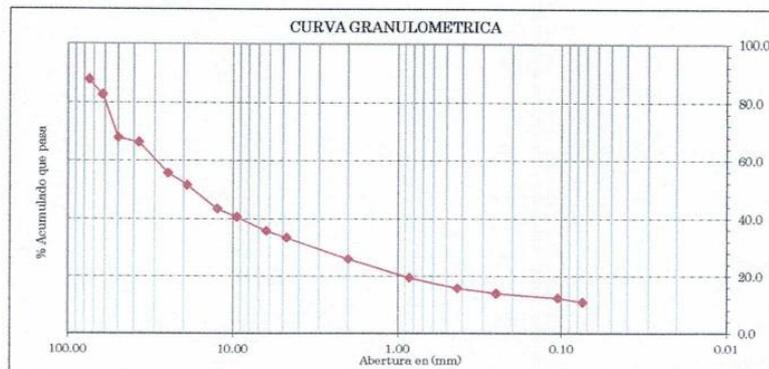
% Grava	% Arena	% Finos
66.4	22.6	11.0

CONTENIDO DE HUMEDAD	
(A) Peso de contenedor	39.03 g
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	566.97 g
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	537.88 g
(D) Peso de agua (B-C)	29.09 g
(E) Peso de suelo seco (C-A)	498.85 g
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	5.83 %

COEFICIENTES / FINOS < 12%					
$D_{10} =$	0.0537	$D_{30} =$	3.4504	$D_{60} =$	30.02
$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60}) =$	559.298				
$C_u = D_{60} / D_{10} =$	7.388				

CLASIFICACION DE SUELOS	
GRAVA MAL GRADADA CON LIMO Y ARENA	
SUCS: GP · GM	AASHTO: A-1-a (0)

CALICATA	C · 01 GRAVA
PROFUNDIDAD DE EXTRACCIÓN	0.60 m



ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherin Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 Tesis : VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE
 Ubicación : CALLE 1 MZ A, LOTE 18, URB. LA FLORESTA · HUANCAYO · HUANCAYO Calicata: C · 01 GRAVA
 Fecha de recepción : 5/07/2023 Coordenadas UTM: 479455.00 m E;
 Fecha de emisión : 14/07/2023 8668289.00 m N

(02 de 02)

Normativa :

ASTM D6913 / D6913M · 17
Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis

ASTM D4318 · 17e1
Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.128-1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128-1999

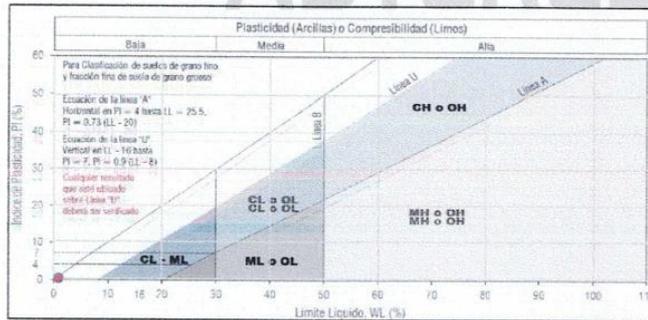
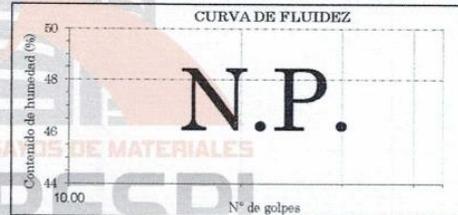
NTP 339.129-1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129-1999 NTP 339.130-1999 (revisada el 2014)

LÍMITE LÍQUIDO					
		1°	2°	3°	4°
Número de golpes					
(A) Peso de contenedor	(g)				
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	(g)				
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	(g)				
(D) Peso de agua (B-C)	(g)				
(E) Peso de suelo seco (C-A)	(g)				
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	(%)				

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
GRAVA MAL GRADADA CON LIMO Y ARENA	
SUCS:	GP - GM
AASHTO:	A-1-a (0)

LÍMITE LÍQUIDO (LL):
LÍMITE PLÁSTICO (LP):
ÍNDICE PLÁSTICO (IP):
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL):

LÍMITE PLÁSTICO		
	1°	2°
(A) Peso de contenedor	(g)	
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	(g)	
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	(g)	
(D) Peso de agua (B-C)	(g)	
(E) Peso de suelo seco (C-A)	(g)	
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	(%)	



LEYENDA

- Suelo sin cohesión
- Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
- Limos inorgánicos de baja compresibilidad
- Arcillas inorgánicas de media plasticidad
- Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos de baja plasticidad
- Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
- Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea "A" Sobre A

CALICATA	C · 01 GRAVA
PROFUNDIDAD DE EXTRACCIÓN	0,60 m



J. g. Katherin Espintu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
Tesis : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
Ubicación : AV. MARIATEGUI - EL TAMBO - HUANCAYO Calicata: C - 02 GRAVA
Fecha de recepción : 5/07/2023 Coordenadas UTM: 475921.99 m E;
Fecha de emisión : 14/07/2023 8667356.81 m N

(01 de 02)

Normativa :

ASTM D6913 / D6913M - 17
Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis

ASTM D4318 - 17e1
Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% Reten Acumul	% Pasa
3"	75.00	881.0	12.6	87.4
2 1/2"	62.00	756.0	23.4	76.6
2"	50.00	1171.0	40.1	59.9
1 1/2"	37.50	253.6	43.7	56.3
1"	25.00	922.0	56.9	43.1
3/4"	19.00	495.5	64.0	36.0
1/2"	12.50	427.4	70.1	29.9
3/8"	9.50	199.5	72.9	27.1
1/4"	6.30	0.0	72.9	23.2
N°4	4.75	407.6	78.7	21.3
N°10	2.00	381.3	84.2	15.8
N°20	0.85	361.8	89.3	10.7
N°40	0.43	241.6	92.8	7.2
N°60	0.25	87.8	94.0	6.0
N°140	0.106	59.0	94.9	5.1
N°200	0.075	8.2	95.0	5.0
PASA		350.7	100.0	0.0

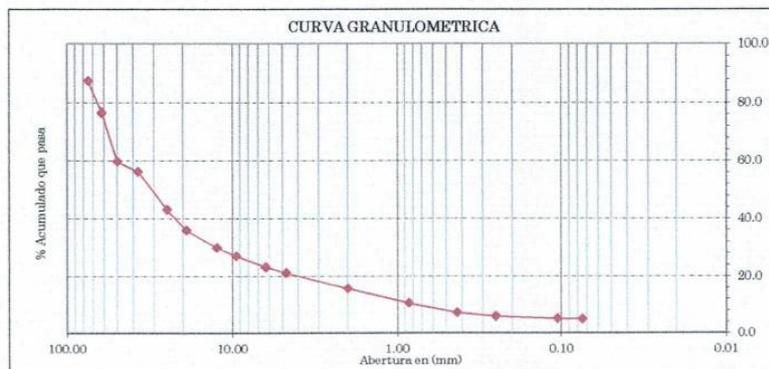
% Grava	% Arena	% Finos
78.7	16.3	5.0

CONTENIDO DE HUMEDAD	
(A) Peso de contenedor	33.96 g
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	418.70 g
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	400.81 g
(D) Peso de agua (B-C)	17.89 g
(E) Peso de suelo seco (C-A)	366.85 g
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	4.88 %

COEFICIENTES / FINOS < 12%		
$D_{10} = 0.7685$	$D_{30} = 12.556$	$D_{60} = 50.066$
$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60}) =$		65.150
$C_u = D_{60} / D_{10} =$		4.098

CLASIFICACION DE SUELOS	
GRAVA MAL GRADADA CON LIMO Y ARENA	
SUCS: GP - GM	AASHTO: A-1-a (0)

CALICATA	C - 02 GRAVA
PROFUNDIDAD DE EXTRACCIÓN	0.60 m



ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherine Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 Tesis : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
 Ubicación : AV. MARIATEGUI - EL TAMBO - Huancayo Calicata: C - 02 GRAVA
 Fecha de recepción : 5/07/2023 Coordenadas UTM: 475921.99 m E;
 Fecha de emisión : 14/07/2023 8667356.81 m N

(02 de 02)

Normativa :

ASTM D6913 / D6913M - 17
 Standard Test Methods for Particle Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis

ASTM D4318 - 17e1
 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

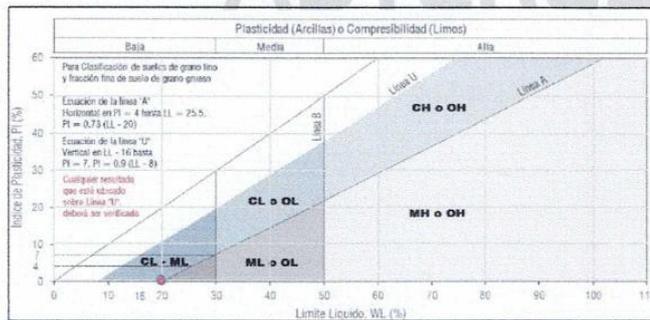
NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

LÍMITE LÍQUIDO					
		1°	2°	3°	4°
Número de golpes		36.00	29.00	25.00	19.00
(A) Peso de contenedor	(g)	35.76	35.96	33.56	32.22
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	(g)	52.16	53.60	51.70	53.96
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	(g)	49.58	50.73	48.67	50.19
(D) Peso de agua (B-C)	(g)	2.58	2.87	3.03	3.77
(E) Peso de suelo seco (C-A)	(g)	13.82	14.77	15.11	17.97
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	(%)	18.67	19.43	20.05	20.98

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
GRAVA MAL GRADADA CON LIMO Y ARENA	
SUCS:	GP - GM
AASHTO:	A-1-a (0)

LÍMITE LÍQUIDO (LL):	19.91
LÍMITE PLÁSTICO (LP):	
ÍNDICE PLÁSTICO (IP):	
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL):	

LÍMITE PLÁSTICO			
		1°	2°
(A) Peso de contenedor	(g)		
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	(g)		
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	(g)		
(D) Peso de agua (B-C)	(g)		
(E) Peso de suelo seco (C-A)	(g)		
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	(%)		



LEYENDA

- Suelo sin cohesión
- ▨ Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
- ▩ Limos inorgánicos de baja compresibilidad
- ▧ Arcillas inorgánicas de media plasticidad
- ▦ Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos
- ▥ Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
- ▤ Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea "A" Sobre A

CALICATA	C - 02 GRAVA
PROFUNDIDAD DE EXTRACCIÓN	0.60 m



J. g. Katherine Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
Tesis : VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE
Ubicación : URBANIZACIÓN LOS SAUCES 2 ETAPA - Calicata: C - 03 GRAVA
EL TAMBO - HUANCAYO
Fecha de recepción : 5/07/2023 Coordenadas UTM: 476650.00 m E;
Fecha de emisión : 14/07/2023 8670431.00 m N

(01 de 02)

Normativa :

ASTM D6913 / D6913M - 17
Standard Test Methods for Particle-Size Distribution
(Gradation) of Soils Using Sieve Analysis

ASTM D4318 - 17e1
Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and
Plasticity Index of Soils

NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª
Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite
plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la
NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% Reten Acumul	% Pasa
3"	75.00	1961.0	21.3	78.7
2 1/2"	62.00	561.0	27.4	72.6
2"	50.00	1868.0	47.8	52.2
1 1/2"	37.50	1177.0	60.6	39.4
1"	25.00	514.4	66.2	33.8
3/4"	19.00	284.4	69.3	30.7
1/2"	12.50	204.7	71.5	28.5
3/8"	9.50	200.2	73.7	26.3
1/4"	6.50	0.0	73.7	22.8
N°4	4.75	479.8	78.9	21.1
N°10	2.00	509.1	84.4	15.6
N°20	0.85	477.8	89.6	10.4
N°40	0.43	305.1	93.0	7.0
N°60	0.25	154.3	94.6	5.4
N°140	0.106	118.4	95.9	4.1
N°200	0.075	80.7	96.8	3.2
PASA		294.1	100.0	0.0

% Grava	% Arena	% Finos
78.9	17.9	3.2

CONTENIDO DE HUMEDAD	
(A) Peso de contenedor	33.46 g
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	576.32 g
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	561.00 g
(D) Peso de agua (B-C)	15.32 g
(E) Peso de suelo seco (C-A)	527.54 g
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	2.90 %

COEFICIENTES / FINOS < 12%

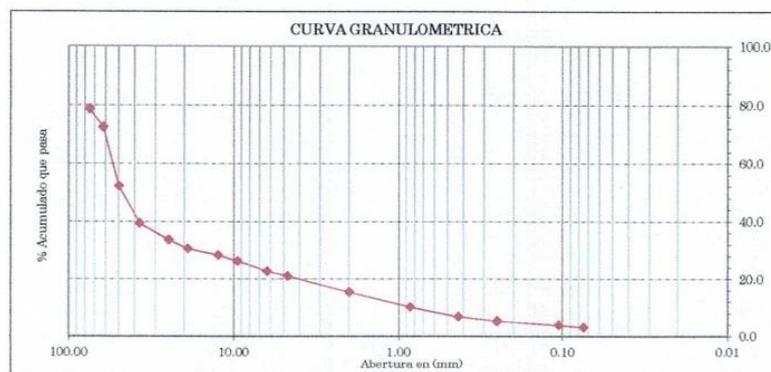
$D_{10} = 0.8037$	$D_{30} = 16.866$	$D_{60} = 54.587$
$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60}) =$		67.915
$C_u = D_{60} / D_{10} =$		6.484

CLASIFICACION DE SUELOS

GRAVA MAL GRADADA CON ARENA

SUCS: GP	AASHTO: A-1-a (0)
----------	-------------------

CALICATA	C - 03 GRAVA
PROFUNDIDAD DE EXTRACCIÓN	0.80 m



ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherin Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com



**RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI**

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 Tesis : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
 Ubicación : URBANIZACIÓN LOS SAUCES 2 ETAPA · Calicata: C · 03 GRAVA
 EL TAMBO · HUANCAYO
 Fecha de recepción : 5/07/2023
 Fecha de emisión : 14/07/2023
 Coordenadas UTM: 476650.00 m E;
 8670431.00 m N

Normativa :

ASTM D6913 / D6913M · 17
 Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis
 ASTM D4318 · 17e1
 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999
 NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

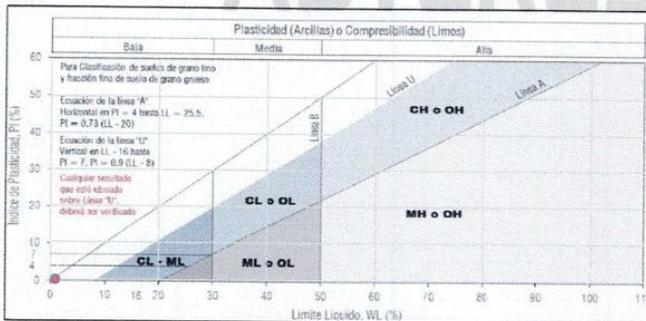
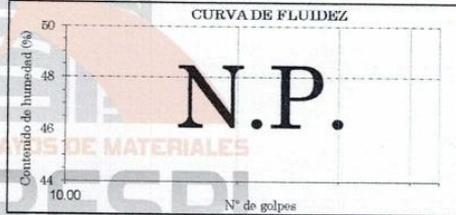
(02 de 02)

LÍMITE LÍQUIDO				
	1°	2°	3°	4°
Número de golpes				
(A) Peso de contenedor (g)				
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo (g)				
(C) Peso de contenedor + Suelo seco (g)				
(D) Peso de agua (B-C) (g)				
(E) Peso de suelo seco (C-A) (g)				
(F) Contenido de humedad (D/E*100) (%)				

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
GRAVA MAL GRADADA CON ARENA	
SUCS:	GP
AASHTO:	A-1-a (0)

LÍMITE LÍQUIDO (LL):
LÍMITE PLÁSTICO (LP):
ÍNDICE PLÁSTICO (IP):
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL):

LÍMITE PLÁSTICO		
	1°	2°
(A) Peso de contenedor (g)		
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo (g)		
(C) Peso de contenedor + Suelo seco (g)		
(D) Peso de agua (B-C) (g)		
(E) Peso de suelo seco (C-A) (g)		
(F) Contenido de humedad (D/E*100) (%)		



LEYENDA	
	Suelo sin cohesión
	Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
	Limos inorgánicos de baja compresibilidad
	Arcillas inorgánicas de media plasticidad
	Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos
	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
	Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea "A" Sobre A.

