

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE  
HUAMANGA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“Influencia de las fibras de agave en las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela, Ayacucho 2022”**

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERA CIVIL**

Presentado por:

**Bach. Patricia Katheriny Arce Llactahuaman**

Asesor:

**Msc. Ing. Jaime Leonardo Bendezú Prado**

**Ayacucho - Perú**

**2023**

## RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo evaluar en qué medida influye la adición de fibra de agave en las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la subrasante de la trocha carrozable de Chiquintirca – Cajadela, Ayacucho 2022. Para llevar a cabo el procesamiento de la información se utilizó una metodología científica con un tipo de investigación aplicada, un enfoque cuantitativo de diseño experimental para medir los efectos de la influencia de las fibras de agave en las propiedades físicas y mecánicas del suelo, utilizando técnicas de observación directa y realizando los ensayos en el laboratorio. Los resultados muestran valores significativos de mejora en cuanto a la máxima densidad seca y la óptima humedad y el C.B.R, resultando que el óptimo diseño se encuentra al adicionar 4% de fibras de agave en el suelo arcilloso. Las conclusiones indican que con base en los resultados obtenidos, se puede concluir que la adición de fibra de agave tiene un impacto significativo en la densidad del suelo de la subrasante de la trocha carrozable de Chiquintirca - Cajadela. Se eliminará una reducción en la densidad del suelo a medida que se aumentaba el porcentaje de fibra de agave en la mezcla.

**Palabras clave:** sub rasante, fibras de agave, propiedades del suelo.

## INTRODUCCIÓN

La búsqueda de soluciones sostenibles y eficientes para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo en la construcción de infraestructuras viales es una preocupación constante en el campo de la ingeniería civil. En este sentido, el presente estudio se centra en la influencia de las fibras de agave en las propiedades del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca-Cajadela, en Ayacucho, durante el año 2022.

El agave, una planta ampliamente distribuida en la región, ha sido objeto de atención debido a sus propiedades mecánicas y su capacidad para mejorar la resistencia y estabilidad del suelo. La incorporación de fibras de agave en el sustrato de una carretera puede contribuir a reducir la deformación y la erosión del suelo, aumentar la capacidad portante y mejorar la durabilidad de la estructura vial.

El propósito de este consiste en evaluar los efectos que producen la incorporación de fibras de agave en las características físicas y estudios mecánicos del suelo empleado como sustrato en la trocha carrozable Chiquintirca-Cajadela. Para alcanzar este objetivo, se realizarán tanto pruebas de laboratorio como análisis in situ para determinar de qué manera las fibras de agave influyen en parámetros fundamentales, tales como la resistencia a la compresión, al corte, la capacidad de carga y la estabilidad del suelo.

Los resultados obtenidos en este estudio proporcionaron información valiosa para los profesionales de la ingeniería civil, los encargados de la construcción de infraestructuras viales y las autoridades locales. Si se confirma la eficacia de las fibras de agave en el mejoramiento de las propiedades del suelo, esta investigación podría abrir nuevas perspectivas en la construcción sostenible de carreteras, promoviendo el uso de materiales locales y renovables.

## DEDICATORIA

"Este logro, se lo dedico, primeramente, a Dios, por permitirme cumplir una de mis metas más importantes en esta etapa de mi vida. Agradezco profundamente a mi familia en general y, en especial, a mis padres, quienes han sido mi mayor apoyo en cada paso que he dado para llegar a ser la persona que soy hoy. Gracias por siempre confiar en mí, por mejorarme a seguir adelante y por nunca desfallecer en su apoyo.

Gracias, mamá y papá, por ser mis pilares, mis mejores consejeros y mis compañeros incondicionales en este viaje. Sin ustedes, nada de esto hubiera sido posible. Este logro es tan suyo como mío, y espero que sienta tanto orgullo como yo por haber llegado juntos a este momento.

Con todo mi amor y gratitud, les dedico este trabajo y este éxito que compartimos.  
¡Los amo!"

## **AGRADECIMIENTO**

"En primer lugar, deseo expresar mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga por haberme brindado la invaluable oportunidad de formar parte de su casa de estudios y culminar mi etapa profesional. A lo largo de mi recorrido académico, he encontrado un espacio enriquecedor donde pude desarrollarme tanto intelectualmente como personalmente. Estoy profundamente agradecido/a por todas las experiencias y conocimientos adquiridos que me han permitido crecer como profesional y como persona.

Además, quiero extender mi más profundo agradecimiento a mi asesor de tesis, el MG. Jaime Leonardo Bendezu Prado, cuyo apoyo incondicional ha sido fundamental en el proceso de elaboración de mi proyecto de tesis. Su dedicación y compromiso con mi formación han sido inspiradores y motivadores en cada paso del camino. Gracias a su orientación experta ya su generosidad al compartir su sabiduría.

## Índice general

PORTADA.....	i
ASESOR .....	ii
RESUMEN .....	iii
INTRODUCCIÓN .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
Índice general.....	vii
Índice figuras .....	x
Índice de cuadros o tablas .....	xii
Glosario.....	xiii
Acronimos.....	xiv
Capítulo I .....	15
Planteamiento del problema.....	15
1.1. Descripción del problema .....	15
1.2. Delimitación del problema.....	18
1.2.1. Espacial (geográfica).....	18
1.2.2. Temporal .....	19
1.2.3. Temática y unidad de análisis .....	19
1.3. Formulación del problema .....	20
1.3.1. Problema general.....	20
1.3.2. Problemas específicos .....	20
1.4. Justificación e importancia.....	21
1.5. Limitaciones de la investigación.....	23
1.6. Objetivos .....	24
1.6.1. Objetivo general .....	24
1.6.2. Objetivos específicos .....	24
Capítulo II .....	25
Marco Teórico.....	25
2.1. Antecedentes del problema .....	25
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	25
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	27

2.2.	Bases teóricas.....	31
2.2.1.	Suelos.....	31
2.2.2.	Origen de los suelos.....	31
2.2.3.	Suelos Arcillosos.....	32
2.2.3.1.	Estructura de las arcillas.....	32
2.2.4.	Límites de consistencia del suelo.....	35
2.2.5.	Granulometría del suelo.....	35
2.2.5.1.	Índices obtenidos a partir de los límites de consistencia.....	37
2.2.5.2.	Clasificación del suelo.....	38
2.2.6.	Aspectos importantes de una subrasante.....	44
2.2.6.1.	El índice CBR en la evaluación de la calidad de una subrasante.....	45
2.2.6.2.	Características que deben cumplir los suelos para conformar una subrasante.....	46
2.3.	Marco conceptual.....	48
Capitulo III.....		49
Metodo de la Investigacion.....		49
3.1.	Enfoque.....	49
3.2.	Alcance.....	50
3.3.	Diseño de la investigación.....	51
3.4.	Población y muestra.....	52
3.5.	Hipotesis.....	53
3.5.1.	Hipotesis general.....	53
3.5.2.	Hipotesis especifica.....	53
3.6.	Operacionalización de variables, definición concepyual y operacional.....	55
3.7.	Técnicas e instrumentos.....	56
3.8.	Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información.....	57
3.9.	Desarrollo del trabajo de tesis.....	58
Capitulo IV.....		72
Resultados Y Discusión.....		72
4.1.	Resultados del tratamiento y análisis de la información.....	72
4.1.1.	Influencia de la adición de fibra de agave en la densidad del suelo.....	74
4.1.2.	Influencia de la adición de fibra de agave en la resistencia del suelo.....	83
4.1.3.	Dosificación adecuada de fibra de agave para el mejoramiento en las propiedades físicas y mecánicas del suelo.....	89
4.2.	Discusión de resultados.....	91

Conclusiones .....	93
Recomendaciones .....	95
Referencias Bibliográficas .....	96
Anexo 1: Matriz de consistencia .....	98
Anexo 4: Resultados de los ensayos .....	99
Anexo 5: Certificados de calibración.....	121

## Índice figuras

<b>Figura 1:</b> Mapa de ubicación Regional.....	18
<b>Figura 2:</b> Mapa de ubicación Provincial.....	19
<b>Figura 3:</b> Estructura atómica del tetraedro de Sílice.....	33
<b>Figura 4:</b> Estructura atómica del octaedro de aluminio.....	33
<b>Figura 5:</b> Diagrama de las estructuras de las arcillas.....	34
<b>Figura 6:</b> Mapa de ubicación de la zona de estudio (Chiquintirca – Cajadela).....	58
<b>Figura 7:</b> Ubicación del tramo de estudio (Chiquintirca – Cajadela).....	59
<b>Figura 8:</b> Reconocimiento de la calicata de estudio.....	60
<b>Figura 9:</b> Reconocimiento estratigráfico del suelo en estudio.....	61
<b>Figura 6:</b> Muestreo en laboratorio.....	61
<b>Figura 11:</b> Clasificación del suelo.....	63
<b>Figura 12:</b> Tamizado de las muestras para clasificación granulométrica.....	64
<b>Figura 13:</b> Ensayo de límite líquido.....	66
<b>Figura 14:</b> Ensayo de límite plástico.....	67
<b>Figura 23:</b> Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la humedad óptima del suelo en el KM 3+000.....	75
<b>Figura 24:</b> Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la máxima densidad seca del suelo en el KM 3+000.....	76
<b>Figura 25:</b> Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la humedad óptima del suelo en el KM 3+500.....	77
<b>Figura 26:</b> Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la máxima densidad seca del suelo en el KM 3+500.....	78
<b>Figura 27:</b> Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la humedad óptima del suelo en el KM 5+250.....	79
<b>Figura 28:</b> Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la máxima densidad seca del suelo en el KM 5+250.....	80
<b>Figura 29:</b> Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la humedad óptima del suelo en el KM 6+000.....	81
<b>Figura 30:</b> Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la máxima densidad seca del suelo en el KM 6+000.....	82
<b>Figura 31:</b> Valores obtenidos del ensayo de C.B.R. con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la resistencia del suelo en el KM 3+000.....	83
<b>Figura 32:</b> Valores obtenidos del ensayo de C.B.R. con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la resistencia del suelo en el KM 3+500.....	85

<b>Figura 33:</b> Valores obtenidos del ensayo de C.B.R. con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la resistencia del suelo en el KM 5+250 .....	86
<b>Figura 34:</b> Valores obtenidos del ensayo de C.B.R. con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la resistencia del suelo en el KM 6+000 .....	88

## Índice de cuadros o tablas

<b>Tabla 1:</b> Clasificación de suelos según tamaño de partículas .....	36
<b>Tabla 2:</b> Clasificación de un suelo según su índice de plasticidad .....	37
<b>Tabla 3:</b> Cambio volumétrico de un suelo en función de su índice de plasticidad y límite de contracción .....	38
<b>Tabla 4:</b> Condición del suelo de sub rasante según su índice de grupo .....	40
<b>Tabla 5:</b> Símbolos siguientes para fines de identificación .....	41
<b>Tabla 6:</b> Grupos de clasificación de suelos del Sistema Unificado .....	41
<b>Tabla 7:</b> Correlación entre los sistemas de clasificación AASHTO y SUCS .....	43
<b>Tabla 8:</b> Categorías de subrasante en función de su índice CBR .....	45
<b>Tabla 9:</b> Tratamientos de dosificaciones de las fibras de agave en las propiedades físicas y mecánicas del suelo .....	52
<b>Tabla 10:</b> Selección de los tramos críticos de evaluación .....	72
<b>Tabla 11:</b> Clasificación de suelos .....	73
<b>Tabla 12:</b> Límites de consistencia del suelo .....	73
<b>Tabla 13:</b> Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la densidad máxima y humedad óptima del suelo en el KM 3+000 .....	75
<b>Tabla 14:</b> Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la densidad máxima y humedad óptima del suelo en el KM 3+500 .....	77
<b>Tabla 15:</b> Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la densidad máxima y humedad óptima del suelo en el KM 5+250 .....	79
<b>Tabla 16:</b> Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la densidad máxima y humedad óptima del suelo en el KM 6+000 .....	81
<b>Tabla 17:</b> Valores obtenidos del ensayo de C.B.R. con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la resistencia del suelo en el KM 3+000 .....	83
<b>Tabla 18:</b> Valores obtenidos del ensayo de C.B.R. con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la resistencia del suelo en el KM 3+500 .....	84
<b>Tabla 19:</b> Valores obtenidos del ensayo de C.B.R. con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la resistencia del suelo en el KM 5+250 .....	86
<b>Tabla 20:</b> Valores obtenidos del ensayo de C.B.R. con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la resistencia del suelo en el KM 6+000 .....	87

## Glosario

**Fibras de agave:** Son filamentos o hilos obtenidos de las hojas de la planta de agave, que se utilizan como aditivo en la construcción para mejorar las propiedades del suelo.

**Subrasante:** Capa del suelo ubicada debajo de la capa de base en una estructura vial, que proporciona soporte y estabilidad a la carretera.

**Trocha carrozable:** Vía o camino destinado al tránsito de vehículos, generalmente utilizado en zonas rurales.

**Ayacucho:** Región ubicada en Perú, donde se lleva a cabo el estudio sobre la influencia de las fibras de agave en las propiedades del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca-Cajadela.

**Deformación del suelo:** Cambio en la forma o volumen del suelo debido a la aplicación de cargas o fuerzas, que puede afectar la estabilidad de las estructuras construidas sobre él.

**Erosión del suelo:** Proceso de desgaste y remoción de partículas de suelo debido a la acción del agua, el viento u otros agentes externos, que pueden dañar la estabilidad y la capacidad de carga del suelo.

**Capacidad portante:** Capacidad del suelo para soportar y transmitir cargas sin sufrir asentamientos excesivos ni fallas estructurales.

**Durabilidad:** Capacidad del suelo y los materiales utilizados en la construcción para resistir las condiciones ambientales y el deterioro a lo largo del tiempo.

## Acronimos

AGV: Agave

PFS: Propiedades Físicas del Suelo

PMS: Propiedades Mecánicas del Suelo

SCC: Subrasante de la Trocha Carrozable Chiquintirca-Cajadela

CCA: Capacidad de Carga

EC: Erosión del Suelo

RC: Resistencia a la Compresión

RC: Resistencia al Corte

CPA: Capacidad Portante

DUR: Durabilidad

## Capítulo I

### Planteamiento del problema

#### 1.1. Descripción del problema

A nivel internacional, la ingeniería civil desempeña un papel crucial en la construcción de carreteras y otras infraestructuras. La inestabilidad del suelo es un desafío común que puede conducir a problemas graves en las carreteras. Sin embargo, al comprender las características geológicas y las naturales del suelo, y al realizar una evaluación geotécnica exhaustiva, se pueden implementar medidas adecuadas para garantizar la estabilidad y durabilidad de las estructuras viales. (Lozano, 2019).

En América Latina, se están desarrollando proyectos de investigación con el propósito de aprovechar las particularidades de los suelos para obtener ventajas beneficiosas. Sin embargo, en el ámbito de la construcción de carreteras, uno de los desafíos comunes es la presencia de suelos finos en la región, lo que representa una dificultad significativa para los profesionales que buscan establecer vías adecuadas a nivel mundial (Castro et al., 2019). Según las observaciones de Firoozi et al. (2017), a nivel global se ha enfrentado la problemática de adaptación de los suelos, y tradicionalmente se ha solucionado reemplazando los suelos problemáticos por otros más apropiados, aunque esta práctica resulta costosa. Por esta razón, ha

surgido la necesidad de buscar alternativas, y en la actualidad, existe en el mercado una variedad de estabilizadores de suelo altamente demandados. En consecuencia, el suelo estabilizado se logra mediante la combinación y optimización de las propiedades de los distintos materiales que lo componen.

Además, Ramaji (2012), el refuerzo del suelo es un proceso que involucra la utilización de aditivos naturales o sintéticos con el propósito de mejorar las características de los estratos del suelo. Existen diversas técnicas de refuerzo disponibles para estabilizar suelos con problemas. De acuerdo con Pino, (2010), muchos países se enfrenta a la falta de financiamiento para proyectos de construcción y mantenimiento de vías. Por esta razón, se hace necesario establecer técnicas que sean más eficientes en términos de costo y efectividad desde una perspectiva económica.

A nivel nacional, en el caso específico de Perú, existen diversos problemas que afectan a las vías, ya sea por cuestiones constructivas o por las características de los suelos presentes en la subrasante. Estos suelos pueden ser arcillosos, limosos, entre otros. En las zonas de la sierra y selva de Perú, es común encontrar suelos inestables y deficiencias en la subrasante debido a las condiciones climáticas particulares de dichas zonas. Ante esta realidad, se han planificado diversas metodologías para estabilizar el suelo utilizando productos naturales disponibles en las áreas de intervención. Esto se debe a que se busca aprovechar los recursos locales y encontrar soluciones específicas que se adaptan a las características de los suelos de la región.(Minaya, 2022).