CALICATA	C - 03 GRAVA
PROFUNDIDAD DE EXTRACCIÓN	0.60 m



J. g. Katharin Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



**RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI**

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 Tesis : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
 Ubicación : EL TAMBO - HUANCAYO Calicata: C - 04 GRAVA
 Fecha de recepción : 5/07/2023 Coordenadas UTM: 477807.77 m E;
 Fecha de emisión : 14/07/2023 8669510.81 m N

(01 de 02)

Normativa :

ASTM D6913 / D6913M - 17
 Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis
 ASTM D4318 - 17e1
 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999
 NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% Reten Acumul	% Pasa
3"	75.00	2176.4	30.6	69.4
2 1/2"	62.00	541.9	38.2	61.8
2"	50.00	678.6	47.7	52.3
1 1/2"	37.50	604.4	56.2	43.8
1"	25.00	439.2	62.4	37.6
3/4"	19.00	409.3	68.1	31.9
1/2"	12.50	305.9	72.4	27.6
3/8"	9.50	155.4	74.6	25.4
1/4"	6.30	0.0	74.6	21.9
Nº4	4.75	368.7	79.8	20.2
Nº10	2.00	353.6	84.8	15.2
Nº20	0.85	338.6	89.5	10.5
Nº40	0.43	267.8	93.3	6.7
Nº60	0.25	126.9	95.1	4.9
Nº140	0.106	78.2	96.2	3.8
Nº200	0.075	55.1	96.9	3.1
PASA		217.6	100.0	0.0

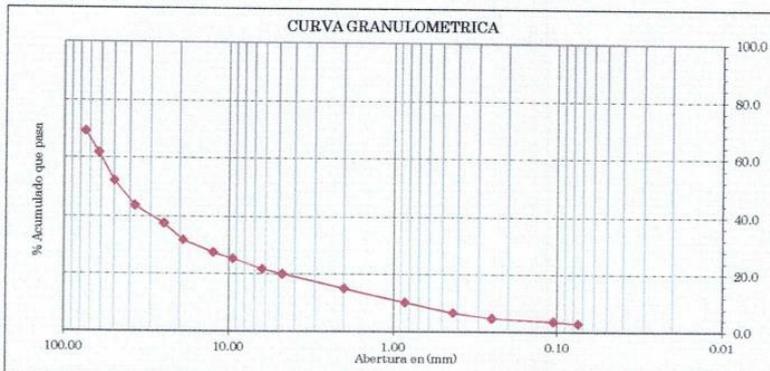
CONTENIDO DE HUMEDAD	
(A) Peso de contenedor	35.69 g
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	559.93 g
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	549.38 g
(D) Peso de agua (B-C)	10.55 g
(E) Peso de suelo seco (C-A)	513.69 g
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	2.05 %

COEFICIENTES / FINOS < 12%		
$D_{10} = 0.7969$	$D_{30} = 16.184$	$D_{60} = 59.723$
$C_c = (D_{60})^2 / (D_{10} * D_{30}) =$	74.942	
$C_u = D_{60} / D_{10} =$	5.503	

CLASIFICACION DE SUELOS	
GRAVA MAL GRADADA CON ARENA	
SUCS: GP	AASHTO: A-1-a (0)

% Grava	% Arena	% Finos
79.8	17.1	3.1

CALICATA	C - 04 GRAVA
PROFUNDIDAD DE EXTRACCIÓN	0.60 m



Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



**RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI**

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 Tesis : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
 Ubicación : EL TAMBO · HUANCAYO Calicata: C · 04 GRAVA
 Fecha de recepción : 5/07/2023 Coordenadas UTM: 477807.77 m E;
 Fecha de emisión : 14/07/2023 8869510.81 m N

(02 de 02)

Normativa :

ASTM D6913 / D6913M · 17
 Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis
 ASTM D4318 · 17e1
 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

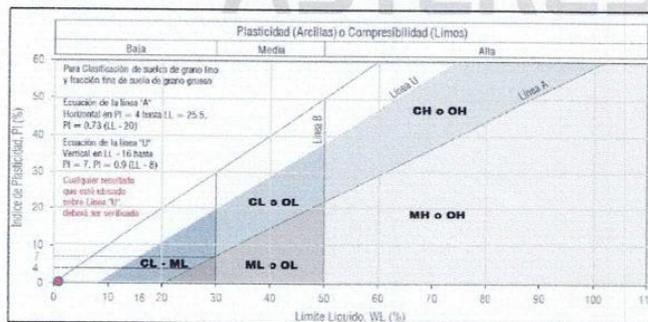
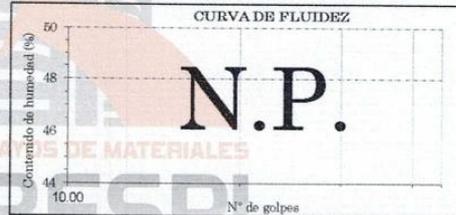
NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999
 NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

LÍMITE LÍQUIDO					
Número de golpes		1°	2°	3°	4°
(A)	Peso de contenedor (g)				
(B)	Peso de contenedor + Suelo húmedo (g)				
(C)	Peso de contenedor + Suelo seco (g)				
(D)	Peso de agua (B-C) (g)				
(E)	Peso de suelo seco (C-A) (g)				
(F)	Contenido de humedad (D/E*100) (%)				

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
GRAVA MAL GRADADA CON ARENA	
SUCS:	GP
AASHTO:	A-1-a (0)

LÍMITE LÍQUIDO (LL):
LÍMITE PLÁSTICO (LP):
ÍNDICE PLÁSTICO (IP):
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL):

LÍMITE PLÁSTICO		
	1°	2°
(A)	Peso de contenedor (g)	
(B)	Peso de contenedor + Suelo húmedo (g)	
(C)	Peso de contenedor + Suelo seco (g)	
(D)	Peso de agua (B-C) (g)	
(E)	Peso de suelo seco (C-A) (g)	
(F)	Contenido de humedad (D/E*100) (%)	



LEYENDA

- Suelo sin cohesión
- ▨ Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
- ▩ Limos inorgánicos de baja compresibilidad
- ▧ Arcillas inorgánicas de media plasticidad
- ▦ Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos
- ▥ Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
- ▤ Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea "A" Sobre A

CALICATA	C · 04 GRAVA
PROFUNDIDAD DE EXTRACCIÓN	0.60 m



Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



**RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI**

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 Tesis : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
 Ubicación : LOTE 7 MZ B COOPERATIVA DE VIVIENDA Calicata: C - 05 GRAVA
 CANTUTA, COVICA - EL TAMBO - HUANCAYO
 Fecha de recepción : 5/07/2023 Coordenadas UTM: 474242.56 m E;
 Fecha de emisión : 14/07/2023 8668631.96 m N

(01 de 02)

Normativa :

ASTM D6913 / D6913M - 17
 Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis

NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

ASTM D4318 - 17e1
 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	Peso Retenido	%Reten Acumul	% Paso
3"	75.00	215.3	4.5	95.5
2 1/2"	62.00	407.5	13.1	86.9
2"	50.00	206.8	17.4	82.6
1 1/2"	37.50	208.8	21.8	78.2
1"	25.00	526.5	32.8	67.2
3/4"	19.00	515.5	43.6	56.4
1/2"	12.50	409.1	52.2	47.8
3/8"	9.50	290.2	58.2	41.8
1/4"	6.30	0.0	58.2	36.0
N°4	4.75	405.6	66.7	33.3
N°10	2.00	408.4	75.3	24.7
N°20	0.85	304.5	81.7	18.3
N°40	0.43	321.0	88.4	11.6
N°60	0.25	115.2	90.8	9.2
N°140	0.106	29.8	91.4	8.6
N°200	0.075	10.5	91.7	8.3
PASA		397.6	100.0	0.0

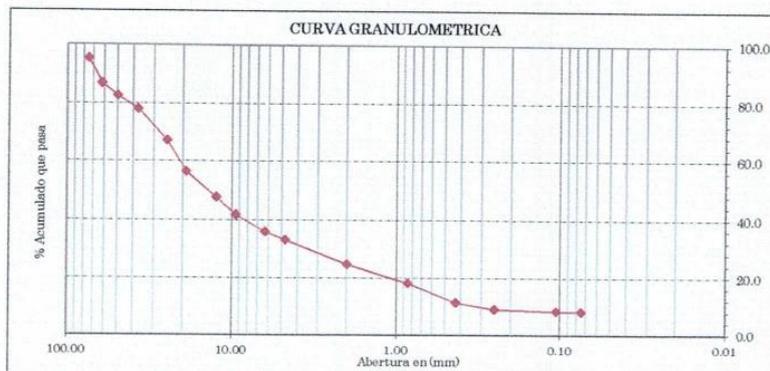
CONTENIDO DE HUMEDAD	
(A) Peso de contenedor	32.10 g
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	533.50 g
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	517.48 g
(D) Peso de agua (B-C)	16.02 g
(E) Peso de suelo seco (C-A)	485.38 g
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	3.30 %

COEFICIENTES / FINOS < 12%		
$D_{10} = 0.3115$	$D_{30} = 3.7042$	$D_{60} = 20.996$
$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60}) = 67.413$		
$C_u = D_{60} / D_{10} = 2.098$		

CLASIFICACION DE SUELOS	
GRAVA BIEN GRADADA CON LIMO Y ARENA	
SUCS: GW - GM	AASHTO: A-1-a (0)

% Grava	% Arena	% Finos
66.7	24.9	8.3

CALICATA	C - 05 GRAVA
PROFUNDIDAD DE EXTRACCIÓN	0.60 m



ASTERESPI S.A.C.
 Ing. Kathryn Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



**RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI**

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 Tesis : VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE*
 Ubicación : LOTE 7 MZ. B COOPERATIVA DE VIVIENDA Calicata: C - 05 GRAVA
 CANTUTA, COVICA - EL TAMBO - HUANCAYO
 Fecha de recepción : 5/07/2023
 Fecha de emisión : 14/07/2023
 Coordenadas UTM: 474242.56 m E;
 8668631.96 m N

(02 de 02)

Normativa :

ASTM D6913 / D6913M - 17
 Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis
 ASTM D4318 - 17e1
 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

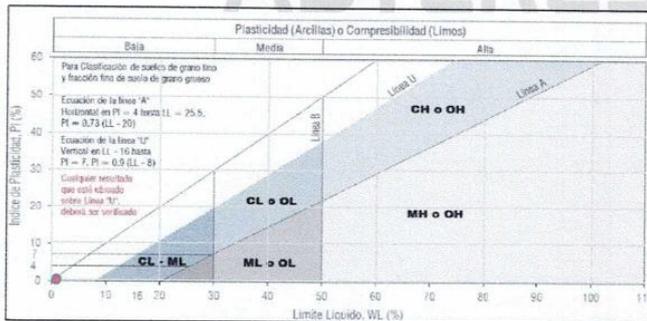
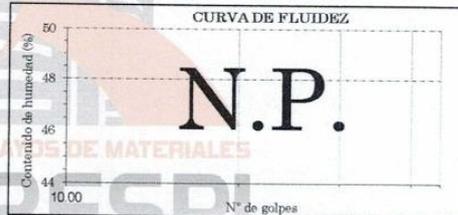
NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

LÍMITE LÍQUIDO					
Número de golpes		1°	2°	3°	4°
(A) Peso de contenedor	(g)				
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	(g)				
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	(g)				
(D) Peso de agua (B-C)	(g)				
(E) Peso de suelo seco (C-A)	(g)				
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	(%)				

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
GRAVA BIEN GRADADA CON LIMO Y ARENA	
SUCS:	GW - GM
AASHTO:	A-1-a (0)

LÍMITE LÍQUIDO (LL):
LÍMITE PLÁSTICO (LP):
ÍNDICE PLÁSTICO (IP):
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL):

LÍMITE PLÁSTICO		
	1°	2°
(A) Peso de contenedor	(g)	
(B) Peso de contenedor + Suelo húmedo	(g)	
(C) Peso de contenedor + Suelo seco	(g)	
(D) Peso de agua (B-C)	(g)	
(E) Peso de suelo seco (C-A)	(g)	
(F) Contenido de humedad (D/E*100)	(%)	



LEYENDA	
	Suelo sin cohesión
	Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
	Limos inorgánicos de baja compresibilidad
	Arcillas inorgánicas de media plasticidad
	Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos
	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
	Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuaón de la línea "A" Sobre A.

CALICATA	C - 05 GRAVA
PROFUNDIDAD DE EXTRACCIÓN	0.60 m



Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

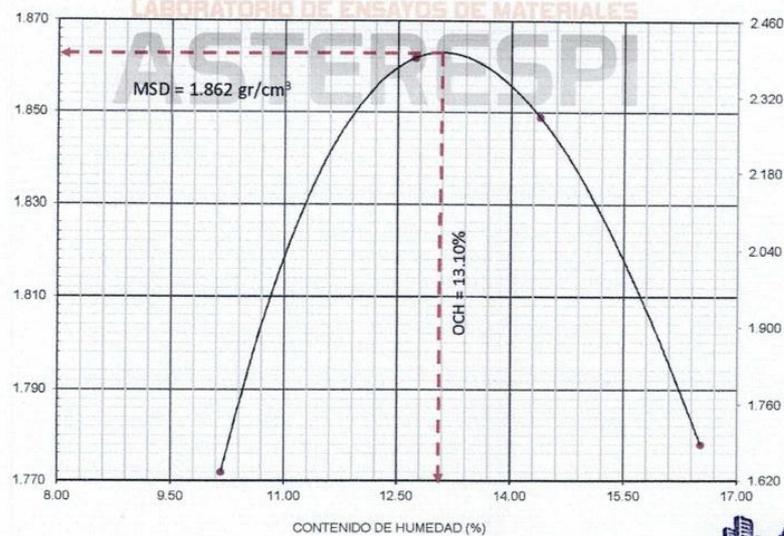
ASTM D1557; MTC - E-115

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
 ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 CALICATA : C - 1 FINO
 UBICACIÓN : SICAYA - HUANCAYO - JUNÍN
 F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023
 F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	PESO DEL MOLDE (gr.) :				METODO	"C"
2104	3258	3258	3258	3258		
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4		
PESO SUELO COMPACTADO + MOLDE	7366	7675	7708	7616		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4108	4417	4450	4358		
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.952	2.099	2.115	2.071		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4		
PESO SUELO HUMEDO + TARA	186.20	204.31	212.67	200.08		
PESO SUELOS SECO + TARA	172.36	185.36	190.36	176.84		
PESO DE LA TARA	36.20	36.55	35.25	36.15		
PESO DE AGUA	13.84	18.95	22.31	23.24		
PESO DE SUELO SECO	136.16	148.81	155.11	140.69		
CONTENIDO DE AGUA	10.16	12.73	14.38	16.52		
PESO VOLUMETRICO SECO	1.772	1.862	1.849	1.778		

DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.862 gr/cm ³
HUMEDAD OPTIMA:	13.10 %



ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherin Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



**RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI**

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC E - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME

TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"

ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME

CALICATA : C - 1 FINO

UBICACIÓN : SICAYA - HUANCAYO - JUNÍN

F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023

F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

CUADRO DE DATOS CBR						
Molde N°	22		23		24	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + Suelo húmedo	9113	9178	8868	8923	8633	8700
Peso de molde (gr)	5002	5003	5010	5011	5014	5015
Peso del suelo húmedo (gr)	4111	4175	3858	3912	3619	3685
Volumen del molde (cc)	2048	2048	2048	2048	2048	2048
Densidad húmeda (gr/cc)	2.008	2.039	1.884	1.910	1.767	1.799
% de humedad	7.93	9.82	7.97	10.03	7.96	10.15
Densidad seca (gr/cc)	1.860	1.856	1.745	1.736	1.637	1.634
Tarro N°	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	698.52	675.26	665.30	730.15	775.60	750.15
Tarro + Suelo seco (gr.)	651.98	621.58	621.09	670.18	723.76	687.95
Peso del Agua (gr.)	46.54	53.68	44.21	59.97	51.84	62.20
Peso del tarro (gr.)	65.20	75.20	66.50	72.50	72.30	75.20
Peso del suelo seco (gr.)	586.78	546.38	554.59	597.68	651.46	612.75
% de humedad	7.93	9.82	7.97	10.03	7.96	10.15
Promedio de Humedad (%)	7.93	9.82	7.97	10.03	7.96	10.15

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
	10:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
	10:00	24	0.02	0.0	0.0	0.01	0.0	0.0	0.01	0.0	0.0

PENETRACIÓN													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 22				MOLDE N° 23				MOLDE N° 24			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		42	2			21	1			14	1		
0.050		118	6			69	3			42	2		
0.075		165	8			107	5			75	4		
0.100	70.3	229	11	10.6	15.1	166	8	7.9	11.3	102	5	5.4	7.7
0.150		313	15			249	12			175	9		
0.200	105.5	393	19	19.88	18.8	322	16	16.0	15.2	249	12	11.9	11.3
0.250		477	24			397	20			308	15		
0.300		568	28			463	23			356	18		
0.400		715	35			585	29			473	23		
0.500		832	41			694	34			556	27		

ASTERESPI S.A.C.
 Ing. Katherine Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

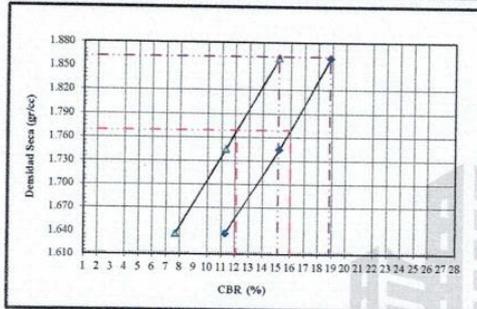
ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC B - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
CALICATA : C - 1 FINO
UBICACIÓN : SICAYA - HUANCAYO - JUNÍN
F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023
F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

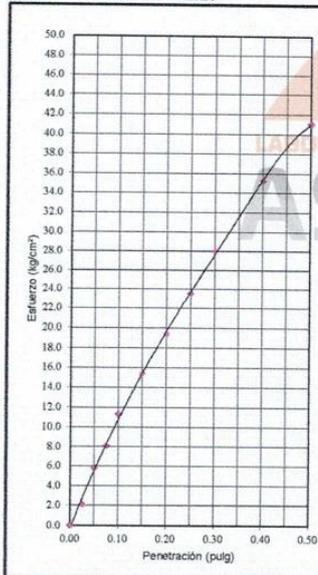
GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



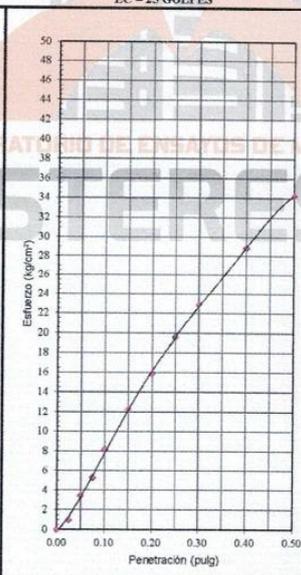
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	15.1	0.2":	18.8
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	12.1	0.2":	16.0

Datos del Proctor	
Densidad Seca	1.862 gr/cc
Óptimo Humedad	13.10 %

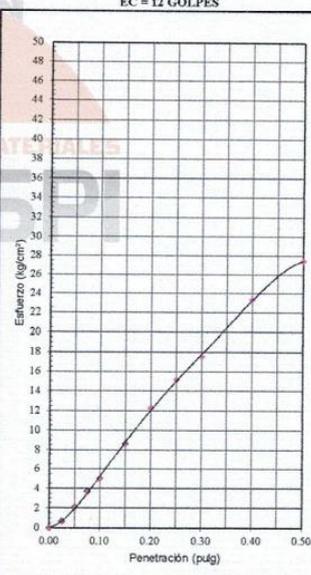
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Nota:

Tipo de equipo: Celda de carga con lector digital DD-KC1 SERIE 492000021 USA // Capacidad del equipo: 5,000 kgf División de escala: 0.1 kgf.
 Marca de Prensa FORNEY, calibrada por ARSOU GROUP N°0506-037-2021



J. g. Katherin Espintu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



**RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI**

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

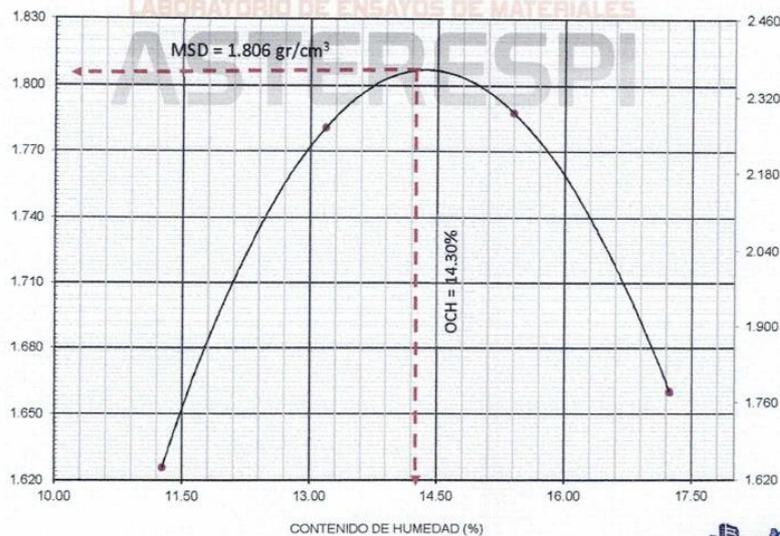
ASTM D1557; MTC - E-115

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
 ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 CALICATA : C-2 FINO
 UBICACIÓN : SUB LOTE N° 06 MZ. "A" PALIAN - HUANCAYO - HUANCAYO
 F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023
 F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	PESO DEL MOLDE (gr.) :				METODO	"C"
2104	1	2	3	4		
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4		
PESO SUELO COMPACTADO + MOLDE	7068	7502	7603	7355		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	3807	4241	4342	4094		
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.809	2.016	2.064	1.946		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4		
PESO SUELO HUMEDO + TARA	354.87	101.30	113.85	219.85		
PESO SUELOS SECO + TARA	330.03	92.69	102.48	192.45		
PESO DE LA TARA	109.54	27.35	28.62	33.50		
PESO DE AGUA	24.84	8.61	11.37	27.40		
PESO DE SUELO SECO	220.49	65.34	73.86	158.95		
CONTENIDO DE AGUA	11.27	13.18	15.39	17.24		
PESO VOLUMETRICO SECO	1.626	1.781	1.788	1.660		

DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.806 gr/cm ³
HUMEDAD OPTIMA:	14.30 %



ASTERESPI S.A.C.
 J. g. Katherin Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com


**RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI**

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC E - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS
PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME

TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"

ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME

CALICATA : C-2 FINO

UBICACIÓN : SUB LOTE N° 06 MZ. "A" PALIAN - HUANCAYO - HUANCAYO

F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023

F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

CUADRO DE DATOS CBR						
Molde N°	22		23		24	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + Suelo húmedo	9226	9302	8973	9012	8732	8814
Peso de molde (gr)	5002	5003	5010	5011	5014	5015
Peso del suelo húmedo (gr)	4224	4299	3963	4001	3718	3799
Volumen del molde (cc)	2048	2048	2048	2048	2048	2048
Densidad húmeda (gr/cc)	2.062	2.099	1.935	1.954	1.816	1.855
% de humedad	14.32	16.59	14.35	16.04	14.37	17.09
Densidad seca (gr/cc)	1.804	1.800	1.692	1.684	1.588	1.584
Tarro N°	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	801.60	856.79	539.25	705.02	596.20	743.02
Tarro + Suelo seco (gr.)	708.13	756.25	478.63	628.49	528.36	656.92
Peso del Agua (gr.)	93.47	100.54	60.62	76.53	67.84	86.10
Peso del tarro (gr.)	55.62	150.26	56.25	151.26	56.29	153.26
Peso del suelo seco (gr.)	652.51	605.99	422.38	477.23	472.07	503.66
% de humedad	14.32	16.59	14.35	16.04	14.37	17.09
Promedio de Humedad (%)	14.32	16.59	14.35	16.04	14.37	17.09

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
	08:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
	08:00	24	0.15	0.1	0.1	0.25	0.2	0.2	0.32	0.3	0.3
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0

PENETRACIÓN													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 22				MOLDE N° 23				MOLDE N° 24			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		38	2			28	1			16	1		
0.050		72	4			49	2			38	2		
0.075		107	5			74	4			57	3		
0.100	70.3	152	7	7.3	10.4	102	5	5.6	7.9	85	4	3.9	5.5
0.150		235	12			177	9			132	7		
0.200	105.5	295	15	14.64	13.9	243	12	11.6	11.0	159	8	8.3	7.9
0.250		359	18			303	15			206	10		
0.300		438	22			354	17			275	14		
0.400		588	29			456	22			375	19		
0.500		695	34			572	28			478	24		

ASTERESPI S.A.C.
 J. g. Katherin Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S.
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
 S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

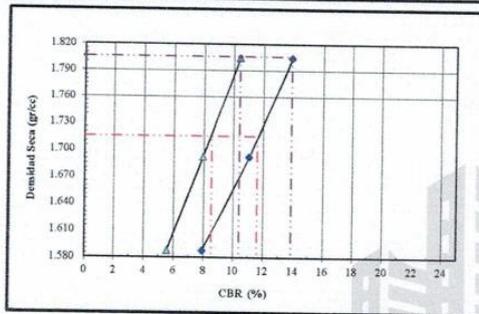
ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883; MTC B - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

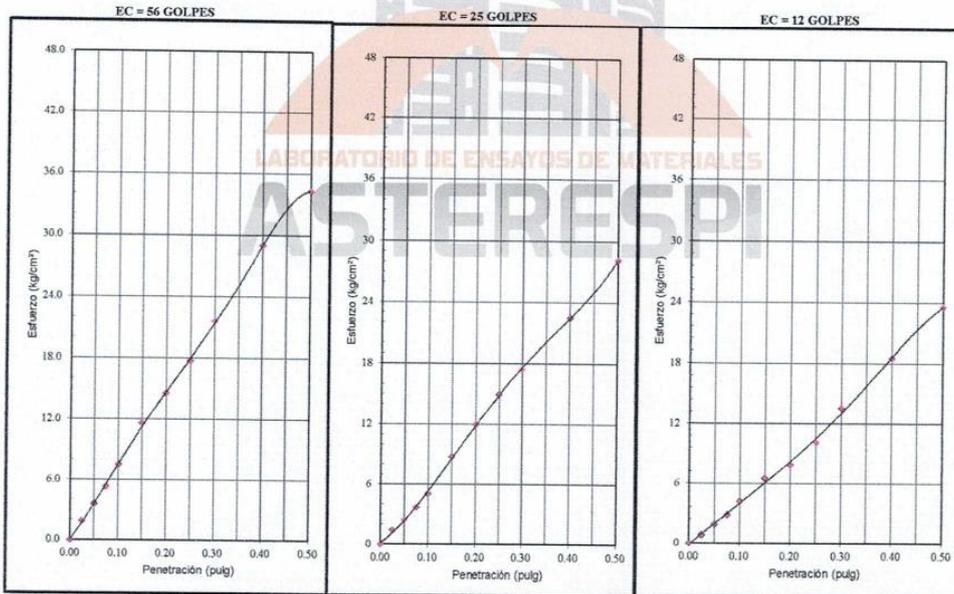
PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
CALICATA : C-2 FINO
UBICACIÓN : SUB LOTE N° 06 MZ. "A" PALIAN - HUANCAYO - HUANCAYO
F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023
F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	10.4	0.2":	13.9
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	8.5	0.2":	11.6

Datos del Proctor	
Densidad Seca	1.806 gr/cc
Óptimo Humedad	14.30 %



J. g. Katherin Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

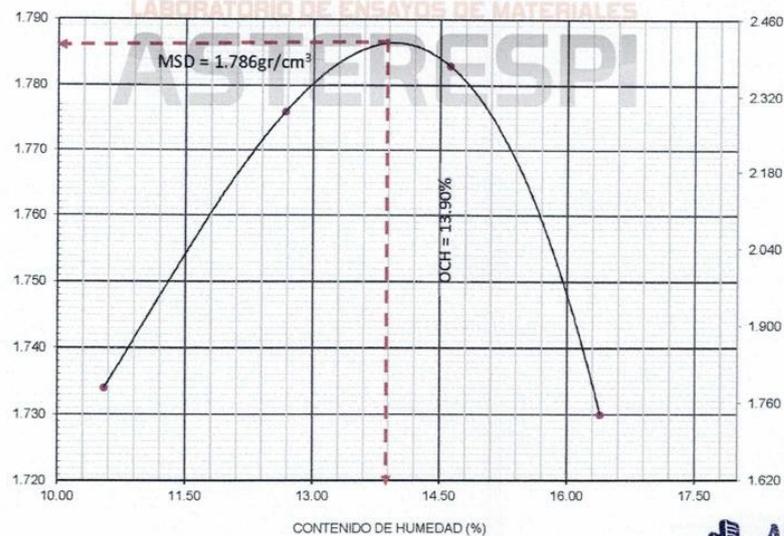
ASTM D1557; MTC - E-115

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
 ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 CALICATA : C-3 FINO
 UBICACIÓN : PASAJE ROSA VILCAHUAMAN - SECTOR INDEPENDENCIA - CHILCA - HUANCAYO
 F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023
 F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2104	PESO DEL MOLDE (gr.) :			3260	METODO	"C"
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4			
PESO SUELO COMPACTADO + MOLDE	7294	7471	7560	7496			
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4034	4211	4300	4236			
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.917	2.001	2.044	2.013			
CONTENIDO DE HUMEDAD							
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4			
PESO SUELO HUMEDO + TARA	215.30	205.60	198.20	190.35			
PESO SUELOS SECO + TARA	198.15	186.45	177.54	168.52			
PESO DE LA TARA	35.50	35.35	36.20	35.30			
PESO DE AGUA	17.15	19.15	20.66	21.83			
PESO DE SUELO SECO	162.65	151.10	141.34	133.22			
CONTENIDO DE AGUA	10.54	12.67	14.62	16.39			
PESO VOLUMETRICO SECO	1.734	1.776	1.783	1.730			

DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.786 gr/cm ³
HUMEDAD OPTIMA:	13.90 %



ASTERESPI S.A.C.
 J. g. Katherine/Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y MS
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC E - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME

TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"

ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME

CALICATA : C-3 FINO

UBICACIÓN : PASAJE ROSA VILCAHUAMAN - SECTOR INDEPENDENCIA - CHILCA - HUANCAYO

F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023

F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

CUADRO DE DATOS CBR													
Molde N°	22		23		24								
N° Capa	5		5		5								
Golpes por capa N°	56		25		10								
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso molde + Suelo húmedo	9163	9244	8916	8980	8675	8743							
Peso de molde (gr)	5002	5003	5010	5011	5014	5015							
Peso del suelo húmedo (gr)	4161	4241	3906	3969	3661	3728							
Volumen del molde (cc)	2048	2048	2048	2048	2048	2048							
Densidad húmeda (gr/cc)	2.032	2.071	1.907	1.938	1.787	1.820							
% de humedad	13.90	16.30	13.98	16.39	13.86	16.17							
Densidad seca (gr/cc)	1.784	1.780	1.673	1.665	1.570	1.567							
Tarro N°	-	-	-	-	-	-							
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	717.20	678.94	666.61	750.11	784.02	771.85							
Tarro + Suelo seco (gr.)	637.54	594.20	592.87	654.37	697.15	674.19							
Peso del Agua (gr.)	79.66	84.74	73.74	95.74	86.87	97.66							
Peso del tarro (gr.)	64.30	74.30	65.35	70.15	70.26	70.35							
Peso del suelo seco (gr.)	573.24	519.90	527.52	584.22	626.89	603.84							
% de humedad	13.90	16.30	13.98	16.39	13.86	16.17							
Promedio de Humedad (%)	13.90	16.30	13.98	16.39	13.86	16.17							
EXPANSIÓN													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
	10:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
	10:00	24	0.04	0.0	0.0	0.03	0.0	0.0	0.04	0.0	0.0		
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
PENETRACIÓN													
PENETRACION pulg.	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 22				MOLDE N° 23				MOLDE N° 24			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		32	2			22	1			12	1		
0.050		61	3			41	2			25	1		
0.075		82	4			62	3			40	2		
0.100	70.3	101	5	5.0	7.2	83	4	3.8	5.4	55	3	2.7	3.8
0.150		142	7			112	6			80	4		
0.200	105.5	193	10	9.44	8.9	145	7	7.4	7.0	109	5	5.3	5.0
0.250		238	12			187	9			128	6		
0.300		272	13			226	11			156	8		
0.400		348	17			296	15			196	10		
0.500		405	20			357	18			233	11		

ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherine Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S.
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

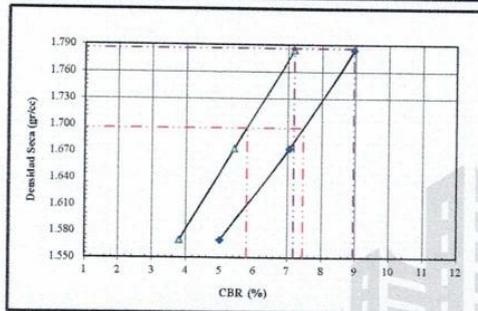
ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883; MTC B - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
CALICATA : C-3 FINO
UBICACIÓN : PASAJE ROSA VILCAHUAMAN - SECTOR INDEPENDENCIA - CHILCA - HUANCAYO
F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023
F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

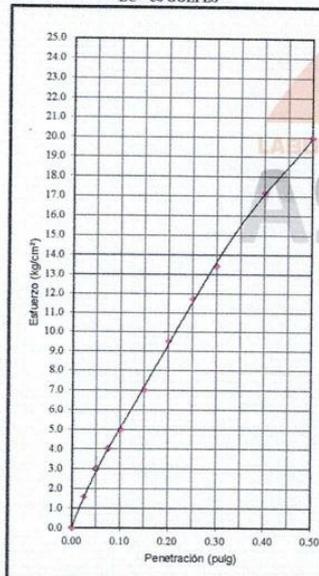
GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



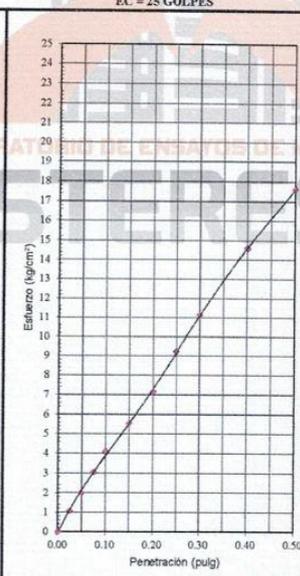
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	7.2	0.2":	8.9
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	5.8	0.2":	7.5

Datos del Proctor	
Densidad Seca	1.786 gr/cc
Óptimo Humedad	13.90 %

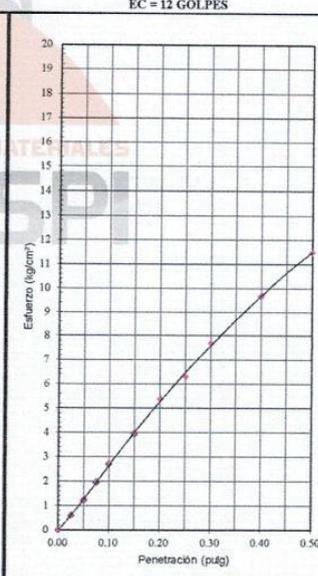
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Nota:

Tipo de equipo: Celda de carga con lector digital DD-KC1 SERIE 492000021 USA // Capacidad del equipo: 5,000 kgf División de escala: 0.1 kgf.
 Marca de Prensa FORNEY, calibrada por ARSOU GROUP N°0506-037-2021

ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherin Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

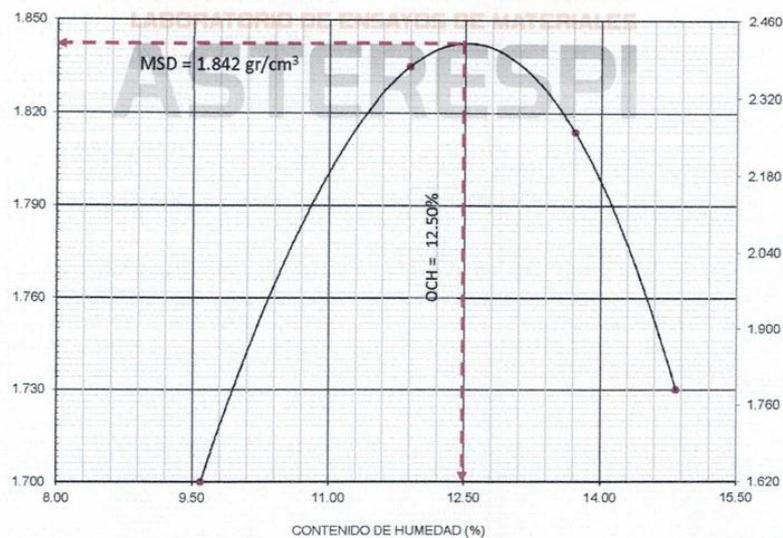
ASTM D1557 ; MTC - E-115

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
 ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 CALICATA : C-4 FINO
 UBICACIÓN : AV. TORRE TAGLE - CHILCA - HUANCAYO
 F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023
 F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2104		PESO DEL MOLDE (gr.) :		3261	METODO	"C "
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4			
PESO SUELO COMPACTADO + MOLDE	7180	7580	7601	7442			
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	3919	4319	4340	4181			
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.863	2.053	2.063	1.987			
CONTENIDO DE HUMEDAD							
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4			
PESO SUELO HUMEDO + TARA	177.52	247.63	290.36	285.89			
PESO SUELOS SECO + TARA	165.12	225.46	259.42	253.10			
PESO DE LA TARA	35.82	39.06	33.80	32.04			
PESO DE AGUA	12.40	22.17	30.94	32.79			
PESO DE SUELO SECO	129.30	186.40	225.62	221.06			
CONTENIDO DE AGUA	9.59	11.89	13.71	14.83			
PESO VOLUMETRICO SECO	1.700	1.835	1.814	1.730			

DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.842 gr/cm ³
HUMEDAD OPTIMA:	12.50 %



ASTERESPI S.A.C.
 J. g. Katherin Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC E - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
CALICATA : C-4 FINO
UBICACIÓN : AV. TORRE TAGLE - CHILCA - HUANCAYO
F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023
F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