En la región de estudio, específicamente en la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela, situada en la provincia de La Mar - Anco, Departamento de Ayacucho, se presentan suelos con características problemáticas, tales como un alto índice de plasticidad, baja capacidad de soporte

y elevados niveles de permeabilidad. Esta situación ha ocasionado una serie de fenómenos de inestabilidad en la zona, que requieren ser abordados mediante la mejora del suelo mediante aditivos naturales o químicos, oa través de la modificación con materiales que cumplen con los estándares establecidos por el Manual de Carreteras Suelos, Geología , Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos (2014).

En distintos momentos, la región experimenta dos desafíos habituales: en la época de lluvias, se observa la expansión del suelo, mientras que en la temporada de sequía se produce un exceso de polvo. Estas situaciones dificultan el tránsito en las carreteras, lo que supone una problemática para los habitantes de la zona.

Con el fin de mejorar la situación de suelos con bajo CBR (Índice de Soporte Californiano), se pretende implementar un método de mejora mediante el uso de aditivos naturales. En este contexto, surge la propuesta de investigar y comprender el efecto de las fibras de agave en la mejora de las características de los suelos en las subrasantes de la trocha carrozable.

En la región de Ayacucho, actualmente no se han realizado investigaciones sobre la adición de fibras naturales para mejorar las subrasantes. Por esta razón, se ha iniciado un proyecto que busca explorar la utilización de fibras de agave como aditivo para mejorar las propiedades de los suelos en la subrasante. El propósito principal de esta investigación es analizar cómo se comporta esta combinación de materiales en las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera de Chiquintirca - Cajadela. Esta vía tiene una gran relevancia debido a su alto tráfico vehicular y exposición a condiciones climáticas desfavorables. Esta investigación tiene como finalidad restablecer las características de soporte y resistencia de la subrasante con el objetivo de pavimentarla en el futuro.

## 1.2. Delimitación del problema

### 1.2.1. Espacial (geográfica).

La investigación se enmarca geográficamente en el departamento de Ayacucho, específicamente en el tramo 2+000 al 6+000 de la trocha Carrozable de Chiquintirca - Cajadela del distrito de Anco, provincia de La Mar, departamento de Ayacucho, de donde se obtienen las muestras de suelo para ser ensayadas en un laboratorio especializado.



**Figura 1:** Mapa de ubicación Regional



**Figura 2:** Mapa de ubicación Provincial

### 1.2.2. Temporal.

Los datos utilizados para llevar a cabo el trabajo de investigación se recopilaron durante el periodo comprendido entre 2022 y 2023. Durante este periodo, se focalizaron específicamente en la temática del mejoramiento de la subrasante mediante la adición de fibra de agave. El estudio se llevó a cabo en los meses de noviembre de 2022 a febrero de 2023.

### 1.2.3. Tematica y unidad de análisis.

#### **Tematica**

El objetivo central de estas propiedades de investigación fue mejorar las de soporte (CBR) y resistencia de la subrasante mediante el estudio de refuerzo con la mejora de materia orgánica, específicamente fibras de agave, en diversas proporciones con respecto al peso del suelo seco. El propósito era evaluar las mejoras que estas adiciones aportan en las características mecánicas del suelo, con el fin de determinar si se definirán en candidatos apropiados para su

implementación en procesos de mejora o definición de sustratos inestables con el objetivo de pavimentación.

### **Unidad de analisis**

Especímenes de suelo obtenidos de las calicatas de la trocha carrozable en estudio, considerando las recomendaciones del MTC.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿Cómo influye la adición de fibra de agave en las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela, Ayacucho 2022?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- ❖ ¿Cómo influye de la adición de fibra de agave en la densidad del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca – Cajadela?
- ❖ ¿Cómo influye de la adición de fibra de agave en la resistencia del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela?
- ❖ ¿Cuál será la dosificación adecuada de fibra de agave para el mejoramiento en las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela?

## **1.4. Justificación e importancia**

### **Justificación teórica**

El estudio de la influencia de las fibras de agave en las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela en Ayacucho en 2022 se justifica por varias razones teóricas fundamentales. En primer lugar, la comprensión de cómo los aditivos naturales pueden mejorar las propiedades del suelo es un tema relevante en el campo de la ingeniería geotécnica y civil. El uso de fibras de agave como aditivo en la superficie del suelo puede ofrecer una alternativa sostenible y económicamente viable para mejorar la resistencia y estabilidad del suelo.

Además, existen pocos estudios específicos sobre el uso de fibras de agave en la región de Ayacucho y, particularmente, en la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela. Por lo tanto, este estudio contribuirá al conocimiento teórico existente al proporcionar información detallada sobre la influencia de las fibras de agave en las propiedades físicas y mecánicas del suelo en esta zona específica.

### **Justificación práctica**

La justificación práctica de este estudio se basa en la necesidad de mejorar las características del suelo en la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela en Ayacucho. Esta vía es de gran importancia para la comunidad local, ya que es una de las principales vías de acceso con un alto flujo vehicular y está expuesta a condiciones climáticas adversas.

La utilización de fibras de agave como aditivo en la mejora del suelo puede ofrecer beneficios prácticos significativos. Estos incluyen el fortalecimiento del suelo para soportar mejor las cargas del tráfico, reducir la expansión y contracción del suelo durante los cambios climáticos

y mejorar la capacidad de drenaje del terreno. Estos beneficios pueden contribuir a la mejora de la transitabilidad de la vía, la seguridad vial y la durabilidad de la infraestructura.

Por lo tanto, este estudio tiene una relevancia práctica directa al proporcionar información y recomendaciones para el mejoramiento de la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela mediante la adición de fibras de agave, lo que puede resultar en una solución efectiva y económicamente viable para mejorar las propiedades del suelo en esta área específica.

### **Justificación metodológica**

La justificación metodológica de este estudio se basa en la necesidad de aplicar una metodología rigurosa y sistemática para evaluar la influencia de las fibras de agave en las propiedades físicas y mecánicas del suelo. La metodología utilizada debe permitir una recopilación de datos precisa y confiable, así como un análisis riguroso de las propiedades del suelo y los efectos de las fibras de agave.

Se utilizarán métodos de investigación de campo y de laboratorio para recolectar datos sobre las propiedades físicas y mecánicas del suelo en el sustrato de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela. Estos datos se analizarán utilizando técnicas y herramientas estadísticas de análisis para evaluar el efecto de las fibras de agave en las propiedades del suelo.

Además, se llevarán a cabo pruebas y ensayos específicos para medir parámetros como la resistencia a la compresión, la expansión del suelo y la capacidad de drenaje. Estos datos se compararán con los resultados obtenidos de muestras de suelo sin agregar fibras de agave para evaluar los beneficios y las mejoras logradas.

### **Importancia**

La relevancia de esta investigación se fundamenta en el enfoque actual de reducir al mínimo el impacto ambiental en todos los sectores laborales, lo que impulsa la búsqueda de

utilizar materiales naturales, como la fibra de agave, para aprovechar los recursos disponibles en la zona de estudio . Además, la inclusión de la fibra de agave como una opción innovadora para mejorar suelos inestables representa una alternativa novedosa en el tratamiento de este tipo de suelos. De esta manera, la investigación abre paso a una forma sostenible y amigable con el medio ambiente de abordar el mejoramiento de suelos inestables en diferentes contextos de trabajo, especialmente en la construcción de infraestructuras viales.

### **1.5. Limitaciones de la investigación**

El enfoque central de esta investigación se centra en la medida de suelos inestables mediante la incorporación de fibras de agave. La evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del material se realizará a través de pruebas de laboratorio con el propósito específico de lograr dicho objetivo. Sin embargo, se plantea la posibilidad de estudiar la respuesta del material ante cargas dinámicas, lo que sugiere la necesidad de futuras investigaciones que aborden temas como el módulo de resistencia, la diversidad de suelos utilizados en los principales proyectos de ingeniería del país y los efectos de diferentes aditivos de precisión.

No obstante, es importante mencionar que existen limitaciones en cuanto a tiempo y presupuesto, lo que dificulta llevar a cabo un mayor número de pruebas, ensayos, demostraciones y comprobaciones de las propiedades del suelo. Asimismo, esto afecta la posibilidad de determinar completamente la viabilidad del uso de fibras de agave como estabilizador en las subrasantes. A pesar de estas limitaciones, la investigación proporciona una valiosa perspectiva hacia el desarrollo de soluciones sostenibles para el alcance de suelos inestables en proyectos de ingeniería.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Evaluar en qué medida influye la adición de fibra de agave en las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la subrasante de la trocha carrozable de Chiquintirca – Cajadela, Ayacucho 2022.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- ❖ Determinar la influencia de la adición de fibra de agave en la densidad del suelo para la subrasante de la trocha carrozable de Chiquintirca - Cajadela.
- ❖ Determinar la influencia de la adición de fibra de agave en la resistencia del suelo para la subrasante de la trocha carrozable de Chiquintirca - Cajadela.
- ❖ Determinar la dosificación adecuada de fibra de agave en el mejoramiento en las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca – Cajadela.

## Capítulo II

### Marco Teórico

#### 2.1. Antecedentes del problema

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

Becerra, (2017). En su tesis titulada "*Experimentación con cal y fibra de cabuya en la determinación de tierra como material de construcción*" para obtener el título de ingeniero civil, se propone como objetivo de investigación aplicar una metodología para estabilizar la tierra mediante la reducción de cal y fibra de cabuya, con el fin de mejorar las propiedades mecánicas del suelo y utilizarlo como material de construcción. En el desarrollo de la tesis, se empleó una metodología analítica que se basó en casos análogos desarrollados en otros países ya nivel nacional. Además, se obtuvo una metodología propositiva que se centró en la técnica de determinación del suelo utilizando materiales de procedencia cercana de Loja. También se empleó una metodología experimental que permitió someter las probetas a los correspondientes ensayos, con el objetivo de comprobar la funcionalidad del material y verificar su rendimiento. Los principales resultados obtenidos mostraron un aumento en la capacidad de soporte, donde la densidad más alta alcanzada fue de 2,076 g/cm<sup>3</sup>. Se llegó a la conclusión de que la combinación

de las materias primas en la elaboración del material se basó en criterios teóricos y prácticos establecidos en investigaciones análogas realizadas a lo largo de este estudio. Entre estas investigaciones se incluyen "La cal en el diseño y conservación de arquitectura de tierra" y "Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra - prácticas de campo", entre otras.

Tong, (2019). En su artículo ***“Mejoramiento de suelos arcillosos mediante refuerzo combinado de tiras de bambú y fibra de lino”*** llevó a cabo una investigación experimental con el objetivo de estudiar el impacto de las fibras de bambú y fibra de lino en el refuerzo de suelos arcillosos y sus propiedades mecánicas. Los resultados obtenidos mostraron que tanto las tiras de bambú como la fibra de lino contribuyen a mejorar la cohesión y el ángulo de fricción interna del suelo arcilloso en comparación con la arcilla pura.

En el caso de la arcilla reforzada con fibra de lino (BFRC), se encontró un aumento del 18,34 % en la cohesión y solo un aumento del 0,39 % en el ángulo de fricción. Por otro lado, en el caso de las fibras de bambú y la arcilla, la cohesión aumentó en un 26,36 %, mientras que el ángulo de fricción aumentó en un 10,24 %.

Además, se evaluó el Índice de Soporte Californiano (CBR) del suelo arcilloso, y se encontró que inicialmente tenía un valor de 21%. Sin embargo, cuando se le agregó fibra de lino, el CBR aumentó al 23%, y cuando se incorporó fibras de bambú, el CBR mejoró significativamente hasta alcanzar un valor de 47%.

En conclusión, la demostración demostró que la adición de tiras de bambú resultó en una mejora considerable en la resistencia al cizallamiento y la resistencia a la deformación de la arcilla.

Asimismo, la incorporación de fibras de bambú produjo un incremento notable en el CBR del

suelo arcilloso, lo que sugiere que este material puede ser una solución eficaz para el refuerzo y mejora de suelos arcillosos en aplicaciones de ingeniería.

Kunmar, (2018). En el artículo titulado "*Investigación de la inclusión aleatoria de fibra de bambú en suelo ordinario y su efecto en el Valor CBR*", el objetivo principal fue mejorar las propiedades del suelo con el fin de reducir el riesgo de daños futuros en la estructura. Para ello, se empleó una metodología cuasi experimental en el diseño de la investigación y se evaluaron diversas propiedades índice del suelo, como el contenido de humedad, la gravedad específica (GS), el límite líquido (WL), el límite plástico (WP), el límite de contracción (WS), el índice de plasticidad (IP), la relación de contracción (SR) y la distribución del tamaño de grano, así como el pH.

Los resultados obtenidos mostraron que el Valor CBR (California Bearing Ratio) sin remojar y empapado para una longitud de 10 mm y un diámetro de 3 mm fue del 16,71% y 6,98%, respectivamente, al utilizar un contenido de fibra de bambú del 1,2%. Estos valores resultaron ser 2,73 y 2,32 veces mayores, respectivamente, en comparación con el suelo sin refuerzo. La principal conclusión de este estudio fue que la inclusión de fibra de bambú aumentó tanto el Valor CBR sin quitar como empapado. Además, se rompió que el Valor CBR en ambos estados aumentó significativamente a medida que se incrementó la cantidad de fibra de bambú, hasta llegar a una dosis del 1,2%.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

Ramos, (2022). En la tesis titulada "*Mejoramiento de suelo arcilloso nivel subrasante aplicando fibra de cabuya en Av. Cuzco - Distrito Mi Perú - Callao 2020*", presentada para obtener el título de ingeniero civil, se recomienda como objetivo de investigación evaluar el

impacto de la aplicación de la fibra de cabuya en las propiedades del suelo arcilloso a nivel de subrasante en la Av. Cuzco, distrito de Mi Perú, Callao, en el año 2020.

La metodología empleada en el desarrollo de la tesis fue de tipo aplicado, siguiendo el enfoque de diseño experimental propuesto por Ibáñez (2017, p.42). Se realizaron diversas mezclas de cabuya en las pruebas detalladas en el proyecto, con el objetivo de determinar la influencia de la fibra de cabuya en una muestra de suelo arcilloso, clasificando así el diseño como preexperimental.

Los principales resultados obtenidos revelaron un aumento en la capacidad de soporte del suelo, siendo la mayor densidad registrada de 2.076 g/cm<sup>3</sup>. Se concluyó que la adición de fibra de cabuya en el CBR (Índice de Soporte de California) de un suelo arcilloso incrementa su capacidad de soporte. En la muestra M-1, se demostró que el CBR aumentó del 19,5 % al 35,5 % en comparación con la muestra patrón, al agregar este agente estabilizador. Este hallazgo implica una mejora significativa en la resistencia del terreno, lo que contribuirá a fortalecer la capacidad de soporte del sustrato y garantizará la durabilidad del proyecto.

Además, se espera que el uso de la fibra de cabuya proporcione durabilidad y transpirabilidad, lo que permitirá estabilizar la Av. Cuzco y sus vías de acceso, brindando mayor seguridad y calidad a la infraestructura vial. En resumen, los resultados de la investigación muestran que la incorporación de fibra de cabuya en suelos arcillosos proporciona mejoras significativas en las propiedades mecánicas del suelo, lo que representa un avance importante para el desarrollo de proyectos viales más estables y duraderos.

Cabia & Espinoza, (2021). En la tesis titulada "Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos usando fibra de cabuya y bambú, Las Moras - Huánuco 2021", presentada con el propósito de obtener el título de ingeniero civil, el objetivo de investigación se enfocó en

analizar las propiedades mecánicas de suelos arcillosos mediante la aplicación de fibras de cabuya y bambú en Las Moras - Huánuco en el año 2021.

En el desarrollo de la tesis, se implementó una metodología aplicada respaldada por leyes científicas y teorías basadas en normas establecidas. El enfoque de investigación buscó evaluar el impacto de las fibras de cabuya y bambú en las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos con el fin de mejorarlos. Para ello, se mejoró un diseño de investigación cuasi experimental. Los resultados obtenidos indicaron que el índice de plasticidad del suelo aumentó hasta un máximo del 36,97% al incorporar un 10% de fibras de cabuya, y alcanzó un máximo del 38,16% al agregar un 10% de fibras de bambú. Asimismo, se demostró que al incluir un 10% de fibra de bambú, el contenido óptimo de humedad se estableció en 22,44%, en comparación con la muestra patrón (M-1). En relación al cálculo del Índice de Soporte de California (CBR) del suelo arcilloso, se encontró que al agregar fibras de cabuya y bambú, el CBR aumentó a 43,45% y 47,81%, respectivamente, en comparación con el valor inicial de CBR del 8,87%. Estos resultados revelan que las fibras de cabuya y bambú tuvieron un efecto significativo en mejorar el índice de CBR del suelo arcilloso.