CUADRO DE DATOS CBR													
Molde N°	22		23		24								
N° Capa	5		5		5								
Golpes por capa N°	56		25		10								
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso molde + Suelo húmedo	9416	9527	9208	9308	8819	8928							
Peso de molde (gr)	5174	5174	5233	5233	5087	5087							
Peso del suelo húmedo (gr)	4242	4353	3975	4075	3732	3841							
Volumen del molde (cc)	2048	2048	2048	2048	2048	2048							
Densidad húmeda (gr/cc)	2.071	2.126	1.941	1.990	1.822	1.875							
% de humedad	12.56	15.75	12.44	15.87	12.54	16.06							
Densidad seca (gr/cc)	1.840	1.836	1.726	1.717	1.619	1.616							
Tarro N°	-	-	-	-	-	-							
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	640.02	685.31	682.30	618.41	693.02	642.12							
Tarro + Suelo seco (gr.)	575.20	600.01	613.02	541.20	622.15	561.20							
Peso del Agua (gr.)	64.82	85.30	69.28	77.21	70.87	80.92							
Peso del tarro (gr.)	59.32	58.45	56.33	54.63	56.88	57.21							
Peso del suelo seco (gr.)	515.88	541.56	556.69	486.57	565.27	503.99							
% de humedad	12.56	15.75	12.44	15.87	12.54	16.06							
Promedio de Humedad (%)	12.56	15.75	12.44	15.87	12.54	16.06							
EXPANSIÓN													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
	08:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
	08:00	24	0.02	0.0	0.0	0.02	0.0	0.0	0.03	0.0	0.0		
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
PENETRACION													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 22				MOLDE N° 23				MOLDE N° 24			
		CARGA Kg	kg/cm2	CORRECCION kg/cm2	%	CARGA Kg	kg/cm2	CORRECCION kg/cm2	%	CARGA Kg	kg/cm2	CORRECCION kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		42	2			29	1			18	1		
0.050		112	6			76	4			46	2		
0.075		143	7			94	5			68	3		
0.100	70.3	203	10	9.1	12.9	148	7	6.9	9.8	94	5	4.9	6.9
0.150		255	13			209	10			159	8		
0.200	105.5	333	16	16.91	16.0	270	13	13.2	12.5	198	10	9.8	9.3
0.250		416	21			315	16			232	11		
0.300		488	24			384	19			297	15		
0.400		629	31			488	24			356	18		
0.500		731	36			583	29			421	21		

ASTERESPI S.A.C.
Ing. Katherin Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com



**RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI**

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

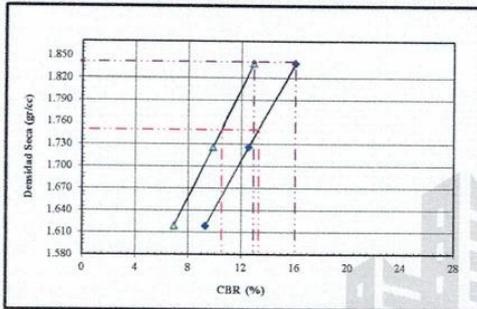
ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC B - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

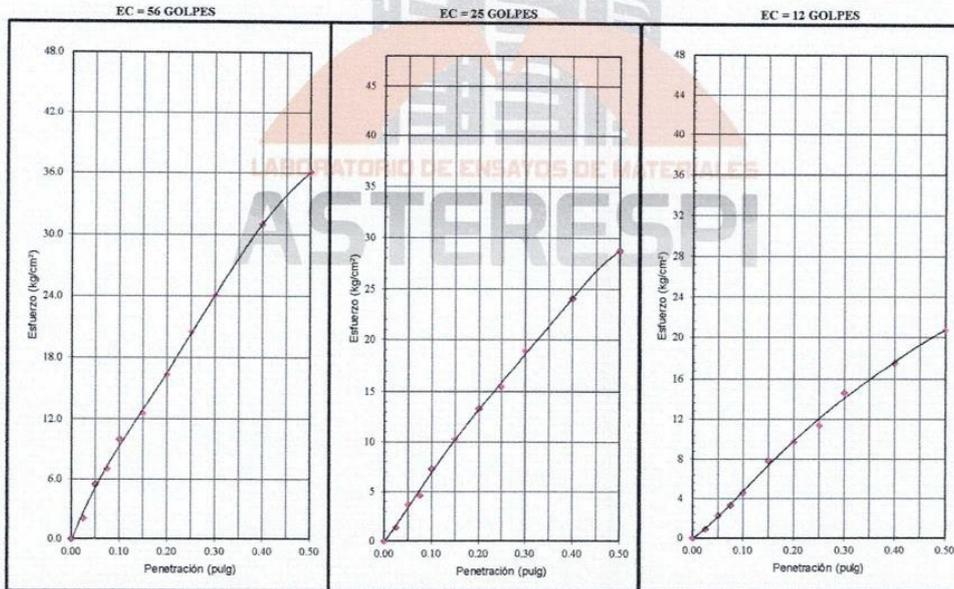
PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
CALICATA : C-4 FINO
UBICACIÓN : AV. TORRE TAGLE - CHILCA - HUANCAYO
F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023
F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	12.9	0.2":	16.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	10.5	0.2":	13.3

Datos del Proctor	
Densidad Seca	1.842 g/cc
Optimo Humedad	12.50 %



ASTERESPI S.A.C.
J. g. Katherin Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



**RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI**

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D1557; MTC - E-115

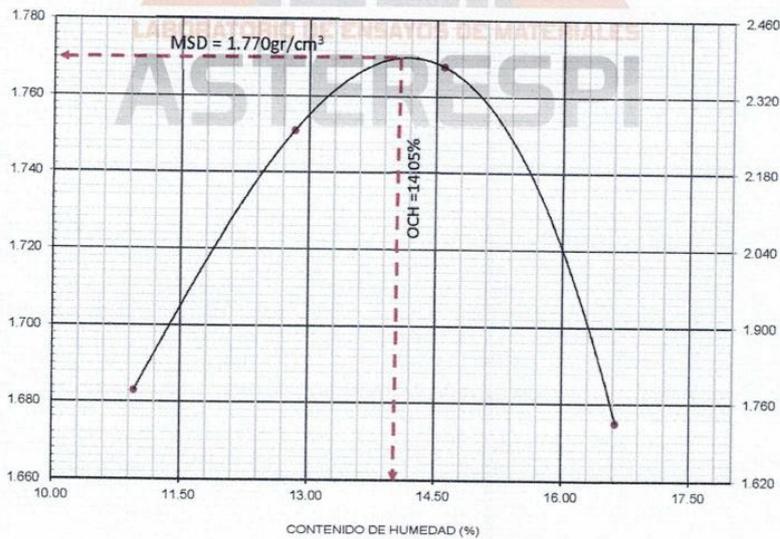
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
 ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 CALICATA : C-5 FINO
 UBICACIÓN : LOTE N°20 MANZANA A1, URBANIZACIÓN LOS EUCALIPTOS DE HUANCAYO V ETAPA - EL TAMBO - HUANCAYO
 F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023
 F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	PESO DEL MOLDE (gr.) :				METODO	"C "
2104	1	2	3	4		
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4		
PESO SUELO COMPACTADO + MOLDE	7190	7420	7525	7373		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	3928	4158	4263	4111		
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.867	1.976	2.026	1.954		

CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	178.60	180.29	178.05	184.25	
PESO SUELOS SECO + TARA	164.53	164.02	160.02	163.02	
PESO DE LA TARA	36.16	37.22	36.42	35.36	
PESO DE AGUA	14.07	16.27	18.03	21.23	
PESO DE SUELO SECO	128.37	126.80	123.60	127.66	
CONTENIDO DE AGUA	10.96	12.83	14.59	16.63	
PESO VOLUMETRICO SECO	1.683	1.751	1.768	1.675	

DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.770 gr/cm ³
HUMEDAD OPTIMA:	14.05 %



ASTERESPI S.A.C.
 g. Katherin Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC E - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME

TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"

ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME

CALICATA : C-5 FINO

UBICACIÓN : LOTE N°20 MANZANA A1, URBANIZACIÓN LOS EUCALIPTOS DE HUANCAYO V ETAPA - EL TAMBO - HUANCAYO

F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023

F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

CUADRO DE DATOS CBR						
Molde N°	22		23		24	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + Suelo húmedo	9132	9206	8888	8969	8648	8713
Peso de molde (gr)	5002	5003	5010	5011	5014	5015
Peso del suelo húmedo (gr)	4130	4203	3878	3958	3634	3698
Volumen del molde (cc)	2048	2048	2048	2048	2048	2048
Densidad húmeda (gr/cc)	2.017	2.052	1.893	1.932	1.775	1.806
% de humedad	14.06	16.31	14.17	17.11	14.06	16.30
Densidad seca (gr/cc)	1.768	1.764	1.658	1.650	1.556	1.553
Tarro N°	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	726.54	750.32	769.87	738.62	741.20	783.94
Tarro + Suelo seco (gr.)	644.02	653.85	682.30	639.52	657.20	682.30
Peso del Agua (gr.)	82.52	96.47	87.57	99.10	84.00	101.64
Peso del tarro (gr.)	56.98	62.35	64.35	60.25	59.87	58.62
Peso del suelo seco (gr.)	587.04	591.50	617.95	579.27	597.33	623.68
% de humedad	14.06	16.31	14.17	17.11	14.06	16.30
Promedio de Humedad (%)	14.06	16.31	14.17	17.11	14.06	16.30

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
	10:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
	10:00	24	0.03	0.0	0.0	0.03	0.0	0.0	0.04	0.0	0.0
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0

PENETRACIÓN													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 22				MOLDE N° 23				MOLDE N° 24			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		21	1			15	1			10	0		
0.050		48	2			35	2			25	1		
0.075		60	3			45	2			31	2		
0.100	70.3	78	4	3.7	5.3	64	3	2.9	4.1	42	2	2.1	3.0
0.150		105	5			79	4			63	3		
0.200	105.5	122	6	6.29	6.0	102	5	5.2	4.9	80	4	3.9	3.7
0.250		146	7			127	6			97	5		
0.300		176	9			146	7			112	6		
0.400		215	11			183	9			145	7		
0.500		262	13			219	11			173	9		

ASTERESPI S.A.C.
J. g. Katherin Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

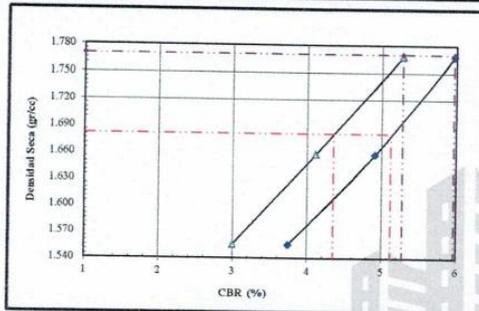
ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC B - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

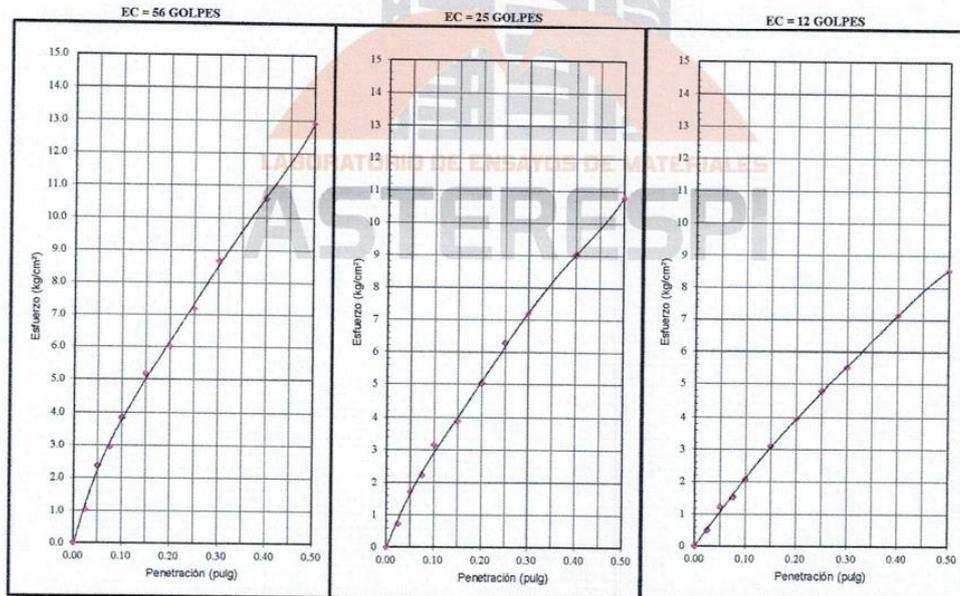
PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
CALICATA : C-5 FINO
UBICACIÓN : LOTE N°20 MANZANA A1, URBANIZACIÓN LOS EUCALIPTOS DE HUANCAYO V ETAPA - EL TAMBO - HUANCAYO
F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023
F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	5.3	0.2"	6.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	4.4	0.2"	5.1

Datos del Proctor	
Densidad Seca	1.770 gr/cc
Óptimo Humedad	14.05 %



ASTERESPI S.A.C.
J. g. Katherine Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S.
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D1557 ; MTC - E-115

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME

TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"

ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME

CALICATA : C-1 GRAVA

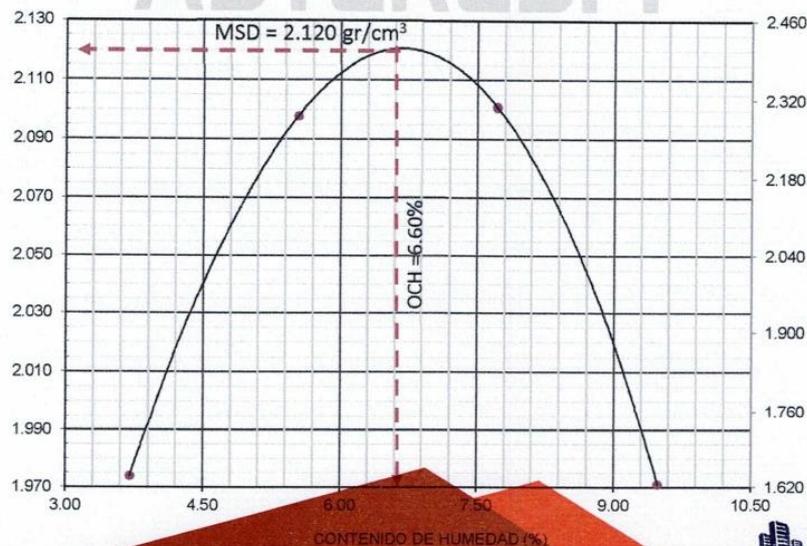
UBICACIÓN : CALLE 1 MZ A, LOTE 18, URB. LA FLORESTA - HUANCAYO - HUANCAYO

F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023

F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2104				PESO DEL MOLDE (gr.) :	3259				METODO	"C"
NUMERO DE ENSAYOS	1				2	3	4				
PESO SUELO COMPACTADO + MOLDE	7566				7917	8020	7800				
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4307				4658	4761	4541				
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.047				2.214	2.263	2.158				
CONTENIDO DE HUMEDAD											
RECIPIENTE Nro.	1				2	3	4				
PESO SUELO HUMEDO + TARA	311.91				304.20	299.17	345.18				
PESO SUELOS SECO + TARA	301.93				289.93	280.17	318.25				
PESO DE LA TARA	32.23				32.14	33.99	34.30				
PESO DE AGUA	9.98				14.27	19.00	26.93				
PESO DE SUELO SECO	269.70				257.79	246.18	283.95				
CONTENIDO DE AGUA	3.70				5.54	7.72	9.48				
PESO VOLUMETRICO SECO	1.974				2.098	2.101	1.971				

DENSIDAD MAXIMA SECA:	2.120 gr/cm ³
HUMEDAD OPTIMA:	6.60 %



Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com

ASTERESPI S.A.C.
g. Katherin Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S.
CIP 133923



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC E - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME

TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"

ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME

CALICATA : C-1 GRAVA

UBICACIÓN : CALLE 1 MZ A, LOTE 18, URB. LA FLORESTA - HUANCAYO - HUANCAYO

F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023

F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

CUADRO DE DATOS CBR													
Molde N°	22		23		24								
N° Capa	5		5		5								
Golpes por capa N°	56		25		10								
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso molde + Suelo húmedo	9623	9735	9348	9448	9086	9185							
Peso de molde (gr)	5002	5003	5010	5011	5014	5015							
Peso del suelo húmedo (gr)	4621	4732	4338	4437	4072	4170							
Volumen del molde (cc)	2048	2048	2048	2048	2048	2048							
Densidad húmeda (gr/cc)	2.256	2.311	2.118	2.166	1.988	2.036							
% de humedad	6.54	9.32	6.62	9.60	6.69	9.46							
Densidad seca (gr/cc)	2.118	2.114	1.987	1.977	1.864	1.860							
Tarro N°	-	-	-	-	-	-							
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	713.20	816.25	612.48	625.30	585.25	701.20							
Tarro + Suelo seco (gr.)	672.92	752.01	578.15	575.02	552.02	645.20							
Peso del Agua (gr.)	40.28	64.24	34.33	50.28	33.23	56.00							
Peso del tarro (gr.)	56.55	62.66	59.45	51.02	55.00	53.26							
Peso del suelo seco (gr.)	616.37	689.35	518.70	524.00	497.02	591.94							
% de humedad	6.54	9.32	6.62	9.60	6.69	9.46							
Promedio de Humedad (%)	6.54	9.32	6.62	9.60	6.69	9.46							
EXPANSIÓN													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
	10:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
	10:00	24	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
PENETRACIÓN													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 22				MOLDE N° 23				MOLDE N° 24			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		106	5			76	4			31	2		
0.050		279	14			199	10			79	4		
0.075		505	25			319	16			155	8		
0.100	70.3	678	33	31.8	45.2	418	21	21.9	31.1	229	11	12.0	17.1
0.150		930	46			660	33			426	21		
0.200	105.5	1208	60	60.07	57.0	936	46	44.1	41.8	592	29	29.3	27.8
0.250		1431	71			1095	54			780	38		
0.300		1692	83			1269	63			956	47		
0.400		2048	101			1572	78			1206	60		
0.500		2349	116			1812	89			1387	68		

ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherin Espiritu Veltz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
 S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

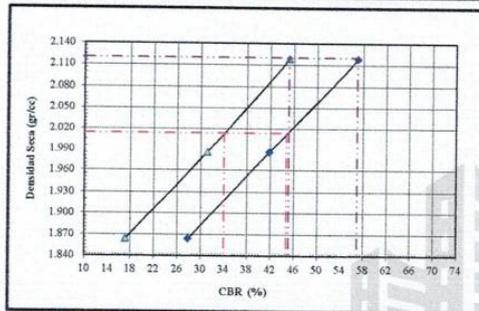
ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883; MTC E - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
CALICATA : C-1 GRAVA
UBICACIÓN : CALLE 1 MZ. A, LOTE 18, URB. LA FLORESTA - HUANCAYO - HUANCAYO
F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023
F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