Guerra & Mosqueira, (2020). En el artículo de investigación titulado "Capacidad portante (CBR) de tres suelos arcillosos que incorporan fibra de pseudotallo de plátano en diferentes porcentajes" El objetivo principal de esta investigación fue determinar la capacidad portante de tres suelos arcillosos mediante la adición de fibra de pseudotallo de plátano en longitudes de 25 mm y en tres porcentajes diferentes: 0,25%, 0,50% y 0,75%, mezclándola homogéneamente con el suelo. La metodología utilizada fue de tipo aplicado, con un diseño experimental, ya que se realizaron incorporaciones que incrementaron los valores de los índices de capacidad portante de los suelos, conocidos como California Bearing Ratio (CBR). Los resultados demostraron que la mejora de fibra de pseudotallo de plátano tuvo un efecto positivo en la capacidad portante de los

tres suelos estudiados. Con una incorporación del 0,25%, se reducirá una disminución del 50,78% en el valor del CBR para el suelo N° 01, un aumento del 220,27% para el suelo N° 02 y un incremento del 31,73 % para el suelo N° 03. Sin embargo, se observaron disminuciones en el índice CBR a medida que los porcentajes de fibra aumentaron. En conclusión, los resultados de esta investigación destacan que la incorporación de fibra de pseudotallo de plátano tuvo un impacto positivo en la capacidad portante de los suelos arcillosos estudiados. Estos resultados resaltan la importancia de utilizar materiales naturales, como la fibra de pseudotallo de plátano, para mejorar la capacidad portante de los suelos, lo que puede ser relevante en el diseño y construcción de infraestructuras que requieren una mayor resistencia y estabilidad.

Laura (2022), Llevó a cabo una tesis titulada *"Estabilización de subrasante con fibra de carrizo en la Av. Independencia, distrito de Ilo, Moquegua - 2022"*, con el objetivo principal de evaluar el impacto de la fibra de carrizo en la mejora de la subrasante en la avenida Independencia. La metodología empleada fue de tipo aplicado, con un diseño experimental de nivel explicativo y un enfoque cuantitativo. Se seleccionó un tramo de 2 km de la avenida Independencia como población para el estudio y se tomaron 4 calicatas como muestra representativa. Se realizaron adiciones de fibra de carrizo en diferentes porcentajes (0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2%) en relación al peso del suelo. Los ensayos realizados incluyen análisis granulométrico por tamizado, contenido de humedad, y se emplearon instrumentos y normas estandarizadas confiables. Los resultados obtenidos en el laboratorio demostraron que la incorporación de fibra de carrizo en un porcentaje del 2% produjo una disminución del índice de plasticidad del suelo, pasando de 4,73% a 4,09%. Además, se demostró una reducción en la densidad seca máxima del suelo, disminuyendo de 2,33 g/cm<sup>3</sup> a 2,058 g/cm<sup>3</sup>. También se produjo un aumento en el contenido de humedad óptima, pasando de 5,99% a 6,54% con la mejora de la fibra de carrizo. Respecto al CBR, se evidencia

un incremento en un rango del 56,6% al 64% con la mejora de la fibra de carrizo, lo que representa una variación del 13%. En conclusión, se constató que la incorporación de fibra de carrizo en la subrasante logró una mejora significativa en las propiedades físicas y mecánicas del suelo, lo que condujo a resultados satisfactorios en el fortalecimiento de la subrasante. Esto presenta ventajas tanto ambientales como económicas, al ofrecer una alternativa de menor costo para la validez del suelo en la Av. Independencia y, potencialmente similares, en otros proyectos.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Suelos**

La ingeniería civil considera que el suelo es una sustancia no consolidada compuesta por una diversidad de partículas que incluye tanto componentes líquidos como sólidos, así como espacios vacíos. (Budhu, 2020).

### **2.2.2. Origen de los suelos**

La mayoría de los suelos en la superficie terrestre se forman a través del proceso de meteorización de las rocas, el cual involucra tanto la destrucción química como la desintegración física de las rocas. Los geólogos utilizan el término "meteorización de las rocas" para describir los diversos procesos externos que llevan a cabo esta fragmentación de las rocas en trozos más pequeños. La fragmentación, también conocida como meteorización mecánica, es principalmente un cambio físico.

Además, existe la meteorización química, que involucra la destrucción de los minerales constituyentes de la roca y cambios en su composición química. Durante este proceso, los minerales persistentes presentes en la roca se transforman en minerales con una composición y propiedades físicas diferentes. Es importante tener en cuenta que la desintegración física completa

el proceso de destrucción, ya que los minerales y partículas rocosas más pequeñas generadas por la meteorización mecánica son más susceptibles a los cambios químicos que los granos minerales unidos entre sí (Budhu, 2020).

### **2.2.3. Suelos Arcillosos**

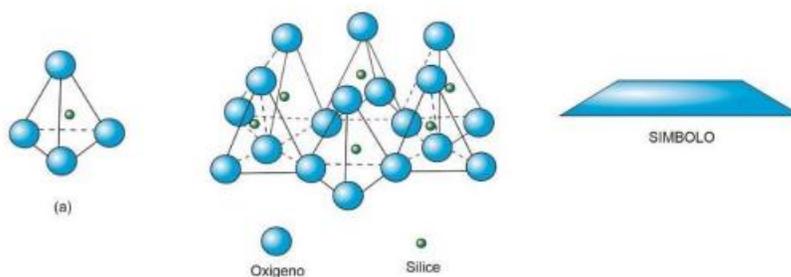
La mecánica de suelos es una disciplina que se enfoca en el estudio de las características físicas y el comportamiento de masas de suelo bajo diferentes fuerzas. En el ámbito de la ingeniería civil, esta ciencia se aplica para resolver problemas prácticos que surgen en la construcción, especialmente en el diseño de cimentaciones. Cada tipo de suelo tiene atributos físicos y mecánicos únicos y específicos.

Independientemente del origen de los suelos, las partículas que los componen varían en tamaño. En el caso de los suelos arcillosos, prevalecen las partículas submicroscópicas, como escamas de mica, minerales arcillosos y otros minerales. Las arcillas se definen como partículas que tienen un tamaño inferior a 0,002 mm. En algunos casos, también se consideran arcillas a las partículas con un tamaño de entre 0,002 y 0,005 mm, aunque no obstante no contengan minerales arcillosos. Es relevante mencionar que las partículas de arcilla tienden a tener una cantidad de tamaño coloidal, lo que significa que exhiben propiedades de tipo masilla cuando contienen cierta cantidad de agua (Das, 2001).

#### **2.2.3.1. Estructura de las arcillas**

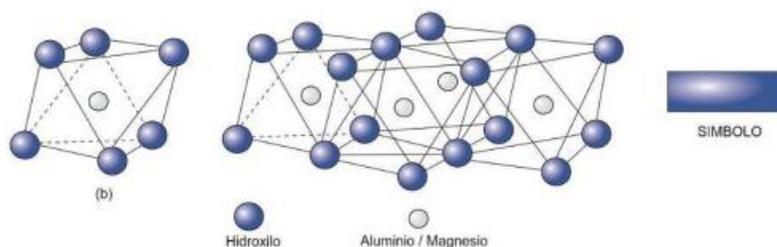
Los minerales arcillosos son complejos silicatos de aluminio que se encuentran en rocas ígneas y metamórficas. Estas arcillas se forman a través de procesos de producción química. Las propiedades mineralógicas, que incluyen la estructura y composición de los minerales arcillosos, son de gran importancia, ya que tienen un impacto directo en su comportamiento mecánico.

En su composición, las arcillas están compuestas principalmente por átomos de silicio, aluminio, hierro, magnesio, hidrógeno y oxígeno. Estos elementos se combinan para formar dos unidades básicas: el tetraedro de sílice y el octaedro de alúmina. El tetraedro de sílice consiste en un átomo de silicio rodeado por cuatro átomos de oxígeno, y la combinación de estas unidades tetraédricas de sílice forma una lámina de sílice. Es relevante destacar que tres átomos de oxígeno en la base de cada tetraedro se comparten con tetraedros vecinos, lo que da lugar a una estructura pseudo-hexagonal, tal como se ilustra en la figura 3.



**Figura 3:** Estructura atómica del tetraedro de Sílice.

La segunda unidad básica presente en las arcillas es el octaedro de alúmina, que se compone de seis grupos de hidroxilo que rodean un átomo de aluminio. Estas unidades octaédricas de hidroxilo de alúmina se combinan para formar una lámina octaédrica llamada lámina gibbsita. En esta estructura, los átomos de oxígeno también actúan como enlaces que conectan dos octaedros vecinos, tal como se muestra en la figura 4.



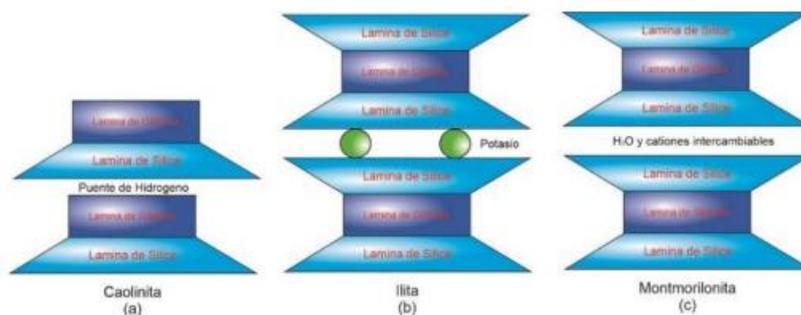
**Figura 4:** Estructura atómica del octaedro de aluminio

Los minerales de arcilla se clasifican en tres grupos según su estructura reticular: Caolinitas, Iilitas y Montmorilonitas.

Las caolinitas son minerales de arcilla que se forman a partir de la carbonatación de la ortoclasa, un tipo de feldespato potásico. Su estructura consiste en láminas de sílice y alúmina que se superponen indefinidamente, unidas por enlaces hidrogénicos. La fuerte unión entre las retículas de caolinita impide la penetración de moléculas de agua entre ellas, lo que resulta en una capa eléctricamente neutra y una buena estabilidad en presencia de agua.

La illita es un mineral de arcilla que se forma por la hidratación de la mica. Su estructura consta de una lámina de aluminio enlazada a dos láminas de sílice, una arriba y otra abajo. A veces se le denomina "mica arcillosa" debido a su similitud con la mica. Las capas de illita están entrelazadas mediante iones de potasio, lo que forma agregados o grumos en la estructura. Esto reduce el área expuesta al agua y, debido a que las partículas de illita son más pequeñas y delgadas, los enlaces entre ellas son más débiles en comparación con las caolinitas.

La Montmorilonita, denominada así por Montmorillon, Francia, pertenece al grupo de las bentonitas y se forma por la superposición repetida de una lámina de alúmina entre dos láminas de sílice, pero con una unión más débil entre sus retículas, lo que resulta en una alta capacidad de retención de agua entre los espacios intercalados. Esta arcilla experimenta una expansión significativa al entrar en contacto con el agua, lo que la vuelve inestable.



**Figura 5:** Diagrama de las estructuras de las arcillas.

#### 2.2.4. Límites de consistencia del suelo

Los límites de consistencia o de Atterberg, según el MTC: Establecer la sensibilidad del comportamiento de la superficie en relación con su contenido de humedad; especificar los límites que, en términos de contenido de humedad, corresponden a los tres estados sólidos de las superficies líquida, plástica y sólida, respectivamente; estos son los límites:

- a. **Límite líquido (LL).**- Es el contenido de humedad del suelo cuando pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y tiene el potencial de moldearse.
- b. **Límite plástico (LP).** - Es el contenido de humedad del suelo a medida que pasa de un estado plástico a un estado semisólido y comienza a descomponerse.
- c. **Límite de contracción. - (LC).** Es el contenido de humedad cuando el suelo pasa de estar semisólido a sólido y deja de descender a medida que pierde humedad.

#### 2.2.5. Granulometría del suelo

El propósito de realizar un análisis granulométrico de una muestra de suelo es determinar la proporción relativa de sus diversos componentes constituyentes, clasificándolos según el tamaño de sus partículas. A partir de estos resultados, se pueden definir los términos comunes utilizados en la ingeniería civil para describir la composición del suelo, tales como "grava", "arena" y "material de grano fino" (limo y arcilla). Este análisis permite obtener una comprensión detallada de la distribución de tamaños de las partículas presentes en la muestra, lo que resulta fundamental para el diseño y la evaluación de obras de ingeniería geotécnica y construcción.

**Tabla 1:** Clasificación de suelos según tamaño de partículas

Tipo de material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm - 4.75 mm
	Arena gruesa	4.75 mm - 2.00 mm
	Arena media	2.00 mm - 0.425 mm
Arena	Arena fina	0.425 mm - 0.075 mm
	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
Material fino	Arcilla	menor a 0.005 mm

**Fuente:** Tomado del MTC 2014:31

La AASHTO, en su designación M 145 – 91 Defina los términos "grava", "arena" y "limo-arcilla" como sigue:

**Grava:** El material entra en la malla con una abertura de 75 mm (3") y queda retenido en la malla con un espesor de 2 mm (N° 10).

**Arena gruesa:** El material pasa a través de un tamiz de 2 mm (#10) y permanece en un tamiz de 0,425 mm (No.40).

**Arena fina:** El material pasa a través de un tamiz de 0,425 mm (No 40) y se retiene en un tamiz de 75  $\mu$ m (No 200).

**Limo – arcilla:** Combinado limo y arcilla material que pasa por el tamiz de 75 mm (n° 200).

La parte de la muestra a la que se aplique la clasificación excluirá los cantos rodados y los bloques (retenidos en el tamiz de 75 mm (3")), sin embargo, se registrará el porcentaje de estos materiales, si los hubiera.

Además, se dice que "limoso" se refiere a materiales con un índice de ductilidad igual o inferior a 10 y "arcilloso" se refiere a materiales con un índice de plasticidad igual o superior a 11.

### 2.2.5.1. Índices obtenidos a partir de los límites de consistencia

#### Índice de plasticidad

Es un parámetro útil para determinar el grado de plasticidad de la superficie. Calculado como la diferencia entre los límites de líquido y plástico

$$IP = LL - LP \dots\dots\dots (1)$$

En este caso, el límite de plástico del suelo se conoce como "no plástico" (NP), y el índice de plasticidad es cero.

El índice de plasticidad describe la longitud del período húmedo durante el cual el suelo tiene una consistencia plástica, lo que también permite su clasificación. Una superficie con un alto índice de plasticidad es muy arcillosa, mientras que una superficie con un bajo índice de plasticidad es ligeramente arcilloso.

**Tabla 2:** Clasificación de un suelo según su índice de plasticidad

índice de plasticidad	Plasticidad	Características
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$7 < IP \leq 20$	Media	Suelos arcillosos
$IP \leq 7$	Baja	Suelos poco arcillosos
$IP = 0$	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

**Fuente:** Tomado del MTC 2014:32.

La plasticidad, de acuerdo con (Crespo, 2005).Es propiedad del suelo que no se rompe, incluso si se deforma en cierta medida. Esto significa que el comportamiento del suelo se puede medir en cualquier momento. Las arcillas exhiben esta propiedad en diversos grados.

#### Índice de contracción

El índice de plasticidad es un parámetro utilizado para estimar el potencial de contracción de un suelo. Se calcula como la diferencia entre el límite líquido y el límite de contracción del suelo. El índice de plasticidad proporciona información sobre la capacidad del suelo para cambiar

de estado plástico a estado líquido y viceversa. Cuanto mayor sea el índice de plasticidad, mayor será el potencial de contracción del suelo, lo que significa que el suelo es más propenso a experimentar cambios volumétricos significativos en respuesta a cambios en el contenido de humedad.

$$IC = LP - LC \dots \dots \dots (2)$$

El índice de plasticidad y el límite de contracción se pueden utilizar para estimar aproximadamente el potencial de cambio de volumen del suelo.

**Tabla 3:** Cambio volumétrico de un suelo en función de su índice de plasticidad y límite de contracción

Cambio de volumen	Índice de plástico		Límite de contracción
	Región árida	Región húmeda	
Pequeño	0 – 15	0 – 30	≥ 12
Pequeño a moderado	15 – 30	30 – 50	10 – 12
Moderado a severo	≥ 30	≥ 50	≤ 10

**Fuente:** Tomado de Crespo 2004:88.

### 2.2.5.2. Clasificación del suelo

#### Sistema de clasificación AASHTO.

La AASHTO, en su designación M 145 - 91 (Especificación Estándar para Clasificación de Suelos y Mezclas de Agregados para Propósitos de Construcción de Carreteras), proporciona un procedimiento para clasificar los suelos en siete grupos diferentes basados en la distribución del tamaño de partícula, el límite de plasticidad y el índice de plasticidad. Para evaluar cada tipo de suelo dentro de estos grupos, se utiliza el "Indicador de Grupo", un valor que se calcula mediante una fórmula empírica específica.

Este enfoque de clasificación es fundamental para la ingeniería de carreteras, ya que permite comprender la naturaleza y el comportamiento de los suelos presentes en el terreno donde se llevará a cabo la construcción de la carretera. La AASHTO utiliza criterios rigurosos y precisos para clasificar los suelos, lo que ayuda a los ingenieros a tomar decisiones informadas sobre el diseño y la construcción de las vías de comunicación para garantizar la seguridad y la durabilidad de las carreteras.

El grupo de clasificación, junto con el índice de grupo, se utiliza para evaluar la calidad relativa del material que compone el suelo, con el propósito de utilizarlo en diferentes elementos de construcción de carreteras, como estructuras de trabajos con tierra, terraplenes, subrasantes, subbases y bases.

**a. Índice de grupo (IG).**

El índice de grupo es calculado a partir de la siguiente ecuación empírica:

$$IG = (F - 35)[0.2 + 0.005 (LL - 40)] + 0.01(F - 15)(IP - 10) \dots \dots (5)$$

Donde:

IG = índice de grupo

F = porcentaje que pasa el tamiz 75  $\mu\text{m}$  (No. 200), expresado como un número entero.

Este porcentaje está basado solo en el material que pasa el tamiz 75 mm (3").

LL = límite líquido

IP = índice de plasticidad

El MTC (2014), establece categorías del suelo para sub rasante en función del valor de su índice de grupo de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 4:** Condición del suelo de sub rasante según su índice de grupo

<b>Índice de grupo</b>	<b>Suelo de sub rasante</b>
IG mayor que 9	Inadecuado
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 a 2	Bueno
IG está entre 0 a 1	Muy bueno

Fuente: Tomado del MTC 2014:33

### **Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)**

En el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, propuesto inicialmente por Arthur Casagrande en 1942 y posteriormente adoptado por el United States Bureau of Reclamation (USBR) y el US Army Corps of Engineers (USACE), se utilizan símbolos para identificar y clasificar diferentes tipos de suelos. Estos símbolos se utilizan ampliamente en el campo de la geotecnia. Algunos de los símbolos utilizados en el Sistema Unificado de Clasificación incluyen:

- Letras mayúsculas: Se utilizan para indicar la clasificación general del suelo en función de su estado de consistencia. Por ejemplo, "G" se utiliza para arcillas, "S" para arenas, "M" para limos y "C" para suelos compuestos.
- Números: Se utiliza para indicar el límite líquido del suelo. Por ejemplo, un suelo con un límite líquido de 30 se representa con el número "30".
- Letras minúsculas: Se utilizan para indicar características adicionales del suelo, como la presencia de materia orgánica ("o"), la presencia de grava ("g") o la presencia de arena bien graduada ("w").

Estos símbolos se combinan para formar una clasificación completa del suelo. Por ejemplo, un suelo arcilloso con un límite líquido de 40 y contenido de materia orgánica se clasificaría como "CL-ML". Es importante tener en cuenta que el Sistema Unificado de

Clasificación es solo una de las muchas clasificaciones de suelos utilizados en el campo de la geotecnia, y su uso puede variar según la región y la aplicación específica.

**Tabla 5:** Símbolos siguientes para fines de identificación

<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
G	Grava
S	Arena
M	Limo
C	Arcilla
O	Limos orgánicos y arcilla
H	Alta plasticidad
L	Baja plasticidad
W	Bien graduado
P	Mal graduado
Pt	Turba y suelos altamente orgánicos

Fuente: Tomado de Das 2012:19.

La ASTM en su designación D 2487 – 11 (Práctica Estándar Para Clasificación de suelos para propósitos de Ingeniería), se establece un sistema para clasificar minerales y materiales orgánicos con fines de ingeniería, utilizando datos de laboratorio como el tamaño de partículas, el límite de líquido y el índice de plasticidad. Este sistema se emplea cuando se requiere una clasificación precisa.

El sistema de clasificación de la ASTM identifica tres divisiones principales de suelos: suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos altamente orgánicos. Cada una de estas divisiones se subdivide en un total de 15 grupos básicos de suelos.

**Tabla 6:** Grupos de clasificación de suelos del Sistema Unificado

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Símbolo de grupo</b>	<b>Nombre de grupo</b>	<b>Descripción del material</b>
<b>Suelos de grano grueso (más de 50% retenido en el tamiz No. 200)</b>	GW	Grava bien gradada	Mezclas gravosas – poco o ningún material fino. Variación en tamaños granulares
	GP	Grava mal gradada	Mezcla de grava – arena – poco o ningún material fino
	GM	Grava limosa	Mezcla de grava – arena – limo
	GC	Grava arcillosa	Mezcla de grava – arena – arcillas. Grava con material fino en cantidad apreciable
	SW	Arena bien gradada	Mezcla de arena bien gradada – grava – poco o ningún material fino. Arena limpia con poco o ningún material fino. Amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios
	SP	Arena mal gradada	Mezcla de arena mal gradada - grava - poco o ningún material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias
	SM	Arena limosa	Mezcla de arena – limo
<b>Suelos de grano fino (50% o más)</b>	SC	Arena arcillosa	Mezcla de arena – arcilla
	CL	Arcilla inorgánica de baja plasticidad	Arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras

<b>pasa el tamiz No. 200)</b>	ML	Limo inorgánico de baja plasticidad	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limo arcilloso, poco plástico, arenas finas limosas, arenas finas arcillosas
	OL	Arcilla orgánica Limo orgánico	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
	CH	Arcilla inorgánica de alta plasticidad	Arcillas gruesas
	MH	Limo inorgánico de alta plasticidad	Limos inorgánicos, suelos finos limosos o arenosos micáceos o diatomáceos (ambiente marino, naturaleza orgánico silíceo), limos elásticos
	OH	Arcilla orgánica Limo orgánico	Arcilla orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos
	<b>Suelos altamente orgánicos</b>	Pt	Turba

Fuente: Adaptado de la norma ASTM D 2487 (8) – 11:2 y el MTC 2014:30 (7)

Los sistemas de clasificación de suelos AASHTO y SUCS, se pueden correlacionar de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 7:** Correlación entre los sistemas de clasificación AASHTO y SUCS

<b>Sistema de clasificación AASHTO (AASHTO M 145)</b>	<b>Sistema de clasificación SUCS (ASTM D 2487)</b>
A – 1 – a	GW, GP, GM, SW, SP,
A – 1 – b	GM, GP, SM, SP
A – 2	GM, GC, SM, SC
A – 3	SP
A – 4	CL, ML
A – 5	ML, MH, CH
A – 6	CL, CH
A – 7	OH, MH, CH

**Fuente:** Tomado del MTC 2014:33.

### 2.2.6. Aspectos importantes de una subrasante

Garantizar que la carga en la rueda se ajuste adecuadamente a la capacidad de la subrasante es un aspecto fundamental en la construcción de pavimentos. Para lograr una ingeniería económica y práctica, es esencial evaluar las características físicas más relevantes del sustrato y diseñar un pavimento que se adapte a ellas. Esta evaluación puede llevarse a cabo utilizando métodos empíricos basados en experiencias previas o mediante análisis más detallados.

Montejo (2002) destaca que la calidad del sustrato tiene un gran impacto en el espesor que debe tener el pavimento, ya sea flexible o rígido. La capacidad de soporte (CBR) o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas del tránsito se emplea como parámetro de evaluación para esta capa.

Rico y del Castillo (2005) señalan que un sustrato resistente podrá soportar niveles de esfuerzo relativamente altos, lo que permitirá reducir el espesor de las capas del pavimento sin comprometer su estabilidad general. Esto resultará en una reducción significativa de costos en la construcción del pavimento.

De acuerdo con Kraemer et al. (2004), con la formación de una subrasante se debe conseguir una superficie:

- Sin excesivas irregularidades, de manera que el espesor de la capa inferior del pavimento pueda ser sensiblemente uniforme.
- Poco sensible a los cambios de humedad.
- Con pendientes que permitan drenar las precipitaciones ocurridas durante la ejecución de las obras.
- Con una resistencia suficiente para soportar el tráfico de obra sin presentar erosión o deformaciones.

### 2.2.6.1. El índice CBR en la evaluación de la calidad de una subrasante

Sowers, GB y Sowers, GF (1972) explican que el valor de soporte relativo (California Bearing Ratio, CBR) es un indicador semiempírico utilizado para evaluar las características de resistencia y deformación de un suelo. Este indicador ha sido correlacionado con el comportamiento del pavimento para establecer parámetros que permitan estimar el espesor adecuado del pavimento.

Sin embargo, se ha cuestionado este método por ser considerado demasiado conservador debido a su requerimiento de saturar previamente el suelo. Aunque este requisito puede parecer riguroso relacionado, se justifica en la necesidad de prevenir la incertidumbre con las condiciones de humedad máxima de la subrasante, las cuales pueden ser desconocidas.

De acuerdo con el MTC (2014), una vez definido el valor del índice CBR de diseño para cada sector con características homogéneas, se determinará la categoría de subrasante a la que pertenece dicho sector o subtramo.

**Tabla 8:** Categorías de subrasante en función de su índice CBR

<b>Categorías de subrasante</b>	<b>Índice CBR</b>
Subrasante inadecuada	$CBR < 3\%$
Subrasante insuficiente	$3\% \leq CBR <$
Subrasante regular	$6\% \leq CBR <$
Subrasante buena	$10\% \leq CBR <$
Subrasante muy buena	$20\% \leq CBR <$
Subrasante excelente	$30\% \leq CBR$

**Fuente:** Tomado del MTC 2014:35.

Para determinar la categoría de la subrasante según la tabla anterior, los suelos de la explicación que se encuentran por debajo del nivel superior de la subrasante deben tener un espesor mínimo de 0,60 metros del material correspondiente a la categoría iluminada. En caso de que no se cumpla este espesor mínimo, se asignará la categoría inmediata de calidad inferior.

El MTC (2014) también sugiere que el nivel superior de la subrasante debe estar por encima del nivel freático a ciertas profundidades mínimas, dependiendo de la calidad de la subrasante. Por ejemplo, para una subrasante excelente – muy buena ( $\text{CBR} \geq 20\%$ ), se recomienda que esté al menos a 0,60 metros por encima del nivel freático. Para una subrasante buena – regular ( $6\% \leq \text{CBR} < 20\%$ ), la distancia mínima debe ser de 0,80 metros. Para una subrasante pobre ( $3\% \leq \text{CBR} < 6\%$ ), la distancia mínima es de 1,00 metro, y para una subrasante inadecuada ( $\text{CBR} < 3\%$ ), se sugiere una distancia mínima de 1,20 metros. En caso de ser necesario, se pueden tomar medidas como colocar subdrenes, capas anticontaminantes o drenantes, o elevar la rasante para alcanzar el nivel requerido.

#### **2.2.6.2. Características que deben cumplir los suelos para conformar una subrasante**

De acuerdo con el MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) en 2014, se establece que los suelos situados por debajo del nivel superior de la subrasante, en una profundidad de al menos 0.60 m, deben ser suelos adecuados y estables, con un valor de CBR (California Bearing Ratio) igual o superior al 6%. Si el valor de CBR del suelo por debajo del nivel superior de la subrasante es menor que 6%, se requiere llevar a cabo un proceso de estabilización del suelo, el cual será explicado en detalle posteriormente.

El CBR es un indicador importante que mide la resistencia del suelo y su capacidad de soporte, especialmente en el diseño y construcción de carreteras y otras infraestructuras viales. Garantizar que los suelos cumplan con los estándares mínimos de estabilidad es esencial para asegurar la durabilidad y seguridad de las obras de ingeniería civil. En el caso de que el suelo no alcance el CBR requerido, se aplicarán técnicas de estabilización para mejorar sus características y adecuarlo a los estándares necesarios para la construcción de la subrasante y la carretera.

Según Kraemer et al. (2004). Los mejores suelos para un subrasante son aquellos que son simples de compacto, resistentes a la deformación una vez compactados y menos sensibles a los cambios en la humedad (especialmente los cambios en el volumen). También deben ser resistentes a la congelación en áreas expuestas a temperaturas muy bajas y no tienen potencial de cambio.

Por ello, sugieren que los suelos granulares con granulometría continua, bajos niveles de finos plásticos y sin piedras de gran tamaño son preferibles para su uso en pavimentos. En el caso de suelos de grano fino, como limos y arcillas, se pueden emplear en núcleos, excepto en el caso de arcillas altamente plásticas y limos con elevado límite líquido. En cualquier caso, los materiales que formen el cimientado del pavimento deben tener una calidad superior.

Adicional a lo anterior, Kraemer et al. (2004) recomiendan que los suelos naturales de mala calidad podrían ser desechados y sustituidos por otros de mayor calidad. Además, estos pueden ser considerados inaceptables como cimientado de un pavimento cuando:

- Presentan una elevada plasticidad, que, en todo caso, se puede reducir mediante su estabilización.
- Contienen una importante cantidad de materia orgánica.
- Son suelos evolutivos, cuyas propiedades se degradan con el tiempo, a veces incluso durante el propio proceso de puesta en obra.
- Son suelos expansivos, cuyos cambios de volumen afectarían al pavimento.
- Son suelos exageradamente heterogéneos, como son típicamente algunos rellenos constituidos de residuos producto de la actividad humana.
- Son muy erosionables, en los que, debido a corrientes de agua, se pueden formar oquedades de gran tamaño.

Además, mencionan que las fluctuaciones en el nivel freático dan lugar a una capa activa, compuesta por suelos semisaturados cuyo comportamiento es difícil de predecir en comparación con los suelos completamente secos o saturados, debido a su sensibilidad a los cambios de humedad. Para abordar los desafíos derivados de la influencia de la humedad en la resistencia del cimiento, es esencial prestar una atención especial al drenaje subterráneo y, principalmente, construir sustratos utilizando técnicas de precisión in situ de los suelos que las componen.

### 2.3. Marco conceptual

**Suelo:** Conjunto de partículas minerales, que se forman por la desintegración mecánica o de la descomposición química de rocas preexistentes.

**Compactación:** Consolidación natural del suelo por el peso de los sedimentos o compresión similar mediante el apisonado con rodillo de un árido.

**Estabilización de suelos:** Proceso cuya finalidad es mejorar sus propiedades como su resistencia a la deformación, contenido de humedad, control de erosión y los cambios de volumen.

**Arcilla:** Material terroso, compuesto de silicatos alumínicos hidratados; posee alta plasticidad, y se contrae y endurece por calcinación.

**Contenido óptimo de humedad:** Contenido de agua del terreno que permite obtener una densidad máxima mediante su compactación. **Densidad:** Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo.

**Curva Granulométrica:** Resultado del ensayo de granulometría en laboratorio, en la cual se muestra los diferentes tamaños de partículas que conforman un suelo.

**Capacidad de soporte:** Capacidad que posee un suelo de resistir a deformaciones

## Capítulo III

### Metodo de la Investigacion

#### 3.1. Enfoque

Los enfoques de investigación se refieren a las perspectivas o métodos utilizados para llevar a cabo un estudio o investigación en un campo determinado. Estos enfoques están determinados por la naturaleza de la investigación, los objetivos y las preguntas de investigación planteadas. (Carrasco, 2005).

Existen varios enfoques de investigación en diferentes disciplinas A continuación, se menciona algunos enfoques de investigación comunes:

**Enfoque cuantitativo:** Se centra en la recopilación y análisis de datos numéricos para responder preguntas de investigación. (Gosset 2003).

**Enfoque cualitativo:** Se centra en la comprensión e interpretación de fenómenos sociales o humanos a través de la recolección y análisis de datos no numéricos. (Strauss & Glaser, 2007).