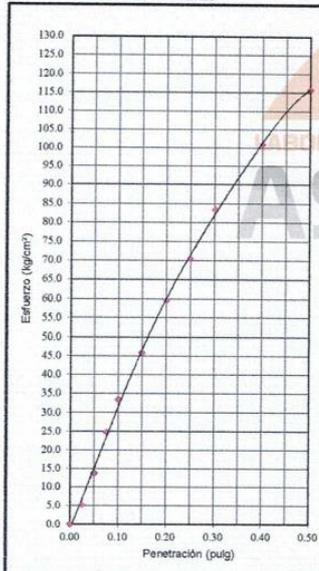
GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



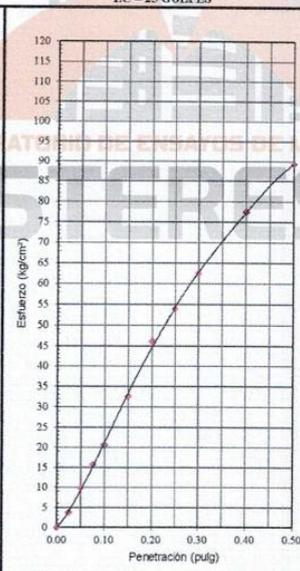
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	45.2	0.2":	57.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	34.0	0.2":	44.7

Datos del Proctor	
Densidad Seca	2.120 gr/cc
Óptimo Humedad	6.60 %

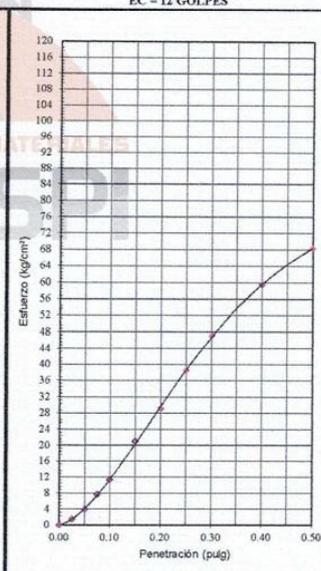
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



ASTERESPI S.A.C.
 Ing. Katherine Espirtu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D1557; MTC - E-115

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME

TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"

ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME

CALICATA : C-2 GRAVA

UBICACIÓN : AV. MARIATEGUI - EL TAMBO - HUANCAYO

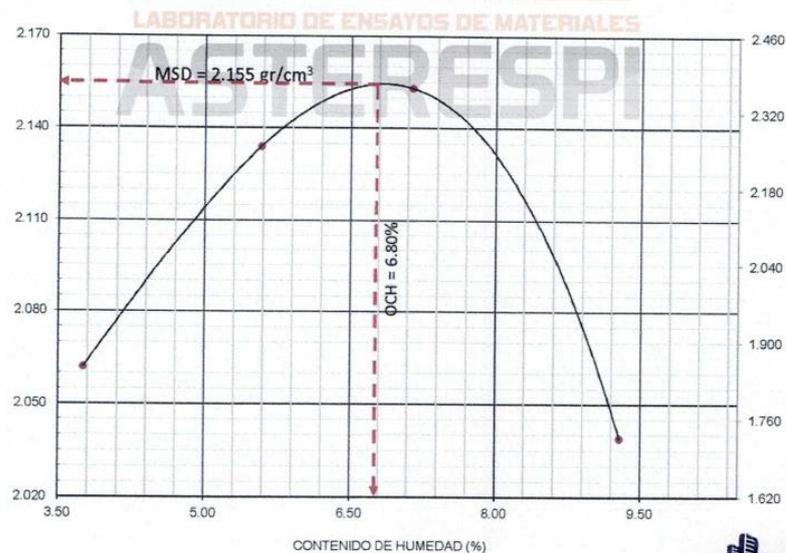
F. RECEPCIÓN : Lunes, 5 de Junio de 2023

F. EMISIÓN : Lunes, 26 de Junio de 2023

VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	PESO DEL MOLDE (gr) :				METODO	"C "
2104	1	2	3	4		
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4		
PESO SUELO COMPACTADO + MOLDE	7762	8002	8115	7950		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4501	4741	4854	4689		
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.139	2.253	2.307	2.229		

CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	258.23	352.02	216.35	190.46	
PESO SUELOS SECO + TARA	250.10	335.21	204.32	177.26	
PESO DE LA TARA	33.55	33.93	35.91	35.05	
PESO DE AGUA	8.13	16.81	12.03	13.20	
PESO DE SUELO SECO	216.55	301.28	168.41	142.21	
CONTENIDO DE AGUA	3.75	5.58	7.14	9.28	
PESO VOLUMETRICO SECO	2.062	2.134	2.153	2.039	

DENSIDAD MAXIMA SECA:	2.155 gr/cm ³
HUMEDAD OPTIMA:	6.80 %



ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherin Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com



RESOLUCIÓN INDECOPI N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC E - 132

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
CALICATA : C-2 GRAVA
UBICACIÓN : AV. MARIATEGUI - EL TAMBO - HUANCAYO
F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023
F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

CUADRO DE DATOS CBR													
Molde N°	22		23		24								
N° Capa	5		5		5								
Golpes por capa N°	56		25		10								
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso molde + Suelo húmedo	9712	9803	9430	9527	9159	9266							
Peso de molde (gr.)	5002	5003	5010	5011	5014	5015							
Peso del suelo húmedo (gr.)	4710	4800	4420	4516	4145	4251							
Volumen del molde (cc)	2048	2048	2048	2048	2048	2048							
Densidad húmeda (gr/cc)	2.300	2.344	2.158	2.205	2.024	2.076							
% de humedad	6.82	9.07	6.87	9.74	6.82	9.77							
Densidad seca (gr/cc)	2.153	2.149	2.020	2.009	1.895	1.891							
Tarro N°	-	-	-	-	-	-							
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	727.11	778.62	647.25	705.32	648.52	675.20							
Tarro + Suelo seco (gr.)	684.29	718.45	609.21	647.57	610.55	620.05							
Peso del Agua (gr.)	42.82	60.17	38.04	57.75	37.97	55.15							
Peso del tarro (gr.)	56.45	55.20	55.47	54.65	54.21	55.69							
Peso del suelo seco (gr.)	627.84	663.25	553.74	592.92	556.34	564.36							
% de humedad	6.82	9.07	6.87	9.74	6.82	9.77							
Promedio de Humedad (%)	6.82	9.07	6.87	9.74	6.82	9.77							
EXPANSIÓN													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
	08:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
	08:00	24	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.01	0.0	0.0		
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
PENETRACIÓN													
PENETRACION pulg.	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 22				MOLDE N° 23				MOLDE N° 24			
		CARGA Kg	kg/cm2	CORRECCION kg/cm2	%	CARGA Kg	kg/cm2	CORRECCION kg/cm2	%	CARGA Kg	kg/cm2	CORRECCION kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		148	7			72	4			42	2		
0.050		352	17			285	14			194	10		
0.075		565	28			426	21			285	14		
0.100	70.3	759	37	35.2	50.1	601	30	28.0	39.9	432	21	20.6	29.3
0.150		1002	49			819	40			625	31		
0.200	105.5	1248	62	61.77	58.6	975	48	50.5	47.9	806	40	40.6	38.5
0.250		1420	70			1198	59			996	49		
0.300		1659	82			1384	68			1178	58		
0.400		2075	102			1672	82			1422	70		
0.500		2457	121			2037	101			1707	84		

ASTERESPI S.A.C.
 Ing. Katherin Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S.
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

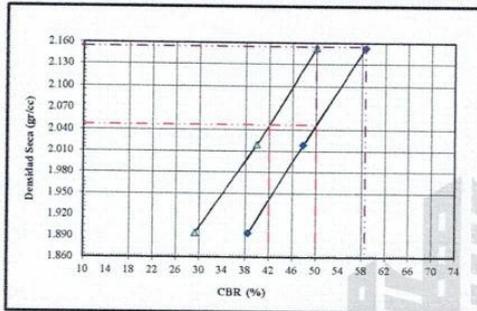
ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC E - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

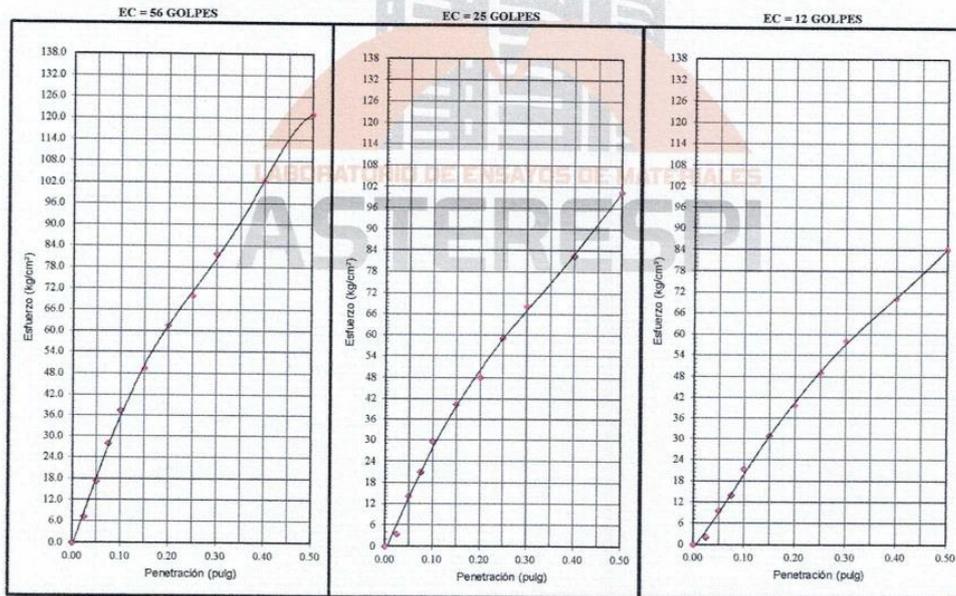
PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYMÉ
TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYMÉ
CALICATA : C-2 GRAVA
UBICACIÓN : AV. MARIATEGUI - EL TAMBO - HUANCAYO
F. RECEPCIÓN : Lunes, 5 de Junio de 2023
F. EMISIÓN : Lunes, 26 de Junio de 2023

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	50.1	0.2":	58.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	42.0	0.2":	50.0

Datos del Proctor	
Densidad Seca	2.155 gr/cc
Óptimo Humedad	6.80 %



Nota:
 Tipo de equipo: Celda de carga con lector digital prensa Marshall // Capacidad del equipo: 5,000 kgf. División de escala: 0.1 kgf.
 Marca de la celda de carga: ZEMIC // Modelo de la celda de carga: H3 - C3 - 5.0t - 6B. // N° de serie de la celda de carga: 5.0t N2C015333
 Tipo de indicador de carga: Digital Hiweigh. // Modelo indicador de carga: 315-X8



J. g. Katherin Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

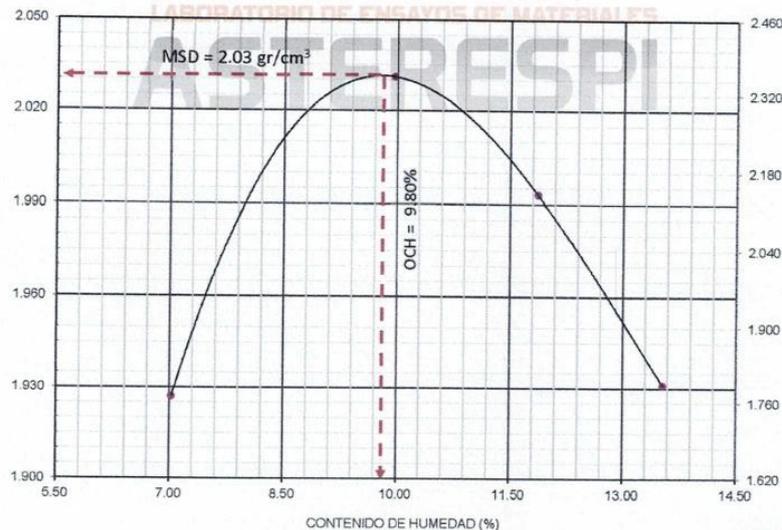
ASTM D1557; MTC - E-115

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
 ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 CALICATA : C-3 GRAVA
 UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS SAUCES 2 ETAPA - EL TAMBO - HUANCAYO
 F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023
 F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2104		PESO DEL MOLDE (gr.) :		3261	METODO	"C"
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4			
PESO SUELO COMPACTADO + MOLDE	7601	7960	7951	7874			
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4340	4699	4690	4613			
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.063	2.233	2.229	2.192			
CONTENIDO DE HUMEDAD							
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4			
PESO SUELO HUMEDO + TARA	174.20	244.02	285.32	283.02			
PESO SUELOS SECO + TARA	165.12	225.46	256.63	253.10			
PESO DE LA TARA	35.82	39.06	33.80	32.04			
PESO DE AGUA	9.08	18.56	26.69	29.92			
PESO DE SUELO SECO	129.30	186.40	224.83	221.06			
CONTENIDO DE AGUA	7.02	9.96	11.87	13.53			
PESO VOLUMETRICO SECO	1.927	2.031	1.993	1.931			

DENSIDAD MAXIMA SECA:	2.030 gr/cm ³
HUMEDAD OPTIMA:	9.80 %



ASTERESPI S.A.C.
 J. g. Katherin Espintu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC E - 132

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
 ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 CALICATA : C-3 GRAVA
 UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS SAUCES 2 ETAPA - EL TAMBO - HUANCAYO
 F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023
 F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

CUADRO DE DATOS CBR													
Molde N°	22		23		24								
N° Capa	5		5		5								
Golpes por capa N°	56		25		10								
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso molde + Suelo húmedo	9736	9816	9511	9618	9103	9202							
Peso de molde (gr)	5174	5174	5233	5233	5087	5087							
Peso del suelo húmedo (gr)	4562	4642	4278	4385	4016	4115							
Volumen del molde (cc)	2048	2048	2048	2048	2048	2048							
Densidad húmeda (gr/cc)	2.228	2.266	2.089	2.141	1.961	2.009							
% de humedad	9.85	11.98	9.81	13.13	9.88	12.82							
Densidad seca (gr/cc)	2.028	2.024	1.902	1.893	1.785	1.781							
Tarro N°	-	-	-	-	-	-							
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	627.05	666.36	670.20	606.20	689.02	655.98							
Tarro + Suelo seco (gr.)	576.15	601.32	615.34	542.17	632.20	587.92							
Peso del Agua (gr.)	50.90	65.04	54.86	64.03	56.82	68.06							
Peso del tarro (gr.)	59.32	58.45	56.33	54.63	56.88	57.21							
Peso del suelo seco (gr.)	516.83	542.87	559.01	487.54	575.32	530.71							
% de humedad	9.85	11.98	9.81	13.13	9.88	12.82							
Promedio de Humedad (%)	9.85	11.98	9.81	13.13	9.88	12.82							
EXPANSIÓN													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
	08:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
	08:00	24	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
PENETRACION													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 22				MOLDE N° 23				MOLDE N° 24			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		158	8			109	5			98	5		
0.050		302	15			246	12			196	10		
0.075		443	22			394	19			309	15		
0.100	70.3	603	30	28.3	40.3	498	25	23.5	33.4	394	19	19.4	27.6
0.150		775	38			659	33			559	28		
0.200	105.5	981	48	47.65	45.2	789	39	40.4	38.3	698	34	34.3	32.6
0.250		1092	54			937	46			812	40		
0.300		1239	61			1084	53			907	45		
0.400		1488	73			1274	63			1086	54		
0.500		1744	86			1475	73			1201	59		

ASTERESPI S.A.C.
 J. g. Kathryn Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S.
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
 S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

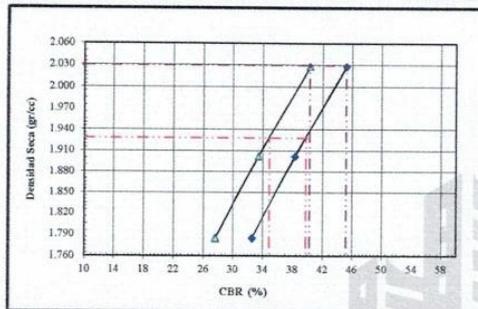
ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC E - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
CALICATA : C-3 GRAVA
UBICACIÓN : URBANIZACIÓN LOS SAUCES 2 ETAPA - EL TAMBO - HUANCAYO
F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023
F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



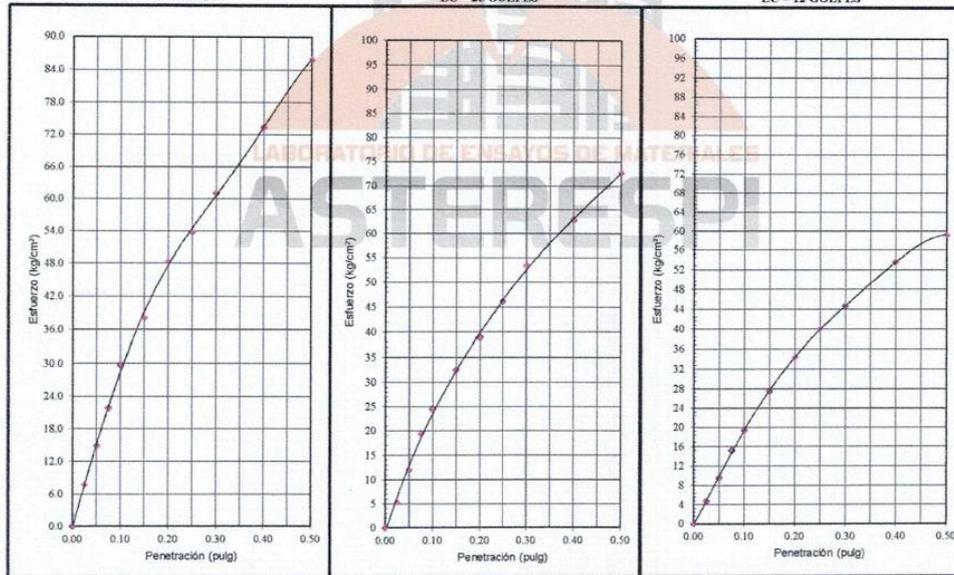
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	40.3	0.2":	45.2
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	34.9	0.2":	39.8

Datos del Proctor	
Densidad Seca	2.030 gr/cc
Óptimo Humedad	9.80 %

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES



ASTERESPI S.A.C.
J. g. Katherin Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S.
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

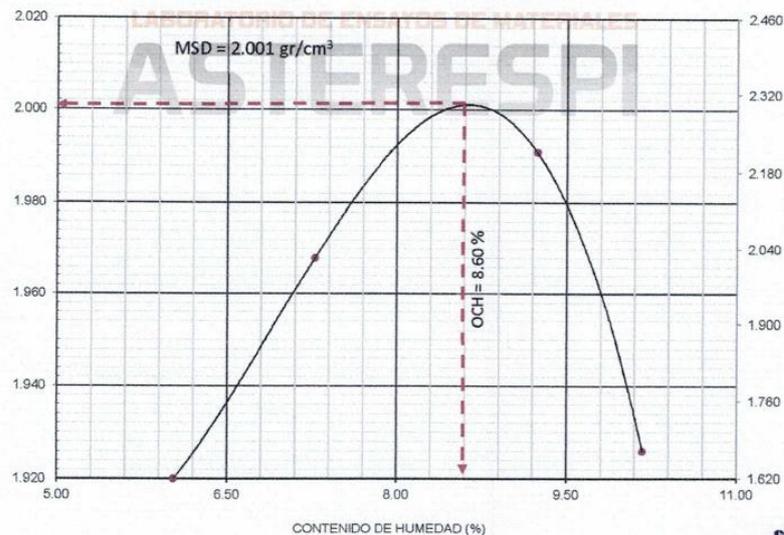
ASTM D1557 ; MTC - E-115

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
CALICATA : C-4 GRAVA
UBICACIÓN : EL TAMBO - HUANCAYO - JUNÍN
F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023
F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2104	PESO DEL MOLDE (gr) :				3240	METODO	"C"
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4			
PESO SUELO COMPACTADO + MOLDE		7524	7682	7815	7705			
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		4284	4442	4575	4465			
PESO VOLUMETRICO HUMEDO		2.036	2.111	2.174	2.122			
CONTENIDO DE HUMEDAD								
RECIPIENTE Nro.		1	2	3	4			
PESO SUELO HUMEDO + TARA		256.32	201.36	208.36	254.22			
PESO SUELOS SECO + TARA		243.68	190.01	193.64	234.02			
PESO DE LA TARA		34.01	33.93	34.31	35.40			
PESO DE AGUA		12.64	11.35	14.72	20.20			
PESO DE SUELO SECO		209.67	156.08	159.33	198.62			
CONTENIDO DE AGUA		6.03	7.27	9.24	10.17			
PESO VOLUMETRICO SECO		1.920	1.968	1.991	1.926			

DENSIDAD MAXIMA SECA:	2.001 gr/cm ³
HUMEDAD OPTIMA:	8.60 %



ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherin Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883, MTC E - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
CALICATA : C-4 GRAVA
UBICACIÓN : EL TAMBO - HUANCAYO - JUNÍN
F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023
F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

CUADRO DE DATOS CBR													
Molde N°	22		23		24								
N° Capa	5		5		5								
Golpes por capa N°	56		25		10								
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso molde + Suelo húmedo	9451	9503	9181	9273	8929	9021							
Peso de molde (gr)	5002	5003	5010	5011	5014	5015							
Peso del suelo húmedo (gr)	4449	4500	4171	4262	3915	4006							
Volumen del molde (cc)	2048	2048	2048	2048	2048	2048							
Densidad húmeda (gr/cc)	2.173	2.197	2.037	2.081	1.912	1.956							
% de humedad	8.68	10.13	8.62	11.56	8.67	11.41							
Densidad seca (gr/cc)	1.999	1.995	1.875	1.866	1.759	1.756							
Tarro N°	-	-	-	-	-	-							
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	659.23	695.32	711.48	732.18	713.87	745.87							
Tarro + Suelo seco (gr.)	611.03	645.21	659.67	672.11	661.45	685.24							
Peso del Agua (gr.)	48.20	50.11	51.81	60.07	52.42	60.63							
Peso del tarro (gr.)	55.75	150.36	58.97	152.32	57.12	154.01							
Peso del suelo seco (gr.)	555.28	494.85	600.70	519.79	604.33	531.23							
% de humedad	8.68	10.13	8.62	11.56	8.67	11.41							
Promedio de Humedad (%)	8.68	10.13	8.62	11.56	8.67	11.41							
EXPANSIÓN													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL		DIAL		DIAL		DIAL				
			EXPANSION mm	%	EXPANSION mm	%	EXPANSION mm	%					
	10:00	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0			
	10:00	24	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0			
			0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0			
			0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0			
			0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0			
PENETRACION													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 22				MOLDE N° 23				MOLDE N° 24			
		CARGA Kg	kg/cm2	CORRECCION kg/cm2	%	CARGA Kg	kg/cm2	CORRECCION kg/cm2	%	CARGA Kg	kg/cm2	CORRECCION kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		79	4			43	2			32	2		
0.050		192	9			137	7			86	4		
0.075		426	21			289	14			194	10		
0.100	70.3	619	31	27.7	39.4	447	22	20.5	29.1	277	14	13.9	19.8
0.150		844	42			634	31			458	23		
0.200	105.5	1049	52	53.35	50.6	804	40	40.6	38.5	590	29	28.8	27.3
0.250		1265	62			1009	50			705	35		
0.300		1514	75			1146	57			825	41		
0.400		1855	92			1477	73			1046	52		
0.500		2165	107			1809	89			1218	60		

ASTERESPI S.A.C.
J. g. Katherin Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
 S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

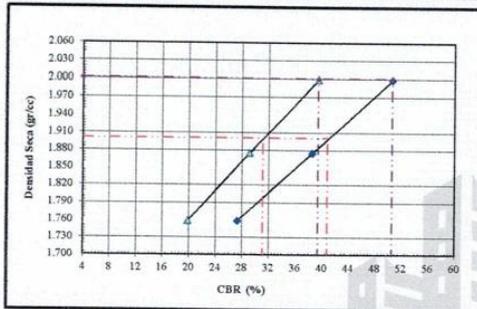
ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC B - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
CALICATA : C-4 GRAVA
UBICACIÓN : EL TAMBO - HUANCAYO - JUNÍN
F. RECEPCIÓN : Lunes, 5 de Junio de 2023
F. EMISIÓN : Lunes, 26 de Junio de 2023

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



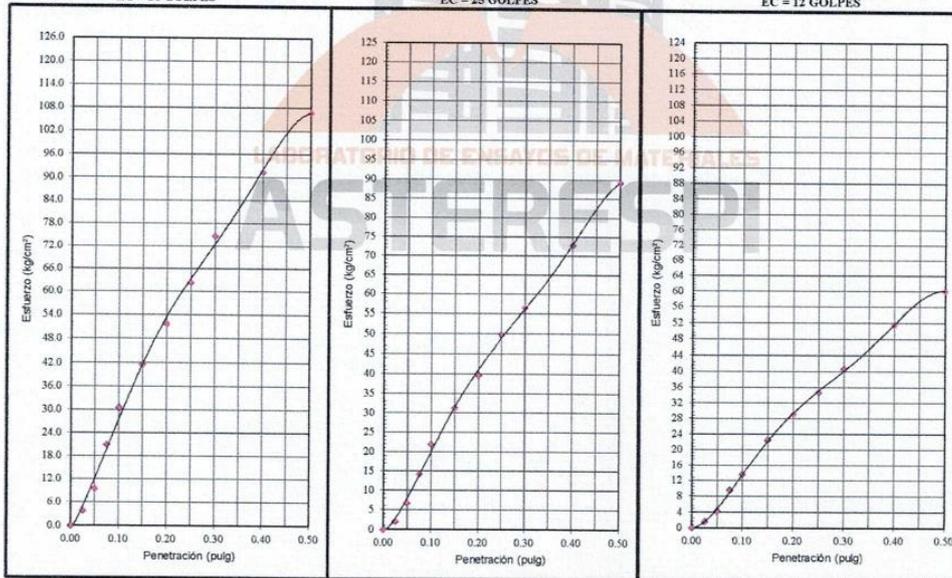
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	39.4	0.2"	50.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	31.1	0.2"	40.8

Datos del Proctor	
Densidad Seca	2.001 gr/cc
Óptimo Humedad	8.60 %

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES



Nota:

Tipo de equipo: Celda de carga con lector digital prensa Marshall // Capacidad del equipo: 5,000 kgf. División de escala: 0.1 kgf.
 Marca de la celda de carga: ZEMIC // Modelo de la celda de carga: H3 - C3 - 5,0t - 6B. // N° de serie de la celda de carga: 5,0t N2C015333
 Tipo de indicador de carga: Digital Hiweigh // Modelo indicador de carga: 315-XB

ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherine Espintu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D1557; MTC - E-115

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME

TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"

ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME

CALICATA : C-5 GRAVA

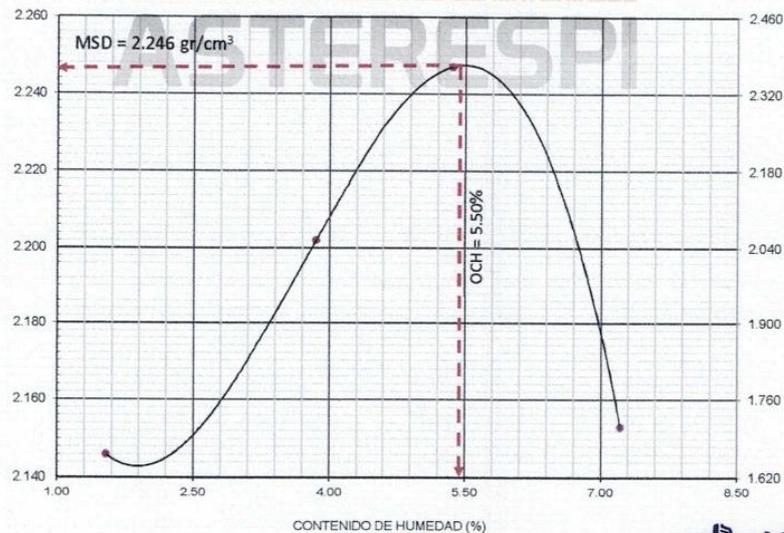
UBICACIÓN : LOTE 7 MZ B COVICA COOPERATIVA DE VIVIENDA CANTUTA - EL TAMBO - HUANCAYO

F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023

F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2104				PESO DEL MOLDE (gr.) :	3258				METODO	"C"					
NUMERO DE ENSAYOS	1				2				3				4			
PESO SUELO COMPACTADO + MOLDE	7842				8070				8240				8114			
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4584				4812				4982				4856			
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.179				2.287				2.368				2.308			
CONTENIDO DE HUMEDAD																
RECIPIENTE Nro.	1				2				3				4			
PESO SUELO HUMEDO + TARA	472.23				509.44				511.00				477.42			
PESO SUELOS SECO + TARA	465.60				491.83				486.99				447.46			
PESO DE LA TARA	33.96				34.26				39.04				32.13			
PESO DE AGUA	6.63				17.61				24.01				29.96			
PESO DE SUELO SECO	431.64				457.57				447.95				415.33			
CONTENIDO DE AGUA	1.54				3.85				5.36				7.21			
PESO VOLUMETRICO SECO	2.146				2.202				2.247				2.153			

DENSIDAD MAXIMA SECA:	2.246 gr/cm ³
HUMEDAD OPTIMA:	5.50 %



ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherin Espiritu Veliz

ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC E - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME

TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"

ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME

CALICATA : C-5 GRAVA

UBICACIÓN : LOTE 7 MZ B COVICA COOPERATIVA DE VIVIENDA CANTUTA - EL TAMBO - HUANCAYO

F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023

F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

CUADRO DE DATOS CBR													
Molde N°	22		23		24								
N° Capa	5		5		5								
Golpes por capa N°	56		25		10								
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso molde + Suelo húmedo	9851	9920	9558	9626	9280	9371							
Peso de molde (gr)	5002	5003	5010	5011	5014	5015							
Peso del suelo húmedo (gr)	4849	4917	4548	4615	4266	4356							
Volumen del molde (cc)	2048	2048	2048	2048	2048	2048							
Densidad húmeda (gr/cc)	2.368	2.401	2.221	2.254	2.083	2.127							
% de humedad	5.52	7.20	5.51	7.60	5.49	7.93							
Densidad seca (gr/cc)	2.244	2.240	2.105	2.094	1.975	1.971							
Tarro N°	-	-	-	-	-	-							
Tarro + Suelo húmedo (gr)	716.43	718.35	693.02	705.32	721.36	718.12							
Tarro + Suelo seco (gr)	682.30	674.30	660.29	660.09	687.15	670.15							
Peso del Agua (gr)	34.13	44.05	32.73	45.23	34.21	47.97							
Peso del tarro (gr)	63.50	62.30	66.35	65.20	64.50	65.30							
Peso del suelo seco (gr)	618.80	612.00	593.94	594.89	622.65	604.85							
% de humedad	5.52	7.20	5.51	7.60	5.49	7.93							
Promedio de Humedad (%)	5.52	7.20	5.51	7.60	5.49	7.93							
EXPANSIÓN													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
	10:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
	10:00	24	0.01	0.0	0.0	0.01	0.0	0.0	0.01	0.0	0.0		
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
			0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		
PENETRACIÓN													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 22				MOLDE N° 23				MOLDE N° 24			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		278	14			199	10			128	6		
0.050		482	24			308	15			244	12		
0.075		612	30			486	24			356	18		
0.100	70.3	828	41	39.3	56.0	673	33	30.3	43.1	441	22	21.8	31.1
0.150		1090	54			826	41			600	30		
0.200	105.5	1289	64	64.20	60.9	1050	52	51.8	49.1	799	39	38.5	36.5
0.250		1486	73			1220	60			933	46		
0.300		1653	82			1373	68			1046	52		
0.400		2006	99			1700	84			1334	66		
0.500		2295	113			1962	97			1608	79		

ASTERESPI S.A.C.
J. g. Katherin/Espiritu Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
 S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

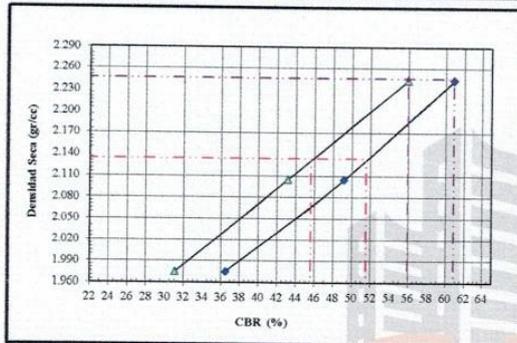
ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D1883 ; MTC E - 132

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

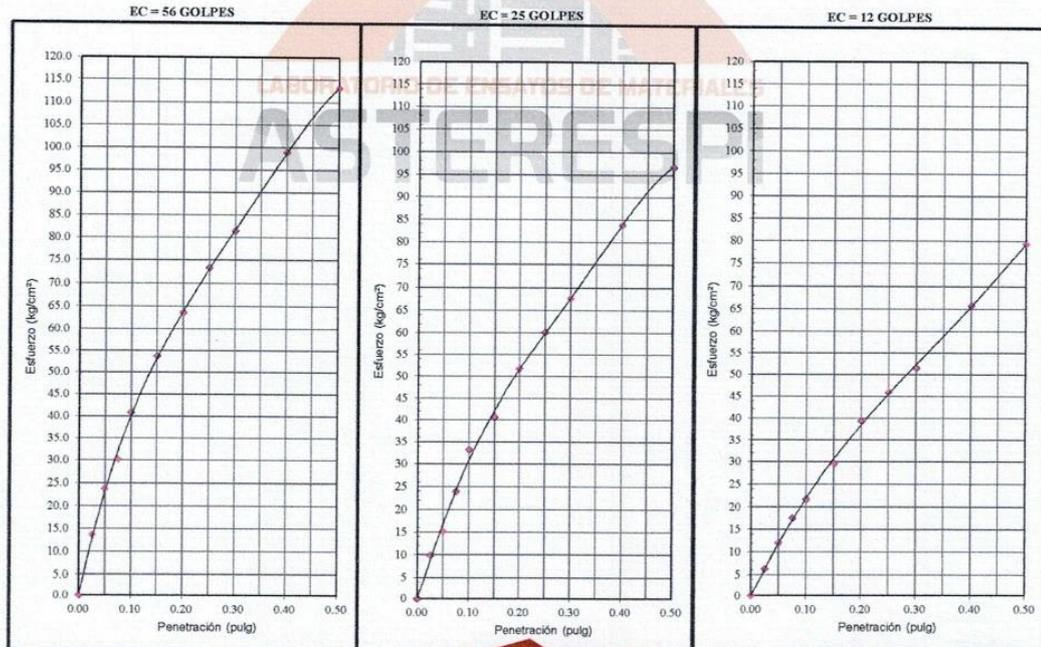
PETICIONARIO : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
TESIS : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
ATENCIÓN : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
CALICATA : C-5 GRAVA
UBICACIÓN : LOTE 7 MZ B COVICA COOPERATIVA DE VIVIENDA CANTUTA - EL TAMBO - HUANCAYO
F. RECEPCIÓN : lunes, 5 de Junio de 2023
F. EMISIÓN : lunes, 26 de Junio de 2023

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (0.1")	56.0	0.2": 60.9
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (0.2")	45.6	0.2": 51.5

Datos del Proctor	
Densidad Seca	2.246 gr/cc
Optimo Humedad	5.50 %



ASTERESPI S.A.C.