**Enfoque mixto:** Combina elementos del enfoque cuantitativo y cualitativo, utilizando tanto datos numéricos como no numéricos en la investigación. (Creswell, 1998).

Basado en los conceptos mencionados esta investigación responde a un enfoque cuantitativo, principalmente porque los datos obtenidos serán datos numéricos que llegaran a demostrar la hipótesis de investigación.

### **3.2. Alcance**

El alcance de una investigación se refiere a los límites y alcances que se establecen para el estudio en términos de su objetivo, las variables que se analizarán, el tamaño de la muestra, el marco temporal, el contexto geográfico, entre otros aspectos. El alcance de una investigación se define para delimitar claramente los límites y las dimensiones de estudio, lo que permite establecer qué aspectos serán considerados y cuáles serán excluidos. (Hernández, 2001, p. 102).

Hernandez, (2014). Menciona que el alcance de un estudio está relacionado con la estrategia de investigación utilizada. Cada tipo de alcance, ya sea exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo, requiere diferentes diseños, procedimientos y componentes en el proceso de investigación. Sin embargo, en la práctica, es posible que una investigación incluya elementos de más de uno de estos alcances. Los estudios exploratorios tienen como propósito preparar el terreno y suelen ser el punto de partida para investigaciones con alcances descriptivos, correlacionales o explicativos. Los estudios descriptivos, por su parte, suelen sentar las bases para investigaciones correlacionales, que a su vez obtuvieron información para llevar a cabo estudios explicativos. Estos últimos buscan generar un sentido de entendimiento más profundo y suelen ser altamente estructurados.

La presente investigación tuvo un alcance del tipo exploratorio, descriptivo y correlacional, debido a que para cumplir los objetivos se realizaron visitas a la zona de estudio, ya que la información geotécnica era escasa, posteriormente con los datos recopilados se realizaron caracterizaciones geotécnicas en laboratorio, basados en la descripción de las muestras obtenidas

y finalmente se relacionaron los resultados de la investigación con las propuestas de estabilización de la subrasante de la zona de propuesta.

### 3.3. Diseño de la investigación

El diseño de investigación se refiere a la estructura o plan general que se establece para llevar a cabo un estudio o investigación. Es el proceso de determinar cómo se recopilarán los datos, qué métodos y técnicas se utilizarán, así como la forma en que se analizarán e interpretarán los resultados. Un diseño de investigación sólido es fundamental para garantizar la validez y confiabilidad de los hallazgos obtenidos. (Hernández, 2001, p. 184).

Existen diferentes diseños de investigación que se utilizan para abordar distintos objetivos y responder preguntas de investigación.

**Diseño experimental:** Este diseño busca establecer una relación causal entre variables mediante la manipulación de una variable independiente y la medición de su efecto en una variable dependiente. Se utilizan grupos de control y grupos de tratamiento para comparar los resultados.

**Diseño no experimental:** también conocido como diseño observacional, se refiere a un enfoque de investigación en el cual el investigador no manipula deliberadamente las variables independientes. En lugar de ello, se observan y se recopilan datos sobre las variables de interés tal como ocurren naturalmente en un entorno real.

En el caso, de la investigación esta presento un diseño experimental, ya que las variables X e Y están interrelacionadas, lo que hace que el diseño del estudio sea cuasi-experimental. Además, las muestras no se extraen al azar, sino que se analizan todas. Los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer los posibles efectos de una causa manipulada y se deben establecer las variables a utilizar para llevar a cabo el diseño de estudio elegido. En este

caso se pretende establecer la influencia de las fibras de agave en las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela, Ayacucho 2022. También debemos considerar el grado de relación, ya que uno afecta directamente el resultado del otro. Estos son más visibles y lo ayudan a detectar patrones. (Hernández , Fernández, & Baptista, 2010).

Ge	O	X	O2
Gc	O	---	O3

Tratamientos:

**Tabla 9:** Tratamientos de dosificaciones de las fibras de agave en las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

Tratamientos	
T0 0 + ....	O2
T1 0 + 2% de adición de fibras de agave	O3
T2 0 + 4% de adición de fibras de agave	O4
T3 0 + 6% de adición de fibras de agave	O5

### 3.4. Población y muestra

#### Población

La población se refiere al concepto de "población" en el contexto de la investigación. Una población se refiere a un conjunto o grupo de unidades que comparten características comunes y que son objeto de estudio en una investigación.

En el contexto de la investigación, la población puede ser cualquier grupo de interés que cumpla con los criterios establecidos para el estudio. Puede referirse a personas, objetos, eventos, animales u otras entidades que sean relevantes para la investigación. (Hernández, 2001, p. 127).

Para la presente investigación la población estuvo representada por el suelo de la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca – Cajadela en el distrito de Anco, provincia de La Mar, departamento de Ayacucho, donde se analizaran sus características físicas y mecánicas.

### **Muestra**

El método de selección demostrado utilizado implicará la no probabilística, lo que asegura que la muestra refleja las características del público objetivo y sea representativa de toda la población. Sin embargo, es importante señalar que el uso de una muestra representativa puede tener una desventaja, ya que debido a su naturaleza subjetiva, no se puede cuantificar de manera precisa la "representación" de la muestra (Carrasco, 2006).

La muestra estuvo compuesta por el tramo 2+000 al 6+000 de la subrasante, el cual es considerado el tramo más crítico de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela. Para obtener información más detallada sobre el suelo en este tramo, se llevarón a cabo 4 calicatas, las cuales presentan un C.B.R. menor a 6, según indica el M.T.C. Estas calicatas tendrán una profundidad de 1.5 metros y se ubicarán en los kilómetros 3+000, 3+500, 5+250 y 6+000 respectivamente.

## **3.5. Hipotesis**

### **3.5.1. Hipotesis general**

La adición de fibra de agave influye positivamente en las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela, Ayacucho 2022.

### **3.5.2. Hipotesis específica**

- ❖ La adición de fibra de agave influye positiva en la densidad del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca – Cajadela.

- ❖ La adición de fibra de agave incrementa la resistencia del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca – Cajadela.
- ❖ La dosificación adecuada de fibra de agave es a 4% para el mejoramiento en las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca – Cajadela.

### 3.6. Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional

TIPO DE VARIABLE	MARCO CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES DE MEDIDAS	TIPO DE VARIABLE
VARIABLE DEPENDIENTE	Propiedades del suelo de la subrasante	El penco forma parte de la familia Agavaceae originaria de América, de clima tropical y seco, también adquiere varios nombres en las diferentes culturas como en México se lo llama oro azul y maguey. Se realizaron combinaciones de porcentajes de fibras de agave de la subrasante con características deficientes con la finalidad de mejorar sus propiedades del suelo.	Propiedades físicas  Propiedades mecánicas	Densidad máxima del suelo  Resistencia del suelo	g/cm <sup>3</sup>  %	Cuantitativa
VARIABLE INDEPENDIENTE	Fibra de agave al 2%, 4% y 6%	El penco forma parte de la familia Agavaceae originaria de América, de clima tropical y seco, también adquiere varios nombres en las diferentes culturas como en México se lo llama oro azul y maguey. Se adiciona una cantidad de fibra de agave que, mezclado con el suelo como aditivo, busca el mejoramiento del mismo	Dosificación de adición de fibra de agave	Porcentaje óptimo de fibra de agave	kg	Cuantitativa

### 3.7. Técnicas e instrumentos

#### Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de investigación representan el conjunto de pasos, cuyo objetivo es operativizar el proceso investigativo. (Hernández , Fernández, & Baptista, 2010).

Existen diversas técnicas de recolección de datos que pueden utilizarse en una investigación, y la elección de la técnica adecuada dependerá del tipo de datos que se deseen recopilar, así como de las características del estudio y de la población o muestra objetivo. A continuación, en la presente tesis se utilizaron los siguientes técnicas:

**Análisis documental:** Esta técnica implica el análisis de documentos, archivos o registros existentes, como informes, actas, diarios, etc. Permite obtener información histórica y contextual sobre el tema de estudio, en el caso de la investigación, se tomaron referencias bibliográficas y se buscó información sobre el mejoramiento de subrasantes con adiciones de fibras de agave o afines en gestores de búsqueda de renombre. Se investigará las características químicas de estos materiales, así como investigaciones sobre subrasantes estabilizadas.

**Observación:** La observación consiste en la recolección de datos mediante la observación directa de los sujetos o fenómenos en estudio. Puede ser estructurada (con categorías predefinidas de comportamiento a observar) o no estructurada (con una observación abierta). La observación puede ser útil para obtener datos objetivos y en tiempo real, pero puede verse influenciada por el sesgo del observador, en la presente tesis se desarrollo de la siguiente manera:

Se recogio información in situ, la información recogida se refiere a la recogida de muestras en el campo, así como los resultados del laboratorio mediante fichas técnicas de laboratorio.

## **Instrumento**

Un instrumento de investigación se refiere a la herramienta o recurso utilizado para recopilar datos en un estudio. Es el medio a través del cual se obtiene información relevante para responder a las preguntas de investigación o alcanzar los objetivos planteados.

En la presente investigación, se utilizaron los siguientes instrumentos:

Fichas técnicas de los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico
- Proctor modificado
- C.B.R.

### **3.8. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información.**

El análisis y procesamiento de datos se realizará en formatos Excel establecidos para cada uno de los ensayos usados por los laboratorios: CASA GRANDE SAC. Se empleará procedimientos validados por normas internacionales y nacionales, los resultados obtenidos serán analizados mediante la comparación con las especificaciones técnicas vigentes. Asimismo, para la validación de la hipótesis se realizará mediante el software SPSS utilizando el estadístico de correlación de Pearson para así medir el grado de influencia de las variables independientes y dependientes.

### 3.9. Desarrollo del trabajo de tesis

#### Ubicación

La comunidad campesina de Chiquintirca se encuentra ubicada en el distrito de Anco, al sur de la provincia de La Mar, en el Departamento de Ayacucho. Sus coordenadas geográficas son  $13^{\circ}03'23''$  de latitud sur y  $73^{\circ}42'17''$  de longitud oeste, y se encuentra a una altitud de 4800 metros sobre el nivel del mar. El punto más alto se encuentra en el anexo de Pacobamba, mientras que el punto más bajo está ubicado a 560 metros sobre el nivel del mar en el anexo de San Antonio, cerca del río Apurímac. Los límites de la comunidad campesina de Chiquintirca son los siguientes: al norte limita con el distrito de San Miguel, al sur con el distrito de Chungui, al este con el distrito de Vilcacamba en la provincia de La Convención, y al oeste con los distritos de Chilca y Luis Carranza. Además, su límite noreste se encuentra con el distrito de Anchiway.



**Figura 6:** Mapa de ubicación de la zona de estudio (Chiquintirca – Cajadela)

Para llevar a cabo la presente investigación, se sigue como referencia la Norma Técnica Peruana y MTC-E, proporcionando una secuencia de procedimientos. En primer lugar, se realizó el reconocimiento, procesamiento y recopilación del material de fibra de agave. Posteriormente, se procedió a caracterizar los materiales en el segundo paso, definiendo los ensayos a realizar para obtener resultados. En el tercer paso, se extenderá la ubicación de la muestra, seleccionando las

secciones más importantes, separando las áreas, extrayendo la muestra de la calicata y colocándola en una bolsa especial para conservar su humedad natural. Luego, la muestra fue llevada al laboratorio de mecánica de suelos (CASA GRANDE SAC.) para realizar investigaciones futuras sobre el proyecto de investigación.

### **FASE I: Obtención y preparación de las muestras de suelo**

- Se reconoció el lugar donde se recolectará los datos del estudio trocha carrozable (Chiquintirca – Cajadela).



**Figura 7:** Ubicación del tramo de estudio (Chiquintirca – Cajadela)

- Elaboración de calicatas Se procederá a la selección del suelo que fueron sustraídas de las 04 calicatas elaboradas en el tramo de los 03 kilómetros de la trocha carrozable (Chiquintirca – Cajadela) el cual se acumuló aproximadamente 250 kilogramos por cada calicata.



**Figura 8:** Reconocimiento de la calicata de estudio

- Durante el desarrollo del estudio, se procedió a realizar la excavación de las calicatas hasta una profundidad mínima de 1,50 m. Luego, siguiendo la Norma ASTM D 2488 (Práctica estándar para la descripción e identificación de suelos mediante procedimientos visuales - manuales), se describieron e identificaron in situ las calicatas, registrando detalladamente las principales características del suelo, como el espesor de cada estrato, el color, el olor, la consistencia, la humedad, entre otros aspectos relevantes.



**Figura 9:** Reconocimiento estratigráfico del suelo en estudio

- Se procedió a obtener y transportar las muestras representativas de suelo de cada calicata de acuerdo con las directrices establecidas en la Norma MTC E 104 (conservación y transporte de muestras de suelo). Para el ensayo de contenido de humedad natural, se sacaron bolsas herméticas con el propósito de evitar la pérdida de humedad durante el transporte al laboratorio. De esta manera, se garantizó la integridad de las muestras y se preservó adecuadamente su contenido de humedad para su posterior análisis en el laboratorio.



**Figura 10:** Muestreo en laboratorio

- Se procedió a preparar las muestras de suelo de manera adecuada para llevar a cabo los ensayos de laboratorio necesarios, siguiendo las directrices establecidas en las Normas MTC E105 (obtención en laboratorio de muestras representativas - cuarteo) y MTC E 106 (preparación en seco de muestras para el análisis granulométrico y determinación de las constantes del suelo).
- Para obtener muestras representativas, se obtuvo el método de cuarteo según la Norma MTC E105, el cual consiste en tomar una muestra inicial y dividirla en

fracciones más pequeñas para asegurar que cada porción sea una representación fiel del suelo original. Esto garantiza que los resultados obtenidos en los ensayos reflejan de manera precisa las características del suelo en el tramo crítico de la trocha carrozable.

- Además, siguiendo la Norma MTC E 106, las muestras de suelo se prepararon en seco para realizar el análisis granulométrico y determinar las constantes del suelo. La preparación en seco permite manipular las muestras con precisión, lo que es fundamental para obtener resultados fiables en los ensayos de laboratorio.
- Con el adecuado cumplimiento de estas normas y procedimientos, se asegura la calidad y representatividad de las muestras de suelo, lo que es esencial para el estudio y diseño geotécnico de la subrasante en el tramo crítico de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela.

## **FASE II: Ensayos de laboratorio**

- En primer lugar, se realizó los ensayos de análisis granulométrico, límite líquido y límite plástico, con la finalidad de poder clasificar las muestras de suelo obtenidas de cada calicata.

### **Granulometría (MTC E – 107)**

En el análisis granulométrico, la muestra de suelo se tamiza o pasa a través de una serie de mallas con diferentes aberturas. Estas mallas tienen tamaño que van desde mallas de abertura grande, como 4", 3", 2½", hasta mallas más finas como mallas 200 con una abertura de 0,074 mm. A medida que se tamiza la muestra a través de estas mallas, se separan las partículas según su tamaño y se determina el porcentaje de masa que pasa a través de cada malla.

Con la información obtenida del análisis granulométrico, se construye una curva

granulométrica que representa gráficamente la distribución del tamaño de las partículas del suelo. Esta curva es esencial para comprender las características y la composición del suelo, lo que resulta fundamental en el diseño y la construcción de obras de ingeniería civil, como carreteras, cimientos y otras infraestructuras.



**Figura 11:** Clasificación del suelo

- Para realizar el análisis, se toma una muestra de suelo pesado y se coloca en la parte superior del tamiz correspondiente al tamaño de la abertura deseada. Luego, se tapan los tamices para asegurar que no se escape ningún material durante el proceso de depresión.
- El siguiente paso es agitar los tamices durante 10 minutos, utilizando un tamizador eléctrico para facilitar el proceso. Durante este tiempo, las partículas más pequeñas pasan a través de las aberturas del tamiz y se recogen en la bandeja inferior, mientras que las partículas más grandes quedan retenidas en el tamiz.
- Es esencial tener cuidado el proceso de compresión para evitar la pérdida de material, ya que esto podría afectar la precisión del análisis. Se debe asegurar que los tamices estén bien sellados y que no haya fugas en el sistema para garantizar que todas las partículas sean recogidas correctamente.
- Una vez completado el proceso de destrucción, se pesan las fracciones de suelo recolectadas en cada tamiz y se calcula el porcentaje de masa que pasa a través de cada abertura. Con estos datos, se construye la curva granulométrica que

representa la distribución del tamaño de las partículas en la muestra de suelo.