I. g. Katherine Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



**RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI**

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME
 Tesis : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
 Fecha de recepción : lunes, 5 de Junio de 2023
 Fecha de emisión : lunes, 12 de Junio de 2023

**ENSAYO DE DENSIDAD MINIMA
NTP 339.138 / ASTM D 4254**

PUNTO N°	IDENTIFICACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
1	C-1 GRAVA	0.00	1.805	1.805
2	C-2 GRAVA	0.00	1.790	1.790
3	C-3 GRAVA	0.00	1.772	1.772
4	C-4 GRAVA	0.00	1.796	1.796
5	C-5 GRAVA	0.00	1.894	1.894

**ENSAYO DE DENSIDAD MAXIMA
NTP 339.137 / ASTM D 4253**

PUNTO N°	IDENTIFICACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
1	C-1 GRAVA	0.00	2.007	2.007
2	C-2 GRAVA	0.00	1.997	1.997
3	C-3 GRAVA	0.00	1.947	1.947
4	C-4 GRAVA	0.00	1.983	1.983
5	C-5 GRAVA	0.00	2.119	2.119

OBSERVACION :

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)


J. g. Kathleen Espinosa Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com



**RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI**

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Tesis : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"

Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME

Fecha de recepción : 05/07/2023

Fecha de recepción : 04/08/2023

Título : *Gravidad Específica de Sólidos ASTM D854*

$$G_s = \text{Peso específico} \left(\frac{T_x}{T_s} \text{ } ^\circ\text{C} \right) = \frac{W_o}{W_o + (W_a - W_b)}$$

Temp. del ensayo (Tx°) (°C) : 18

C - 1 GRAVA		
	1°	2°
W.Pic.+ Agua a Tx° (Wa) (g)	351.67	351.67
W.Pic+Muestra+agua (Wb) (g)	398.32	399.08
Peso muestra seca (Wo) (g)	74.99	75.99
Peso específico suelo (Gs)	2.646	2.659
Peso específico (Gs)	2.65	

C - 2 GRAVA		
	1°	2°
W.Pic.+ Agua a Tx° (Wa) (g)	351.67	351.67
W.Pic+Muestra+agua (Wb) (g)	398.32	394.67
Peso muestra seca (Wo) (g)	75.50	69.50
Peso específico suelo (Gs)	2.617	2.623
Peso específico (Gs)	2.62	

C - 3 GRAVA		
	1°	2°
W.Pic.+ Agua a Tx° (Wa) (g)	351.67	351.67
W.Pic+Muestra+agua (Wb) (g)	389.69	393.86
Peso muestra seca (Wo) (g)	61.26	67.88
Peso específico suelo (Gs)	2.636	2.642
Peso específico (Gs)	2.64	

C - 4 GRAVA		
	1°	2°
W.Pic.+ Agua a Tx° (Wa) (g)	351.67	351.67
W.Pic+Muestra+agua (Wb) (g)	390.31	396.42
Peso muestra seca (Wo) (g)	62.08	71.80
Peso específico suelo (Gs)	2.648	2.654
Peso específico (Gs)	2.65	

C - 5 GRAVA		
	1°	2°
W.Pic.+ Agua a Tx° (Wa) (g)	351.67	351.67
W.Pic+Muestra+agua (Wb) (g)	391.58	398.25
Peso muestra seca (Wo) (g)	64.45	75.03
Peso específico suelo (Gs)	2.626	2.637
Peso específico (Gs)	2.63	

ASTERESPI S.A.C.

J. g. Katherine Espinosa Veliz
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
E-mail: kageotecnia@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ASTERESPI
S.A.C

RESOLUCIÓN INDECOPI
N° 001849/DSD - INDECOPI

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTO

Tesis : "VALIDACIÓN DE LOS VALORES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS FINOS Y GRANULARES
MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS PARA SUBRASANTE"
Peticionario : BACH. JUDITH ROCIO SOARES AYME

Cálculo de la relación de vacíos (e)

1. Relación del peso específico con otras propiedades físicas.

$$\gamma = \frac{(1 + w)G_s\gamma_w}{1 + e}$$

γ : Peso específico del suelo (g/cm^3)
 w : Humedad (%)
 G_s : Gravedad específica de los sólidos
 γ_w : Peso específico del agua (g/cm^3)
 e : Relación de vacíos

2. Relación para el cálculo de la relación de vacíos.

$$e = \frac{(1 + w)G_s\gamma_w}{\gamma} - 1$$

	C - 1 GRAVA	C - 2 GRAVA
Humedad (%)	6.6%	6.8%
Gravedad específica de sólidos	2.65	2.62
Peso específico del agua	1.00	1.00
Peso específico del suelo	2.12	2.16
Relación de vacíos (e)	0.33	0.30

	C - 3 GRAVA	C - 4 GRAVA
Humedad (%)	9.8%	8.6%
Gravedad específica de sólidos	2.64	2.65
Peso específico del agua	1.00	1.00
Peso específico del suelo	2.03	2.00
Relación de vacíos (e)	0.43	0.44

	C - 5 GRAVA
Humedad (%)	5.5%
Gravedad específica de sólidos	2.63
Peso específico del agua	1.00
Peso específico del suelo	2.25
Relación de vacíos (e)	0.24

ASTERESPI S.A.C.

 Ing. Katherine Espiritu Veliz
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S.
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260
 E-mail: kageotecnia@gmail.com

Anexo N° 07: Certificados de Calibración

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 12165 - 2022

PROFORMA : 7052F

Fecha de emisión : 2022-12-14

SOLICITANTE : MASTERESPI S.A.C.

Dirección : JR. PARACAS NRO. S/N (S69068270-BARRIO PATARCOCHA PILCOMAYO) PILCOMAYO JUNÍN-HUANCAYO-HUANCAYO

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

TEST & CONTROL S.A.C. es un

 Tipo : ELECTRÓNICA
 Marca : OHAUS

 Laboratorio de Calibración y
 Certificación de equipos de

 Modelo : SE602F
 N° de Serie : 8358190110
 Capacidad Máxima : 600 g
 Resolución : 0,01 g
 División de Verificación : 0,1 g
 Clase de Exactitud : III

Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

 Capacidad Mínima : 2 g
 Procedencia : CHINA
 Identificación : No Indica
 Ubicación : LABORATORIO

 TEST & CONTROL S.A.C. brinda
 los servicios de calibración de
 instrumentos de medición con los
 más altos estándares de calidad,

 Variación de ΔT Local : 8 °C
 Fecha de Calibración : 2022-12-14

nuestros clientes.

 Este certificado de calibración
 documenta la trazabilidad a los
 patrones nacionales o
 internacionales, de acuerdo con el
 Sistema Internacional de Unidades
 (SI).

LUGAR DE CALIBRACION

Instalaciones de MASTERESPI S.A.C.

 Con el fin de asegurar la calidad
 de sus mediciones se le recomienda
 al usuario recalibrar sus
 instrumentos a intervalos
 apropiados.

METODO DE CALIBRACION

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-001 "Procedimiento para la Calibración de Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático Clase III y IIII". Primera Edición - Mayo 2019. DM - IN CAL.

 Los resultados son válidos
 solamente para el ítem sometido a
 calibración, no deben ser utilizados
 como una certificación de
 conformidad con normas de
 producto o como certificado del
 sistema de calidad de la entidad
 que lo produce

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.




 Lic. Nicolás Ramos Paucar
 Gerente Técnico
 CFP: 0316

Página : 1 de 3

Certificado de Calibración
TC - 12165 - 2022
TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 100 mg a 1 kg Clase de Exactitud M2	TC-6069-2022 Mayo 2022

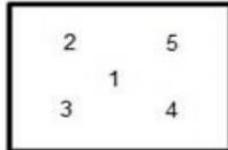
RESULTADOS DE MEDICIÓN
INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,2 °C	20,3 °C
Humedad Relativa	48 %	48 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	300	299,99	6	-11	1	600	599,97	4	-29
2		299,99	6	-11	2		599,98	5	-20
3		299,99	6	-11	3		599,98	5	-20
4		299,99	5	-10	4		599,98	5	-20
5		299,99	5	-10	5		599,97	3	-28
6		299,99	5	-10	6		599,97	4	-29
7		299,99	6	-11	7		599,97	4	-29
8		299,99	5	-10	8		599,98	5	-20
9		299,99	5	-10	9		599,98	5	-20
10		299,99	5	-10	10		599,98	5	-20
Emax - Emin (mg)				1	Emax - Emin (mg)				9
e.m.p. \pm (mg)				300	e.m.p. \pm (mg)				300

Certificado de Calibración
TC - 12165 - 2022


Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,3 °C	20,3 °C
Humedad Relativa	48 %	48 %

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

N°	Determinación de Eo				Determinación del Error Corregido Ec					e.m.p. ± (mg)
	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1	1	1,00	6	-1	200	199,99	5	-10	-9	200
2		1,00	6	-1		200,00	7	-2	-1	
3		1,00	5	0		200,00	7	-2	-2	
4		1,00	5	0		199,99	5	-10	-10	
5		1,00	7	-2		200,00	6	-1	1	

ENSAYO DE PESAJE

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,3 °C	20,4 °C
Humedad Relativa	48 %	49 %

Carga (g)	Carga Creciente				Carga Decreciente				e.m.p. ± (mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1,000	1,00	6	-1						
2,001	2,00	6	-2	-1	2,00	5	-1	0	100
5,000	5,00	5	0	1	5,00	5	0	1	100
10,000	10,00	5	0	1	10,00	5	0	1	100
50,000	50,00	6	-1	0	50,00	5	0	1	100
100,001	100,00	6	-2	-1	99,99	5	-11	-10	200
200,001	199,99	5	-11	-10	199,99	5	-11	-10	200
300,001	299,99	5	-11	-10	299,99	5	-11	-10	300
400,002	399,99	5	-12	-11	399,98	4	-21	-20	300
500,001	499,98	4	-20	-19	499,98	4	-20	-19	300
600,002	599,98	5	-22	-21	599,98	5	-22	-21	300

Donde:

I : Indicación de la balanza

ΔL : Carga incrementada

Eo : Error en cero

e.m.p. : Error máximo permitido

E : Error encontrado

Ec : Error corregido

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

Lectura Corregida	=	$R + 3,63 \times 10^{-5} \times R$
Incetidumbre Expandida	=	$2 \times \sqrt{4,39 \times 10^{-5} \text{ kg}^2 + 1,19 \times 10^{-9} \times R^2}$

R : Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración (g)

OBSERVACIONES

 Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.
 La indicación de la balanza fue de 600,00 g para una carga de valor nominal 600 g.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

Página : 3 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 12153 - 2022

PROFORMA : 6352F Fecha de emisión : 2022-12-14

SOLICITANTE : MASTERESPI S.A.C.

Dirección : JR. PARACAS NRO. S/N (S69068270-BARRIO PATARCOCHA PILCOMAYO) PILCOMAYO JUNÍN-HUANCAYO-HUANCAYO

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

Tipo : ELECTRÓNICA
 Marca : OHAUS

Modelo : SJX6201/E
 N° de Serie : B943469420
 Capacidad Máxima : 6200 g
 Resolución : 0,1 g
 División de Verificación : 0,1 g
 Clase de Exactitud : I

Capacidad Mínima : 10 g
 Procedencia : CHINA
 N° de Parte : No Indica No
 Identificación : Indica
 Ubicación : LABORATORIO

Variación de ΔT Local : 4 °C
 Fecha de Calibración : 2022-12-14

TEST&CONTROLS.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST&CONTROLS.A.C.brindamos servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

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

internacionales, de acuerdo con el (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LUGAR DE CALIBRACION

Instalaciones de MASTERESPI S.A.C.

METODO DE CALIBRACION

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
 Gerente Técnico
 CFP: 0316

Página : 1 de 3



Certificado de Calibración
TC - 12153 - 2022
TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud E2	LM-C-143- Mar2022
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Pesa 1 kg a 5 kg Clase de Exactitud F1	LM-C-133- Mar2022

RESULTADOS DE MEDICIÓN
INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

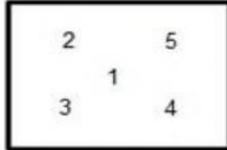
ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,2 °C	20,3 °C
Humedad Relativa	53 %	51 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	3 000,00	3 000,0	0,05	0,00	1	6 200,00	6 200,0	0,05	0,00
2		3 000,0	0,05	0,00	2		6 200,0	0,05	0,00
3		3 000,0	0,05	0,00	3		6 200,0	0,06	-0,01
4		3 000,0	0,05	0,00	4		6 200,0	0,06	-0,01
5		3 000,0	0,05	0,00	5		6 200,0	0,06	-0,01
6		3 000,0	0,06	-0,01	6		6 200,1	0,08	0,07
7		3 000,0	0,06	-0,01	7		6 200,1	0,08	0,07
8		3 000,0	0,06	-0,01	8		6 200,1	0,08	0,07
9		3 000,0	0,05	0,00	9		6 200,0	0,06	-0,01
10		3 000,0	0,05	0,00	10		6 200,0	0,06	-0,01
Emáx - Emín (g)				0,01	Emáx - Emín (g)				0,08
error máximo permitido ($\pm g$)				0,10	error máximo permitido ($\pm g$)				0,20

Página : 2 de 3



Certificado de Calibración
TC - 12153 - 2022


Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,3 °C	20,3 °C
Humedad Relativa	51 %	51 %

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

N°	Determinación de Error Eo				Determinación de Error Corregido Ec					e.m.p. (±g)
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	1,00	1,0	0,06	-0,01	2 000,00	2 000,0	0,06	-0,01	0,00	0,10
2		1,0	0,07	-0,02		2 000,0	0,06	-0,01	0,01	
3		1,0	0,06	-0,01		2 000,1	0,08	0,07	0,08	
4		1,0	0,06	-0,01		2 000,1	0,09	0,06	0,07	
5		1,0	0,08	-0,03		2 000,1	0,08	0,07	0,10	

ENSAYO DE PESAJE

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,3 °C	20,2 °C
Humedad Relativa	51 %	53 %

Carga (g)	Crecientes				Decrecientes				e.m.p. (±g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1,00	1,0	0,06	-0,01						
10,00	10,0	0,07	-0,02	-0,01	10,0	0,06	-0,01	0,00	0,10
50,00	50,0	0,06	-0,01	0,00	50,0	0,06	-0,01	0,00	0,10
100,00	100,0	0,06	-0,01	0,00	100,0	0,06	-0,01	0,00	0,10
500,00	500,0	0,06	-0,01	0,00	500,0	0,06	-0,01	0,00	0,10
1 000,00	1 000,0	0,06	-0,01	0,00	1 000,0	0,06	-0,01	0,00	0,10
2 000,00	2 000,0	0,06	-0,01	0,00	2 000,0	0,05	0,00	0,01	0,10
3 000,01	3 000,0	0,05	-0,01	0,00	3 000,0	0,05	-0,01	0,00	0,10
4 000,00	4 000,0	0,06	-0,01	0,00	4 000,1	0,07	0,08	0,09	0,10
5 000,02	5 000,1	0,08	0,05	0,06	5 000,1	0,08	0,05	0,06	0,10
6 200,02	6 200,0	0,06	-0,03	-0,02	6 200,1	0,08	0,05	0,06	0,20

Donde:

I : Indicación de la balanza

ΔL : Carga adicional

Eo : Error en cero

R : Lectura de la balanza posterior a la calibración (g)

E : Error del instrumento

Ec : Error corregido

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

Lectura Corregida	:	$R_{\text{corregida}} = R - 6,51 \times 10^{-7} \times R$
Incertidumbre Expandida	:	$U_R = 2 \times \sqrt{3,75 \times 10^{-3} \text{ g}^2 + 3,45 \times 10^{-10} \times R^2}$

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

La indicación de la balanza fue de 6 200,0 g para una carga de valor nominal 6200 g.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

Página : 3 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
TC - 12159 - 2022

PROFORMA : 6352F

Fecha de emisión : 2022 - 12 - 13

Página : 1 de 5

SOLICITANTE: MASTERESPI S.A.C.

Dirección : Jr. Paraca ; Nro. S/N (S69068270-Barrio Patarcocha Pilcomayo) Pilcomayo Junín-Huancayo-Huancayo

EQUIPO : HORNO
 Marca : A&A INSTRUMENTS
 Modelo : STHX-1A
 N° de Serie : 17824
 Tipo de Ventilación : Natural
 Procedencia : No Indica
 Identificación : NO INDICA
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TERMÓMETRO DIGITAL
 Marca : AUTCOMP
 Alcance : 50 °C a 300 °C
 Resolución : 0,1 °C
TIPO DE CONTROLADOR : DIGITAL
 Marca : AUTCOMP
 Alcance : 50 °C a 300 °C
 Resolución : 0,1 °C
 Fecha de Calibración : 2022 - 12 - 13

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACION

Instalaciones de MASTERESPI S.A.C.

METODO DE CALIBRACION

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro sistema de medición de temperatura patrón según procedimiento PC- 018 "Procedimiento de calibración o caracterización de medios isoterms con aire como medio termostático". Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	19,6 °C	18,7 °C
Humedad Relativa	46,3 %	50,5 %

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

Certificado : T C - 12159 - 2022

Página : 2 de 5

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Dos Termómetros Digitales Incertidumbre 0,028 °C SAT S.A.C.	Termómetro Digital -200 °C a 1 372 °C	LT - 363 - 2022 LT - 364 - 2022 LT - 365 - 2022

RESULTADOS DE MEDICIÓN

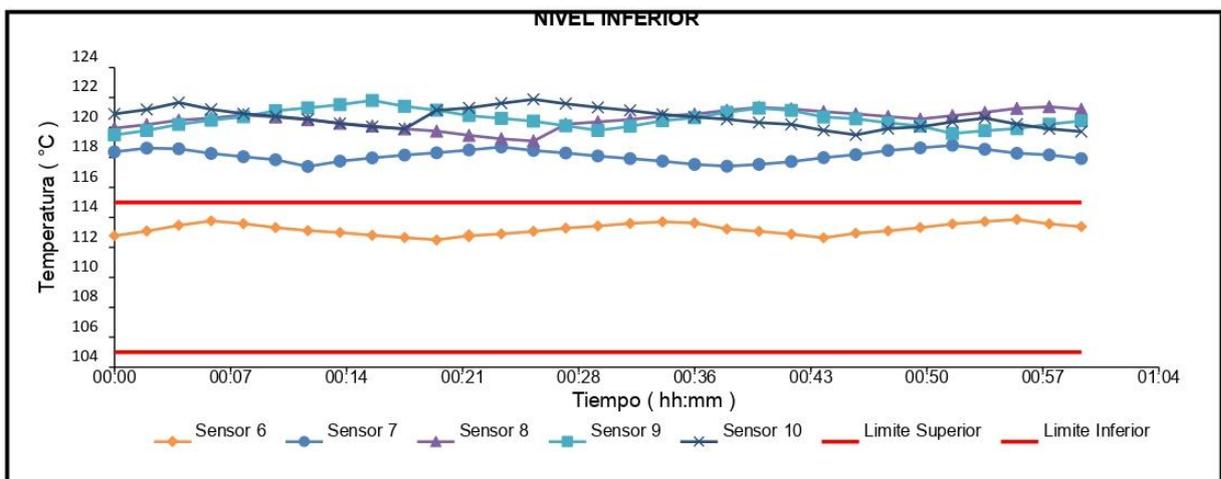
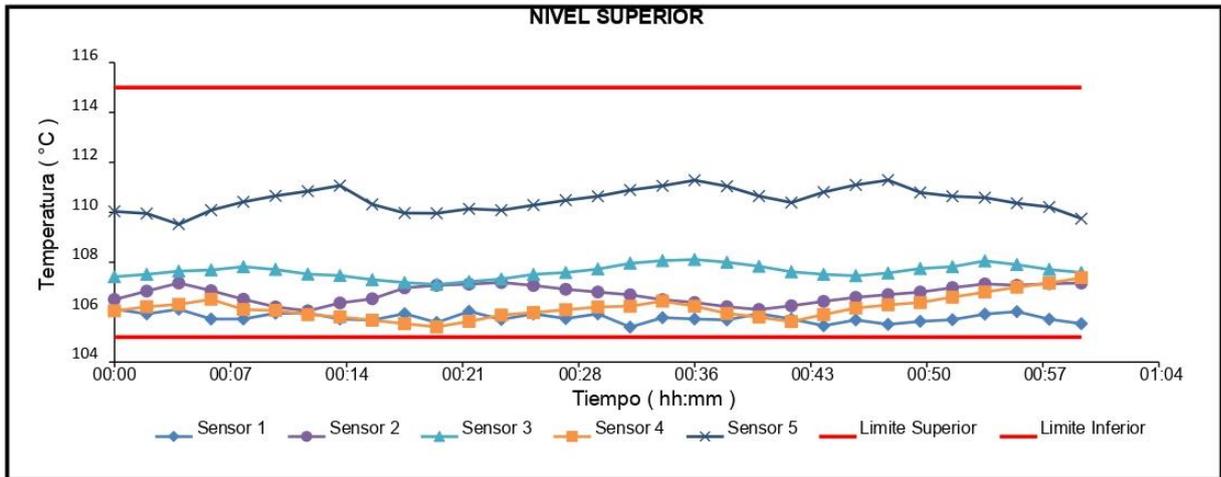
Temperatura de Trabajo	Posición del Controlador	Tiempo de Calentamiento	Tiempo de Estabilización	Porcentaje de carga	Tipo de Carga / Muestra
110 °C ± 5 °C	110	60 min	120 min	50 %	ENVASES DE METALES

Tiempo (hh:mm)	Termómetro Homo (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										T _{prom} TM (°C)	T _{max} - T _{min} (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00:00	110,0	106,1	106,5	107,4	106,1	110,0	112,8	118,4	120,0	119,5	120,9	112,8	14,9
00:02	110,0	105,9	106,8	107,5	106,2	110,0	113,1	118,6	120,2	119,8	121,2	112,9	15,3
00:04	110,0	106,1	107,2	107,6	106,3	109,5	113,5	118,6	120,5	120,2	121,7	113,1	15,6
00:06	110,0	105,7	106,9	107,7	106,5	110,1	113,8	118,3	120,6	120,5	121,2	113,1	15,5
00:08	110,0	105,7	106,5	107,8	106,1	110,4	113,6	118,1	120,8	120,7	120,9	113,1	15,2
00:10	110,0	106,0	106,2	107,7	106,1	110,7	113,3	117,9	120,7	121,1	120,8	113,0	15,2
00:12	110,0	106,0	106,1	107,5	105,9	110,9	113,1	117,4	120,5	121,3	120,6	112,9	15,4
00:14	110,0	105,7	106,4	107,5	105,8	111,1	113,0	117,8	120,3	121,5	120,3	112,9	15,8
00:16	110,0	105,7	106,5	107,3	105,7	110,3	112,8	118,0	120,1	121,8	120,1	112,8	16,1
00:18	110,0	105,9	107,0	107,2	105,5	110,0	112,7	118,2	119,9	121,4	119,9	112,8	15,9
00:20	110,0	105,6	107,1	107,1	105,4	110,0	112,5	118,3	119,8	121,2	121,2	112,8	15,7
00:22	110,0	106,0	107,1	107,2	105,6	110,1	112,8	118,5	119,5	120,8	121,3	112,9	15,7
00:24	110,0	105,7	107,2	107,3	105,9	110,1	112,9	118,7	119,2	120,6	121,6	112,9	15,9
00:26	110,0	105,9	107,1	107,5	106,0	110,3	113,1	118,5	119,1	120,4	121,9	113,0	16,0
00:28	110,0	105,7	106,9	107,6	106,1	110,5	113,3	118,3	120,2	120,1	121,6	113,0	15,8
00:30	110,0	105,9	106,8	107,7	106,2	110,6	113,4	118,1	120,4	119,8	121,3	113,0	15,4
00:32	110,0	105,4	106,7	108,0	106,2	110,9	113,6	117,9	120,5	120,1	121,1	113,0	15,7
00:34	110,0	105,8	106,5	108,1	106,4	111,1	113,7	117,8	120,8	120,5	120,9	113,1	15,1
00:36	110,0	105,7	106,4	108,1	106,2	111,3	113,6	117,5	120,9	120,7	120,7	113,1	15,2
00:38	110,0	105,7	106,2	108,0	106,0	111,0	113,2	117,4	121,2	121,0	120,6	113,0	15,5
00:40	110,0	105,9	106,1	107,8	105,8	110,7	113,1	117,5	121,3	121,3	120,3	113,0	15,5
00:42	110,0	105,7	106,3	107,6	105,6	110,4	112,9	117,7	121,3	121,1	120,2	112,9	15,6
00:44	110,0	105,5	106,4	107,5	105,9	110,8	112,6	118,0	121,1	120,7	119,8	112,8	15,6
00:46	110,0	105,7	106,6	107,5	106,2	111,1	112,9	118,2	120,9	120,6	119,5	112,9	15,2
00:48	110,0	105,5	106,7	107,6	106,3	111,3	113,1	118,5	120,7	120,3	119,9	113,0	15,2
00:50	110,0	105,6	106,8	107,8	106,4	110,8	113,3	118,6	120,6	120,1	120,1	113,0	14,9
00:52	110,0	105,7	107,0	107,8	106,6	110,6	113,6	118,8	120,8	119,6	120,4	113,1	15,1
00:54	110,0	105,9	107,1	108,1	106,8	110,6	113,7	118,5	121,0	119,8	120,6	113,2	15,1
00:56	110,0	106,0	107,1	107,9	107,0	110,4	113,9	118,3	121,3	119,9	120,2	113,2	15,3
00:58	110,0	105,7	107,1	107,7	107,2	110,2	113,6	118,2	121,4	120,2	119,9	113,1	15,7
01:00	110,0	105,5	107,2	107,6	107,4	109,8	113,4	117,9	121,2	120,4	119,7	113,0	15,7
T. PROM ^[1]	110,0	105,8	106,7	107,6	106,2	110,5	113,2	118,1	120,5	120,6	120,7		
T. MAX ^[3]	110,0	106,1	107,2	108,1	107,4	111,3	113,9	118,8	121,4	121,8	121,9		
T. MIN ^[4]	110,0	105,4	106,1	107,1	105,4	109,5	112,5	117,4	119,1	119,5	119,5		
DTT ^[5]	0,0	0,7	1,1	1,0	2,0	1,8	1,4	1,4	2,3	2,3	2,4		

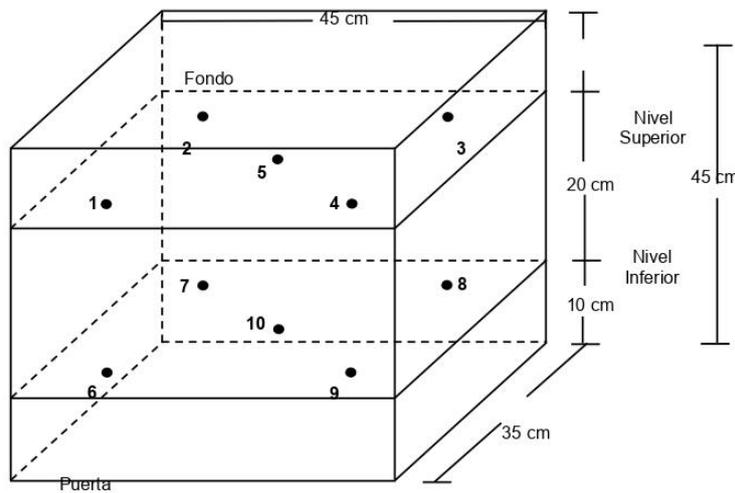
RESULTADOS DE MEDICIÓN

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	121,9	0,9
Mínima Temperatura Medida	105,4	0,4
Desviación Temperatura en el Tiempo	2,4	0,1
Desviación Temperatura en el Espacio	14,9	0,3
Estabilidad Medida (±)	1,19	0,04
Uniformidad Medida	16,1	0,8

GRAFICO DE TEMPERATURA DE LOS SENSORES



DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES



- Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
- Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 15 cm por encima de la parrilla superior.
- Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior.
- Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 6 cm de las paredes laterales y a 6 cm del frente y fondo del equipo.

FOTOGRAFÍA DEL MEDIO ISOTERMO



OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

[1] T. PROM: Promedio de las temperaturas en una posición de medición durante el tiempo de calibración.

[2] T prom: Promedio de las temperaturas en las doce posiciones de medición para un instante dado.

[3] Tmax: Temperatura máxima.

[4] Tmin: Temperatura mínima.

[5] DTT: Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "**desviación de temperatura en el tiempo**" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "**desviación de temperatura en el espacio**" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio de Medio Isothermo: 0,1 °C

La Uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm \frac{1}{2}$ máx. DTT.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
TC-14723-2022

PROFORMA : 6652A

Fecha de emisión : 2022-12-09

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : MASTERESPI S.A.C.

Dirección : Jr. Paracas Nro. S/N (S69068270-Barrio Patarcocha Pilcomayo) Pilcomayo-Huancayo-Junín

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **PRENSA CBR**
 Marca : FORNEY
 Modelo : 7691
 Serie : 2948
 Alcance : 5000 kgf
 Division de Escala : 0,1 kgf
 Procedencia : U.S.A
 Identificación : No indica
 Ubicación : Laboratorio
 Fecha de Calibración : 2022-12-06

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MASTERESPI S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 " Procedimiento interno de Calibración de Prensas, Celdas y Anillos de Carga".

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	17,4	18,1
HUMEDAD RELATIVA	70,0%	67,0%

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



Lic. Nicolas Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP :0316.

Certificado : TC-14723-2022

Página : 2 de 2

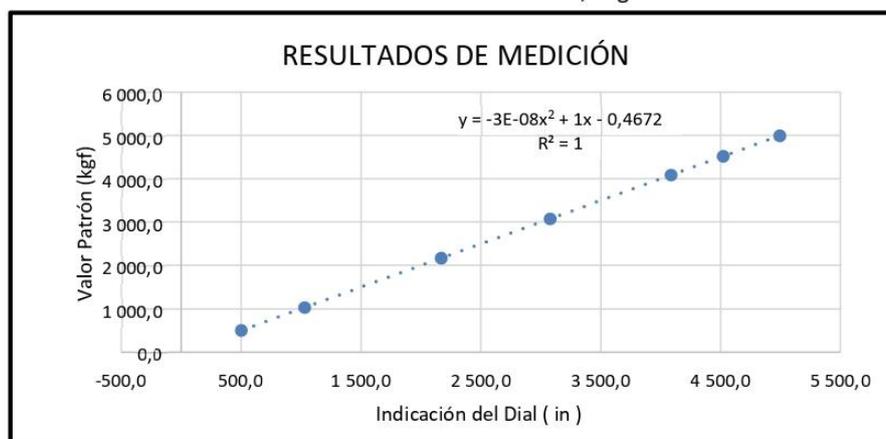
TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de calibración
Manómetro Digital 0 a 700 bar clase 0,05	Celda de Carga 30 TN TEST & CONTROL	TC-0773-2022

RESULTADOS DE MEDICIÓN

VALOR PATRÓN (kgf)	INDICACIÓN DEL EQUIPO (kgf)
502,6	503,0
1031,1	1031,7
2168,6	2169,3
3076,9	3077,8
4087,2	4088,1
4522,1	4523,0
4992,6	4994,1

Incertidumbre: 0,8 kgf

**OBSERVACIONES**

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

La Prensa cuenta con un indicador de Marca: High Weight , Modelo: 318-X8, serie:985268757 y una Celda de Carga Marca: Keli; modelo: A-FED; y con número de serie: AKT5528

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

Anexo N° 08: Panel Fotográfico



Fotografía 1. Calicata para la extracción de muestra C – 01.



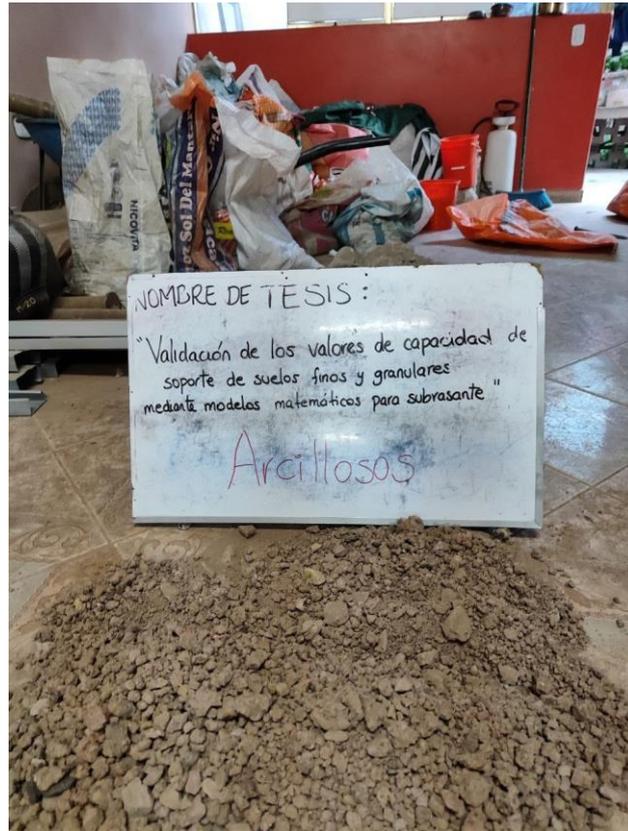
Fotografía 2. Vista de la calicata para la extracción de la muestra C – 03.



Fotografía 3. Calicata para la extracción de la muestra C – 04.



Fotografía 4. Muestra de suelo granular.



Fotografía 5. Muestra de suelo fino.



Fotografía 6. Cuarteo de la muestra para el ensayo de contenido de humedad.



Fotografía 7. Uso del horno en el ensayo para la determinación del contenido de humedad.



Fotografía 8. Cuarteo del material para el ensayo de granulometría.



Fotografía 9. Lavado de muestra.



Fotografía 10. Ensayo de granulometría.



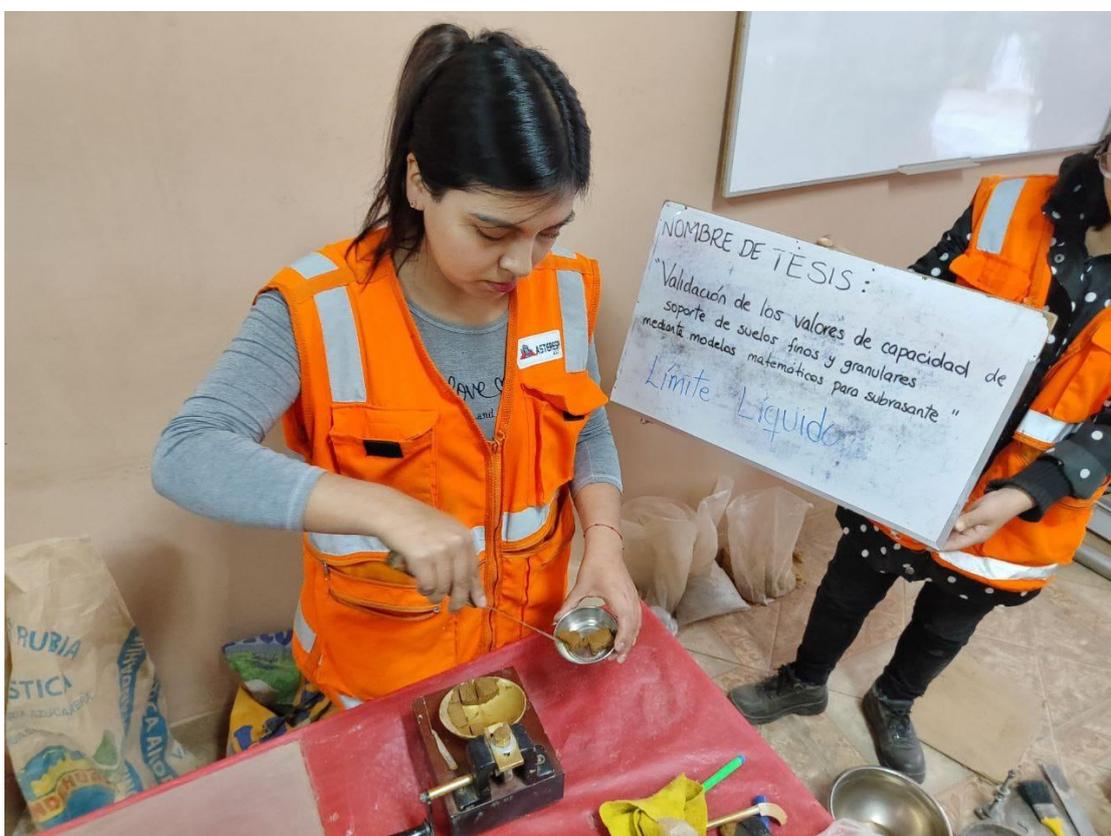
Fotografía 11. Pesaje de material retenido en el tamiz.



Fotografía 12. Separación de material tamizado.



Fotografía 13. Resultados del ensayo de granulometría.



Fotografía 14. Ensayo de límite líquido.



Fotografía 15. Uso de la copa de Casagrande en la prueba de límite líquido.



Fotografía 16. Uso del horno en prueba de límite líquido.



Fotografía 17. Ensayo de límite plástico.



Fotografía 18. Uso del horno en la prueba de límite plástico.



Fotografía 19. Ensayo de densidad del suelo.



Fotografía 20. Preparación del ensayo de peso unitario del material de subrasante.



Fotografía 21. Enrasado de espécimen de ensayo de peso unitario.



Fotografía 22. Adición de agua a muestra seca para ensayo de Proctor modificado.



Fotografía 23. Preparación de muestra para ensayo de Proctor modificado.



Fotografía 24. Compresión en el ensayo de Proctor modificado.



Fotografía 25. Pesaje de muestra para ensayo Proctor modificado.



Fotografía 26. Medida de cantidad de agua para preparación de muestra para prueba CBR.



Fotografía 27. Compactación de muestra para ensayo CBR.



Fotografía 28. Muestras sumergidas para prueba CBR.



Fotografía 29. Lectura de dial en la prueba CBR.



Fotografía 30. Control del ensayo CBR.