- El análisis granulométrico es un procedimiento fundamental para comprender las características del suelo y es de gran importancia en el diseño y la construcción de proyectos de ingeniería civil. El uso de un tamizador eléctrico agiliza el proceso y garantiza resultados más precisos y consistentes.



**Figura 12:** Tamizado de las muestras para clasificación granulométrica

- Finalmente se pesa el material retenido en cada malla y se determina la clasificación de suelos.

### **Limite Líquido (Norma MTC E – 110)**

El límite líquido es un parámetro importante en la caracterización de suelos y se define como el contenido de humedad en el cual el suelo adquiere un comportamiento plástico. Se utiliza para clasificar los suelos y también es fundamental en el diseño geotécnico.

Para determinar el límite líquido se realiza el ensayo de la copa Casagrande, también conocido como ensayo de límite líquido (ASTM D-4318). En este ensayo, se toma una muestra de suelo y se mezcla con agua hasta que adquiere una consistencia plástica adecuada para ser moldeada.

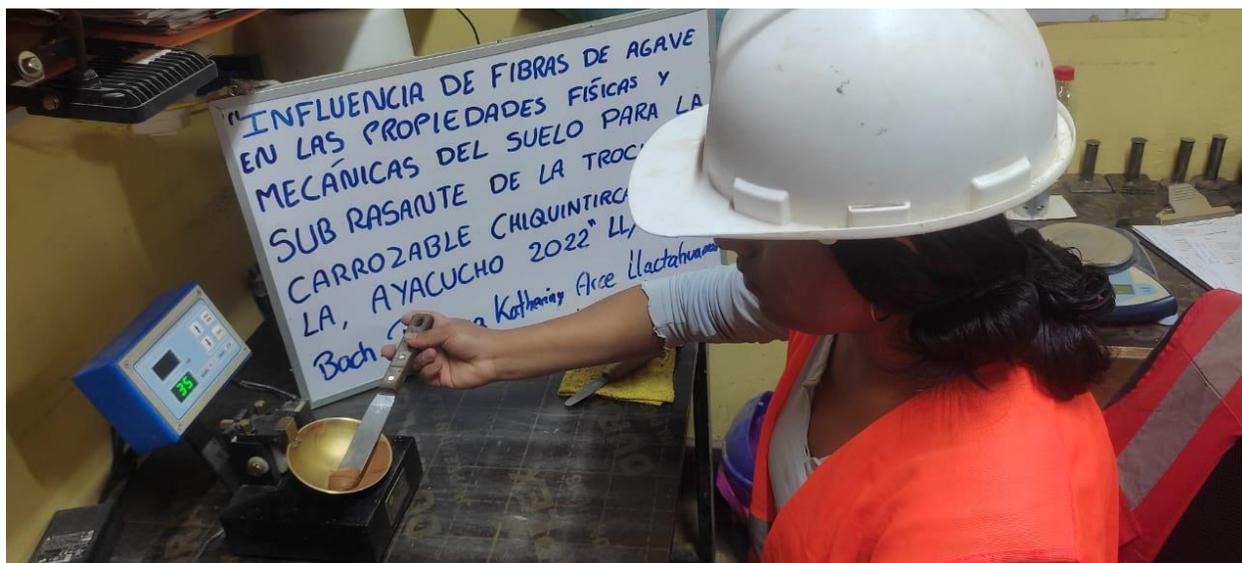
Luego, la muestra se coloca en la copa Casagrande y se moldea en una forma cilíndrica con una ranura estándar de 12,7 mm de ancho. A continuación, se levanta la copa y se deja caer desde una altura específica para que el suelo caiga y cierre la ranura por 25 golpes. La cantidad de humedad que tenía el suelo en este punto se registra como el límite líquido.

El límite líquido es una medida importante para evaluar la plasticidad de un suelo, ya que indica cómo cambia su comportamiento con la variación de la humedad. Los suelos con límites líquidos más bajos tienden a ser más cohesivos, mientras que los suelos con límites líquidos más altos son menos cohesivos y tienden a ser más granulares. Este ensayo es esencial para entender la plasticidad y la capacidad de deformación del suelo, lo que es crucial en la ingeniería geotécnica y la construcción de infraestructuras.

#### **Procedimiento del Ensayo:**

- a) Se toma una muestra de suelo de 200 gramos que haya pasado a través de la malla N° 40 (abertura de 0,425 mm) y se coloca en un recipiente.
- b) Se toma otra muestra de suelo de 100 gramos y se le agrega una pequeña cantidad de agua. Luego, se mezcla bien hasta obtener una consistencia homogénea.
- c) De la mezcla humedecida, se toma una pequeña cantidad y se coloca en el centro de la copa Casagrande. Con una espátula, se nivela la superficie y se retira el exceso de suelo. Después, se pasa el acanalador por el centro de la copa para dividir el suelo en dos partes.
- d) Se coloca la copa Casagrande en el aparato de ensayo y se pone en movimiento mediante la manija, a un ritmo constante. Se suministran golpes a una velocidad específica por segundo, hasta que la ranura de 12,7 mm se cierra completamente. En este punto, se registra el número de golpes necesarios para cerrar la ranura y se toma una muestra justa de la parte de unión del suelo.

- e) El numero de golpes requerido para cerrar la ranura es una medida del limite liquido del suelo. Este ensayo permite determinar el contenido de humedad en el cual el suelo adquiere un comportamiento plástico y es útil en la clasificación y caracterización geotécnica de los suelos, siendo una información importante para el diseño y construcción de obras de ingeniería civil.



**Figura 13:** Ensayo de limite liquido

### **Limite plástico (Norma MTC E – 111)**

“El límite plástico es el contenido de agua con el cual el suelo se cuartea y quiebra al formar rollitos de suelo de 3.2 mm de diámetro. Se trabaja con el material que se preparó para el ensayo de límite líquido, pero si la muestra se encuentra muy plástica se deja reposar por uno segundo o hasta ver que la muestra ya está consistente para la realización de pequeños rollitos”.

### **Procedimiento del Ensayo:**

- a. Se toma 20 gr aproximadamente de suelo que se preparó para el límite líquido, se amasa el suelo y se deja reposar por unos minutos o hasta que observe que su humedad disminuye hasta una consistencia se pueda hacer rollitos sin que se pegue en las manos.
- b. Luego se toma pequeñas cantidades y se va realizando rollitos en la placa

de vidrio hasta que se logre cuartear y quebrar.

- c. Una vez que se logra el cuarteo se coloca los rollitos en un recipiente, se pesa para encontrar el contenido de humedad y se lleva al horno para su secado por 24 horas.



**Figura 14:** Ensayo de limite plastico

### **Proctor Modificado (MTC E – 115)**

“Ensayo de Proctor tiene como objetivo determinar la humedad óptima de suelo por la cual este alcanza su densidad máxima seca. Este ensayo está en relación entre el contenido de humedad de suelo seco y el peso unitario de suelo compactado a una determinada humedad y a una energía de compactación determinada”.

#### **Procedimiento del ensayo:**

- Se obtuvo un suelo seco retirado del horno luego de 24 horas.
- Si el suelo presenta suelo seco en bloques se tiene que desmenuzar con la ayuda de un martillo, luego se realiza el tamizado por la malla  $\frac{3}{4}$ ”,  $\frac{3}{8}$ ” y N° 4 y se determina el método de prueba que se va a utilizar para el ensayo.
- Para el ensayo se determinó utilizar el método A. Se prepara 4 muestras de 2.5 kg se agrega agua y mezcla uniformemente.

- Se coloca una primera capa en el molde y se aplica 25 golpes en toda el área, girando el pistón adecuadamente y dejando caer al pistón en caída libre. Repetir este proceso hasta tener las 5 capas de suelo.
- Se realiza 5 capas. Nivelar el molde con la regla metálica quitando anteriormente el collarín.
- Se retira la base y se toma nota del peso de la muestra con el molde.
- Se pasa a extraer el suelo y se toma una pequeña muestra de la parte central del molde para sacar su contenido de humedad (mínimo 500 gr).
- Se repite el procedimiento en 4 puntos compactados a diferentes contenidos de humedad.
- Determinar la densidad seca en cada punto.



**Figura 15:** Ensayo de Proctor modificado

### **Ensayo CBR (MTC E – 132)**

“El propósito de la prueba CRB es determinar la resistencia del suelo y del agregado comprimido en el laboratorio con un contenido de humedad óptimo determinado por la prueba Proctor y varios grados de compresión”.

### **Procedimiento de ensayo:**

Hay tres procesos que deben seguirse para realizar una prueba CBR: el proceso de determinación de densidad y humedad, la determinación y expansión, y finalmente la determinación de resistencia.

#### ***A) Determinación de la densidad y humedad:***

Para el ensayo de California Bearing Ratio (CBR), se tomaron 6 kg de suelo por cada molde CBR utilizado. En el molde cilíndrico, se coloca un disco espaciador y papel filtro grueso de 6 pulgadas. La muestra de suelo se mezcla con la cantidad de agua calculada en el ensayo de Proctor para obtener el contenido de humedad óptimo.

Luego, la muestra se divide en 5 porciones de suelo, y durante esta división, se extrae una pequeña muestra para determinar su contenido de humedad. Cada porción de suelo se compacta en 5 capas utilizando 12, 25 y 56 golpes por capa. La briqueta compactada debe tener un espesor de 5 pulgadas.

Después de compactar la muestra, se retira el collarín de la parte superior del molde metálico, se enrasa la parte superior del molde, y luego se voltea el molde para quitar la base del molde y el disco espaciador.

Luego, se separa el molde con la muestra y se procede a determinar la densidad y humedad de la muestra compactada. Para esta investigación, se realizaron tres moldes para obtener resultados más precisos y confiables.

#### ***B) Determinación de la expansión del material:***

Una vez calculada la densidad y humedad de la muestra compactada, se coloca un papel filtro sobre la superficie enrasada y se coloca el molde en una base metálica circular con extensiones a los lados. Luego, el molde es volteado de manera que la superficie libre de la muestra quede hacia arriba.

Sobre la superficie libre de la muestra, se coloca otro papel filtro y se monta una placa de metal que tiene un vástago graduable en el centro. A continuación, se

colocan varias pesas de plomo sobre la base metálica, asegurándose de que la sobrecarga mínima sea de 101 libras.

Con el vástago y las pesas colocadas, el molde se sumerge en un tanque o depósito lleno de agua. Se monta un trípode con un extensómetro sobre la superficie del molde, se ajusta a cero y se marca la superficie del molde, asegurándose de que el centro del extensómetro coincide con el vástago.

Las mediciones de expansión se realizan cada 24 horas durante cuatro días. Al final de las 96 horas en las que el molde ha estado sumergido en agua, se toma la lectura final para determinar el porcentaje de hinchamiento.

El cálculo del porcentaje de hinchamiento se realiza restando la lectura final de la lectura inicial, luego se divide entre la altura inicial de la muestra y finalmente se multiplica por 100. De esta manera, se obtiene el valor del porcentaje de hinchamiento del suelo.

### ***C) Determinación de la resistencia de expansión***

Pasada las 96 horas, se retira las muestras sumergidas en agua, se retira la pesa anula y se deja escurrir por un tiempo de 10 min.

Para el peso de la muestra húmeda se retira el anillo y la base de metal. Se coloca el molde con la muestra en la base de metal y la pesa anular como estaba inicialmente, para luego ser colocada debajo de la prensa y se asienta el pistón en el centro de la muestra (peso del pistón en de 10 lb).

Para realizar el ensayo de penetración se coloca en cero el extensómetro y el dial del extensómetro. Se aplica la carga sobre el pistón de penetración con una velocidad uniforme de 1.27 mm (0.05") por minuto y se anotan las lecturas de carga.

Finalmente se suelta el pistón de penetración y se saca el molde con la muestra de la prensa.



Figura 16: Ensayo C.B.R.

## Capítulo IV

### Resultados Y Discusión

#### 4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

El análisis de resultados del tratamiento y análisis de la información reveló resultados significativos sobre la influencia de las fibras de agave en las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela en Ayacucho durante el año 2022. A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos, que se rigen de acuerdo a la norma técnica establecida en las guías del MTC.

Primero se determinó los puntos críticos para aplicar la adición de fibras de agave, por lo que a continuación se detalla los tramos críticos evaluados.

**Tabla 10:** Selección de los tramos críticos de evaluación

Tramos críticos de evaluación	
Ubicación	CBR(%) Diseño
KM 3+000	4.40%
KM 3+500	3.90%
KM 5+250	5.40%
KM 6+000	2.50%

El suelo por debajo de la subrasante debe tener al menos un 6 % de CBR ( $CBR \geq 6\%$ ). Si el CBR es inferior al 6%, debe estabilizarse con aditivos o reemplazarse con otro material de suelo estable (MTC, 2014). Basado en lo establecido por el MTC, es necesario intervenir en los tramos mencionados en la tabla 10.

### Clasificación de suelos C-01, C-02, C-03 Y C-04

Con las muestras extraídas de las calicatas se procederá a realiza su respectiva clasificación de suelo.

**Tabla 11:** Clasificación de suelos

Muestra	Profundidad de excavación (m)	Clasificación de suelo		Descripción del tipo de suelo
		SUSCS	AASHTO	
KM 3+000	1.50 m	CL	A-6(8)	Arcilla ligera arenosa
KM 3+500	1.50 m	CL	A-7-6(7)	Arcilla ligera arenosa con grava
KM 5+250	1.50 m	CL	A-7-6(16)	Arcilla ligera con arena
KM 6+000	1.50 m	CL	A-7-6(11)	Arcilla ligera y tipo grava con arena

**Tabla 12:** Límites de consistencia del suelo

Calicata	Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad
KM 3+000	39.00	24.20	14.80
KM 3+500	43.00	24.00	19.00
KM 5+250	47.30	26.70	20.60
KM 6+000	42.70	25.30	17.40

De la experimentación que fue registrada en el laboratorio de suelos según la tabla 11 y 12, se tomó la decisión de que la muestra de análisis para el desarrollo de la investigación serán las 04 muestras críticas ubicadas en los 4 km de análisis.

#### **4.1.1. Influencia de la adición de fibra de agave en la densidad del suelo**

La adición de fibra de agave mostró una influencia significativa en la densidad del suelo en el estudio realizado. Los resultados revelaron que la incorporación de fibras de agave en la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela en Ayacucho el año 2022 resultó en una disminución de la densidad del suelo.

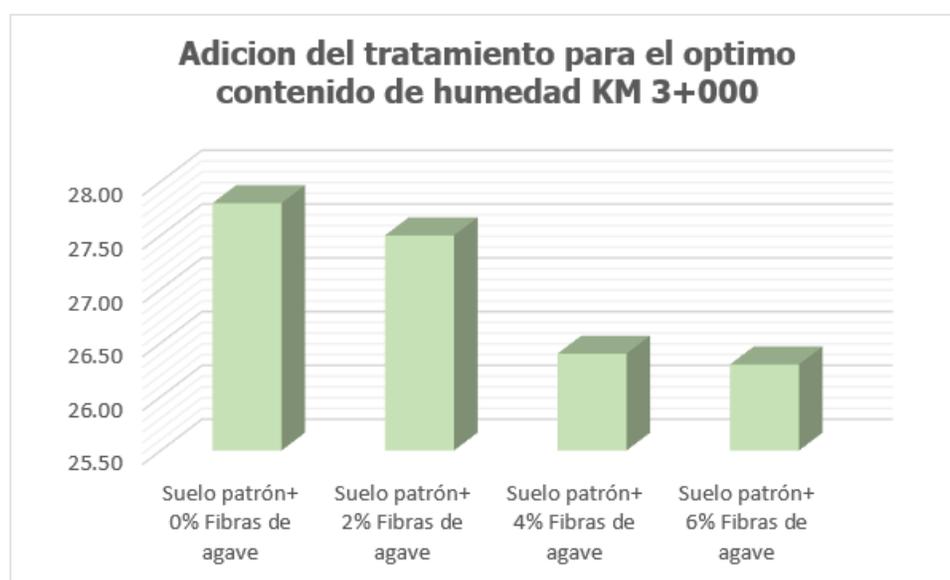
Esta disminución en la densidad puede ser atribuida a varios factores. En primer lugar, la presencia de las fibras de agave ayuda a romper la estructura del suelo, permitiendo una mejor distribución y compactación de las partículas. Esto a su vez reduce la densidad aparente del suelo.

Además, las fibras de agave actúan como agentes de retención de humedad, lo que favorece la formación de agregados más sueltos y menos compactados en el suelo. Esto contribuye a una disminución de la densidad y una mayor porosidad del suelo, lo que a su vez puede mejorar la infiltración y el drenaje del agua.

Por medio del ensayo de Proctor modificado, se busco determinar la influencia de la adición de fibra de agave en la densidad del suelo al 2%, 4% y 6% en la densidad máxima y la humedad óptima del suelo, como se aprecia en la siguiente tabla:

**Tabla 13:** Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la densidad máxima y humedad optima del suelo en el KM 3+000

Muestra	Tratamiento (%)	Optimo contenido de humedad (%)	Maxima densidad seca (tn/m3)
KM 3+000	Suelo patrón+ 0% Fibras de agave	27.80 (%)	1.502
	Suelo patrón+ 2% Fibras de agave	27.50 (%)	1.490
	Suelo patrón+ 4% Fibras de agave	26.40 (%)	1.474
	Suelo patrón+ 6% Fibras de agave	26.30 (%)	1.470

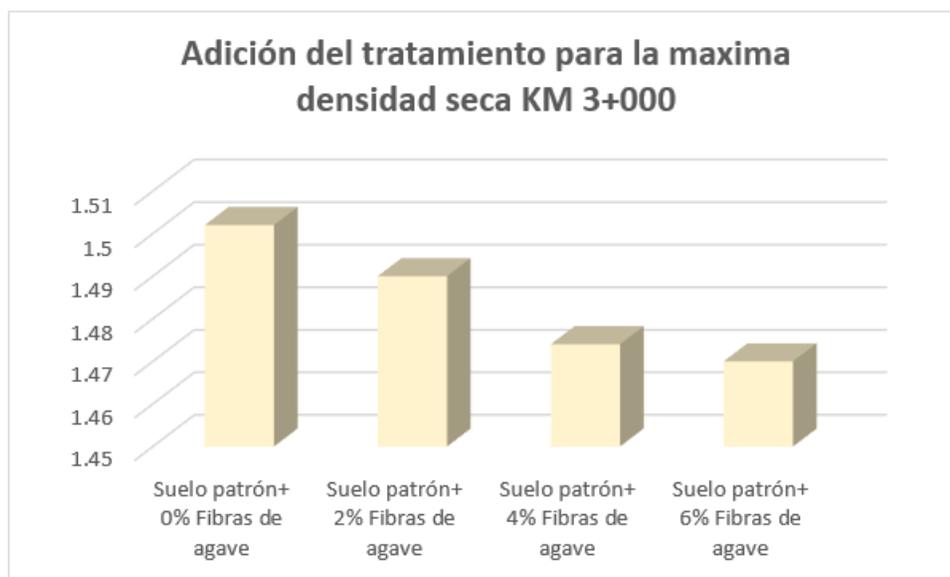


**Figura 17:** Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la humedad optima del suelo en el KM 3+000

### Interpretación:

De la tabla 13 y figura 23 se puede observar que el diseño patrón se encuentra con un promedio del contenido de humedad de 27.80%, mientras que a mayor porcentaje de fibra de agave, el valor promedio del contenido de humedad del suelo obtenido con la siguiente

característica al 2% de aditivo se obtiene una reducción del contenido de humedad a 27.50%; al 4% la reducción esta en 26.40% y al 6% el resultado del contenido de humedad se encuentra en 26.30%.



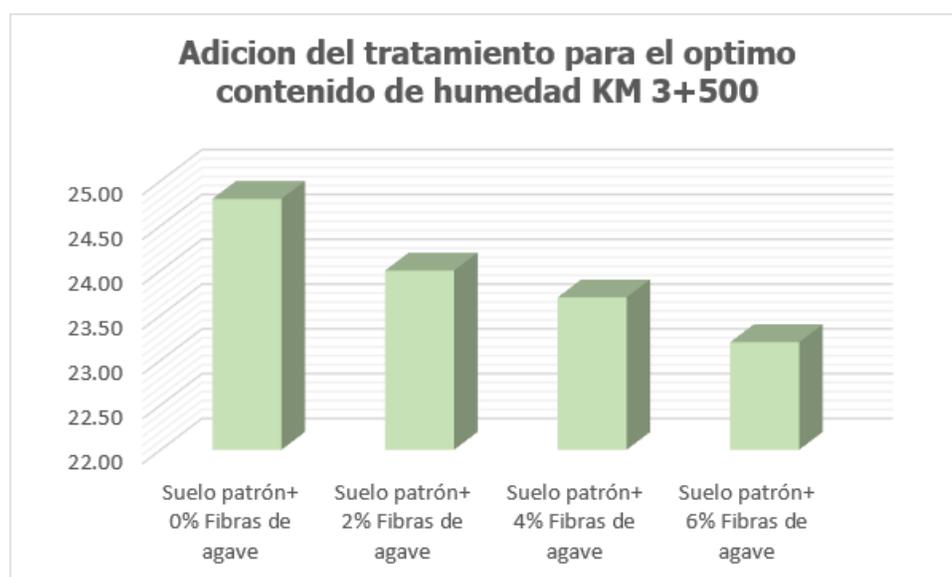
**Figura 18:** Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la máxima densidad seca del suelo en el KM 3+000

### **Interpretación:**

De la tabla 13 y figura 24 se puede observar que el diseño patrón se encuentra con un promedio de la máxima densidad seca de 1.502 tn/m<sup>3</sup>, mientras que a mayor porcentaje de fibra de agave, el valor promedio de la máxima densidad seca del suelo obtenido con la siguiente característica al 2% de aditivo se obtiene una reducción de la máxima densidad seca al valor de 1.490 tn/m<sup>3</sup>; al 4% la reducción esta en 1.474 tn/m<sup>3</sup> y al 6% el resultado en un valor de 1.470 tn/m<sup>3</sup>.

**Tabla 14:** Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la densidad máxima y humedad óptima del suelo en el KM 3+500

Muestra	Tratamiento (%)	Óptimo contenido de humedad (%)	Máxima densidad seca (tn/m <sup>3</sup> )
KM 3+500	Suelo patrón+ 0% Fibras de agave	24.80 (%)	1.559
	Suelo patrón+ 2% Fibras de agave	24.00 (%)	1.551
	Suelo patrón+ 4% Fibras de agave	23.70 (%)	1.550
	Suelo patrón+ 6% Fibras de agave	23.20 (%)	1.542

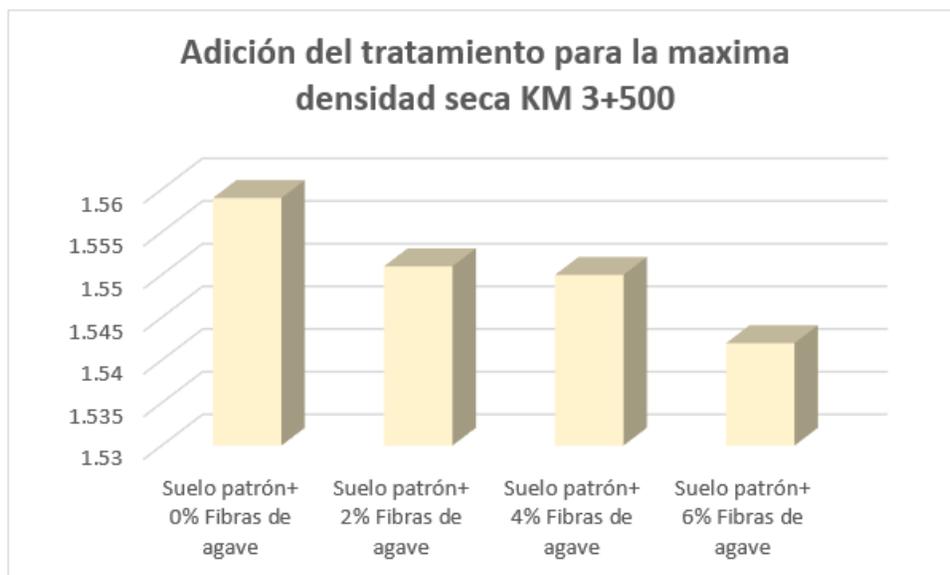


**Figura 19:** Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la humedad óptima del suelo en el KM 3+500

### Interpretación:

De la tabla 14 y figura 25 se puede observar que el diseño patrón se encuentra con un promedio del contenido de humedad de 24.80%, mientras que a mayor porcentaje de fibra de agave, el valor promedio del contenido de humedad del suelo obtenido con la siguiente

característica al 2% de aditivo se obtiene una reducción del contenido de humedad a 24.00%; al 4% la reducción esta en 23.70% y al 6% el resultado del contenido de humedad se encuentra en 23.20%.



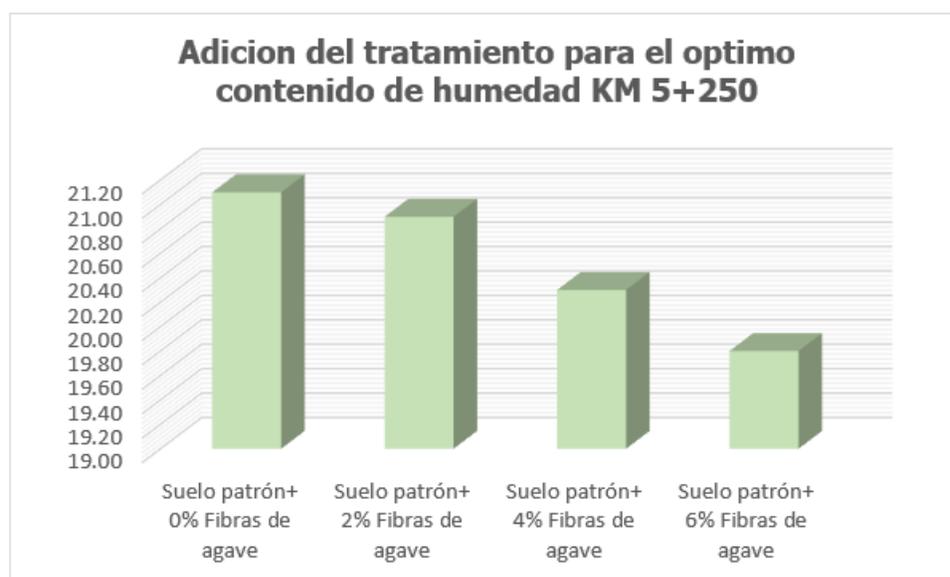
**Figura 20:** Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la máxima densidad seca del suelo en el KM 3+500

### **Interpretación:**

De la tabla 14 y figura 26 se puede observar que el diseño patrón se encuentra con un promedio de la máxima densidad seca de 1.559 tn/m<sup>3</sup>, mientras que a mayor porcentaje de fibra de agave, el valor promedio de la máxima densidad seca del suelo obtenido con la siguiente característica al 2% de aditivo se obtiene una reducción de la máxima densidad seca al valor de 1.551 tn/m<sup>3</sup>; al 4% la reducción esta en 1.550 tn/m<sup>3</sup> y al 6% el resultado en un valor de 1.542 tn/m<sup>3</sup>.

**Tabla 15:** Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la densidad máxima y humedad optima del suelo en el KM 5+250

Muestra	Tratamiento (%)	Optimo contenido de humedad (%)	Maxima densidad seca (tn/m3)
KM 5+250	Suelo patrón+ 0% Fibras de agave	21.10 (%)	1.617
	Suelo patrón+ 2% Fibras de agave	20.90 (%)	1.603
	Suelo patrón+ 4% Fibras de agave	20.30 (%)	1.598
	Suelo patrón+ 6% Fibras de agave	19.80 (%)	1.582

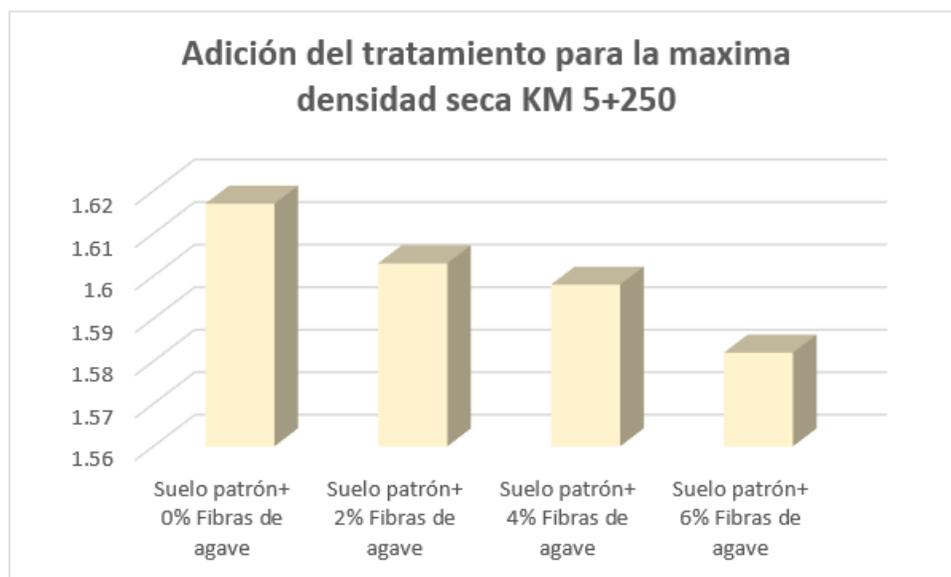


**Figura 21:** Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la humedad optima del suelo en el KM 5+250

### Interpretación:

De la tabla 15 y figura 27 se puede observar que el diseño patrón se encuentra con un promedio del contenido de humedad de 21.10%, mientras que a mayor porcentaje de fibra de agave, el valor promedio del contenido de humedad del suelo obtenido con la siguiente

característica al 2% de aditivo se obtiene una reducción del contenido de humedad a 20.90%; al 4% la reducción esta en 20.30% y al 6% el resultado del contenido de humedad se encuentra en 19.80%.



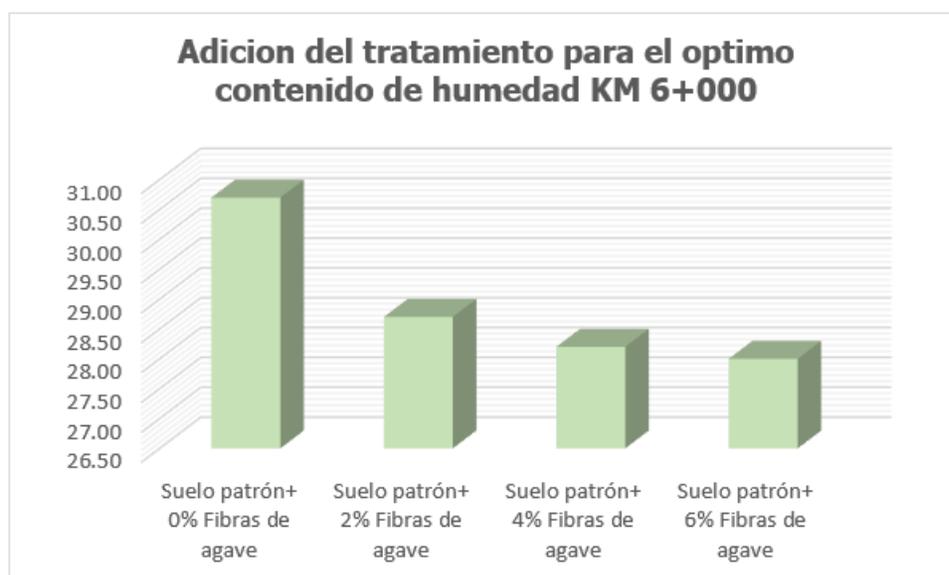
**Figura 22:** Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la máxima densidad seca del suelo en el KM 5+250

### **Interpretación:**

De la tabla 15 y figura 28 se puede observar que el diseño patrón se encuentra con un promedio de la máxima densidad seca de 1.617 tn/m<sup>3</sup>, mientras que a mayor porcentaje de fibra de agave, el valor promedio de la máxima densidad seca del suelo obtenido con la siguiente característica al 2% de aditivo se obtiene una reducción de la máxima densidad seca al valor de 1.603 tn/m<sup>3</sup>; al 4% la reducción esta en 1.598 tn/m<sup>3</sup> y al 6% el resultado en un valor de 1.582 tn/m<sup>3</sup>.

**Tabla 16:** Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la densidad máxima y humedad optima del suelo en el KM 6+000

Muestra	Tratamiento (%)	Optimo contenido de humedad (%)	Maxima densidad seca (tn/m3)
KM 5+250	Suelo patrón+ 0% Fibras de agave	30.70 (%)	1.487
	Suelo patrón+ 2% Fibras de agave	28.70 (%)	1.480
	Suelo patrón+ 4% Fibras de agave	28.20 (%)	1.467
	Suelo patrón+ 6% Fibras de agave	28.00 (%)	1.453

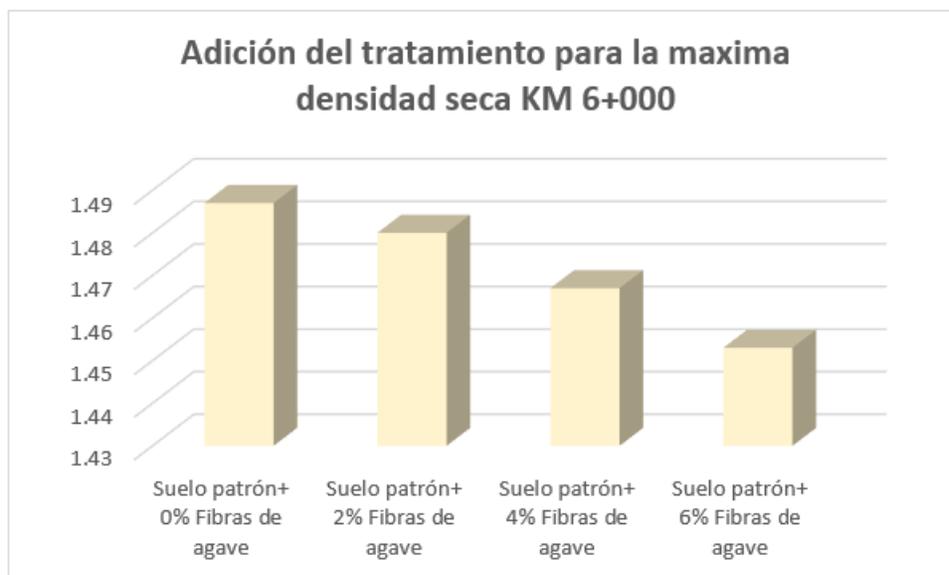


**Figura 23:** Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la humedad optima del suelo en el KM 6+000

### Interpretación:

De la tabla 16 y figura 29 se puede observar que el diseño patrón se encuentra con un promedio del contenido de humedad de 30.70%, mientras que a mayor porcentaje de fibra de agave, el valor promedio del contenido de humedad del suelo obtenido con la siguiente

característica al 2% de aditivo se obtiene una reducción del contenido de humedad a 28.70%; al 4% la reducción esta en 28.20% y al 6% el resultado del contenido de humedad se encuentra en 28.00%.



**Figura 24:** Valores obtenidos del ensayo del Proctor modificado con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la máxima densidad seca del suelo en el KM 6+000

### **Interpretación:**

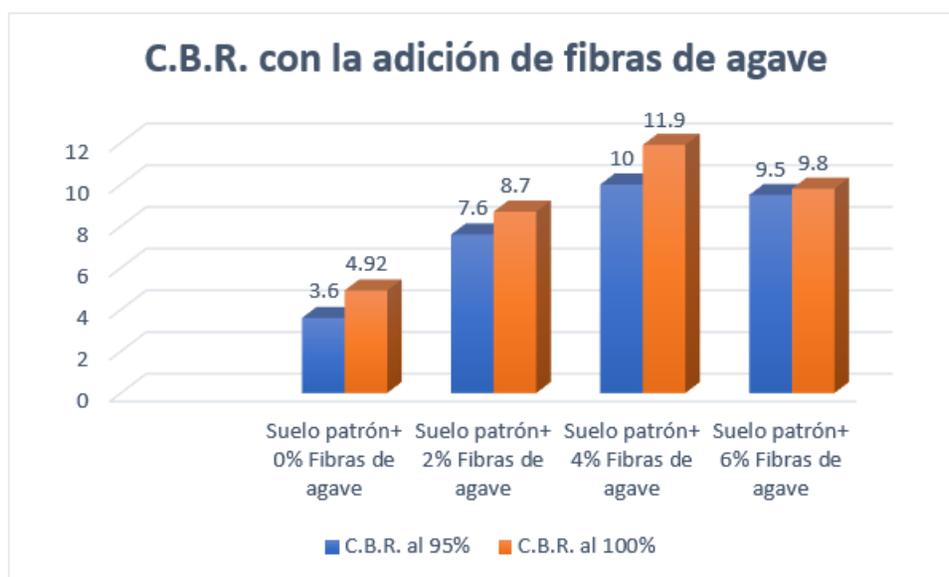
De la tabla 16 y figura 30 se puede observar que el diseño patrón se encuentra con un promedio de la máxima densidad seca de 1.487 tn/m<sup>3</sup>, mientras que a mayor porcentaje de fibra de agave, el valor promedio de la máxima densidad seca del suelo obtenido con la siguiente característica al 2% de aditivo se obtiene una reducción de la máxima densidad seca al valor de 1.480 tn/m<sup>3</sup>; al 4% la reducción esta en 1.467 tn/m<sup>3</sup> y al 6% el resultado en un valor de 1.453 tn/m<sup>3</sup>.

#### 4.1.2. Influencia de la adición de fibra de agave en la resistencia del suelo

Para cumplir con este objetivo se realizó el ensayo de CBR. Se realizarán pruebas de laboratorio utilizando diferentes mezclas de suelo y fibra de agave, variando las proporciones de fibra y analizando los valores resultantes del CBR.

**Tabla 17:** Valores obtenidos del ensayo de C.B.R. con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la resistencia del suelo en el KM 3+000

Muestra	Tratamiento (%)	C.B.R. al 95%	C.B.R. al 100%
KM 3+000	Suelo patrón+ 0% Fibras de agave	3.60	4.92
	Suelo patrón+ 2% Fibras de agave	7.60	8.70
	Suelo patrón+ 4% Fibras de agave	10.00	11.90
	Suelo patrón+ 6% Fibras de agave	9.50	9.80



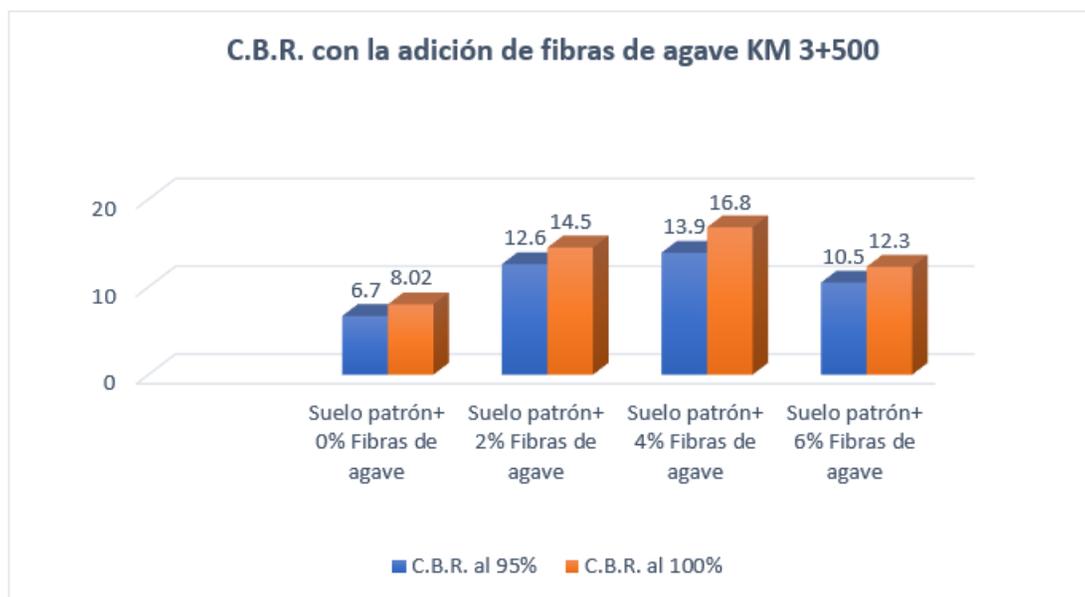
**Figura 25:** Valores obtenidos del ensayo de C.B.R. con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la resistencia del suelo en el KM 3+000

### Interpretación:

Respecto a la tabla 17 y tomando en cuenta la figura 31, se ha realizado el análisis de la muestra del KM 3+000 respecto al CBR donde se pudo evidenciar que la muestra patron posee solo un 3.60% de C.B.R. al 95% y 4.92% de C.B.R. al 100%; por otro lado se advierten mejoras significativas con la incorporacion de fibras de agave en la muestra del suelo, de la siguiente manera al incorporar 2% de fribras de agave tenemos un 7.60% de C.B.R. al 95% y 8.70% de C.B.R. al 100%; al incorporar 4% de fibras de agave en la muestra del suelo, de la siguiente manera 10.00% de C.B.R. al 95% y 11.90% de C.B.R. al 100%; finalmente al incorporar 6% de fibras de agave en la muestra del suelo, de la siguiente manera, tenemos un 9.50% de C.B.R. al 95% y 9.80% de C.B.R. al 100%; lo que nos permite inferir que la adiccion de 4% de fibras de agave muestra mejores resultados en la mejora del C.B.R. del suelo.

**Tabla 18:** Valores obtenidos del ensayo de C.B.R. con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la resistencia del suelo en el KM 3+500

<b>Muestra</b>	<b>Tratamiento (%)</b>	<b>C.B.R. al 95%</b>	<b>C.B.R. al 100%</b>
KM 3+500	Suelo patrón+ 0% Fibras de agave	6.70	8.02
	Suelo patrón+ 2% Fibras de agave	12.60	14.50
	Suelo patrón+ 4% Fibras de agave	13.90	16.80
	Suelo patrón+ 6% Fibras de agave	10.50	12.30



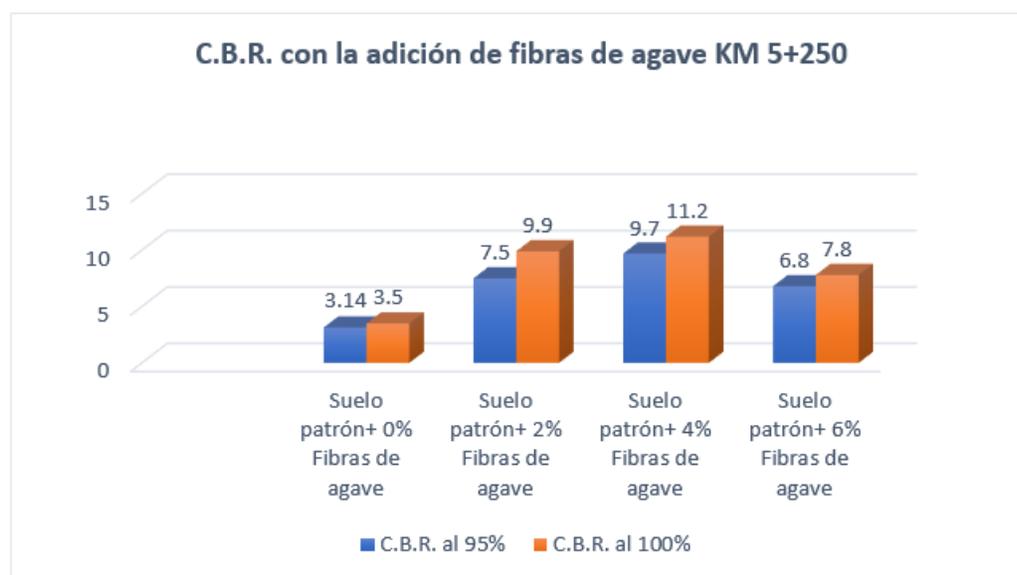
**Figura 26:** Valores obtenidos del ensayo de C.B.R. con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la resistencia del suelo en el KM 3+500

### **Interpretación:**

Respecto a la tabla 18 y tomando en cuenta la figura 32, se ha realizado el análisis de la muestra del KM 3+000 respecto al CBR donde se pudo evidenciar que la muestra patrón posee solo un 6.70% de C.B.R. al 95% y 8.02% de C.B.R. al 100%; por otro lado se advierten mejoras significativas con la incorporación de fibras de agave en la muestra del suelo, de la siguiente manera al incorporar 2% de fribras de agave tenemos un 12.60% de C.B.R. al 95% y 14.50% de C.B.R. al 100%; al incorporar 4% de fibras de agave en la muestra del suelo, de la siguiente manera 13.90% de C.B.R. al 95% y 16.80% de C.B.R. al 100%; finalmente al incorporar 6% de fibras de agave en la muestra del suelo, de la siguiente manera, tenemos un 10.50% de C.B.R. al 95% y 12.30% de C.B.R. al 100%; lo que nos permite inferir que la adición de 4% de fibras de agave muestra mejores resultados en la mejora del C.B.R. del suelo.

**Tabla 19:** Valores obtenidos del ensayo de C.B.R. con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la resistencia del suelo en el KM 5+250

Muestra	Tratamiento (%)	C.B.R. al 95%	C.B.R. al 100%
KM 5+250	Suelo patrón+ 0% Fibras de agave	3.14	3.50
	Suelo patrón+ 2% Fibras de agave	7.50	9.90
	Suelo patrón+ 4% Fibras de agave	9.70	11.20
	Suelo patrón+ 6% Fibras de agave	6.80	7.80



**Figura 27:** Valores obtenidos del ensayo de C.B.R. con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la resistencia del suelo en el KM 5+250

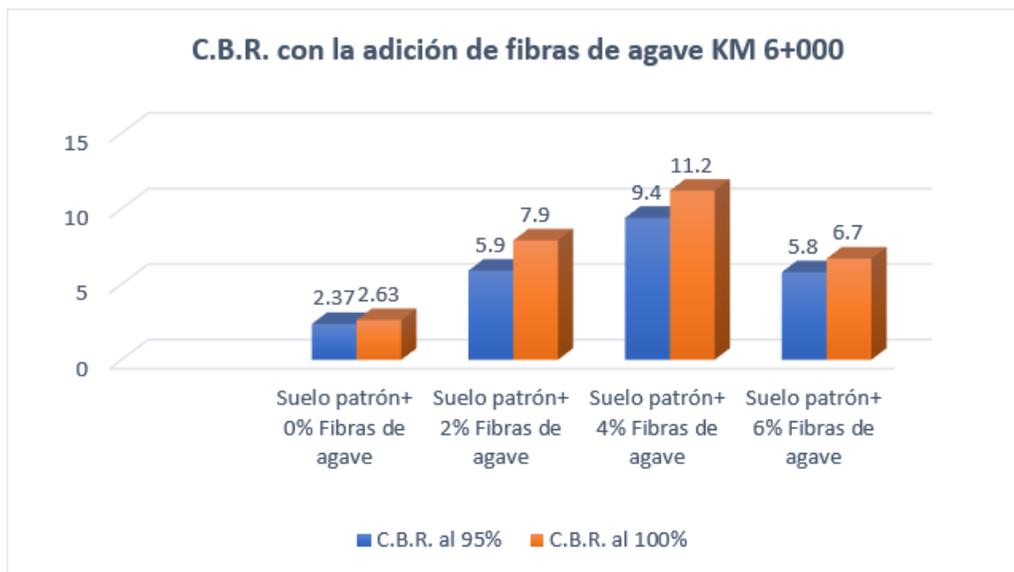
### Interpretación:

Respecto a la tabla 19 y tomando en cuenta la figura 33, se ha realizado el análisis de la muestra del KM 3+000 respecto al CBR donde se pudo evidenciar que la muestra patrón posee solo un 3.14% de C.B.R. al 95% y 3.50% de C.B.R. al 100%; por otro lado se advierten mejoras

significativas con la incorporacion de fibras de agave en la muestra del suelo, de la siguiente manera al incorporar 2% de fribras de agave tenemos un 7.50% de C.B.R. al 95% y 9.90% de C.B.R. al 100%; al incorporar 4% de fibras de agave en la muestra del suelo, de la siguiente manera 9.70% de C.B.R. al 95% y 11.20% de C.B.R. al 100%; finalmente al incorporar 6% de fibras de agave en la muestra del suelo, de la siguiente manera, tenemos un 6.80% de C.B.R. al 95% y 7.80% de C.B.R. al 100%; lo que nos permite inferir que la adiccion de 4% de fibras de agave muestra mejores resultados en la mejora del C.B.R. del suelo.

**Tabla 20:** Valores obtenidos del ensayo de C.B.R. con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la resistencia del suelo en el KM 6+000

<b>Muestra</b>	<b>Tratamiento (%)</b>	<b>C.B.R. al 95%</b>	<b>C.B.R. al 100%</b>
KM 6+000	Suelo patrón+ 0% Fibras de agave	2.37	2.63
	Suelo patrón+ 2% Fibras de agave	5.90	7.90
	Suelo patrón+ 4% Fibras de agave	9.40	11.20
	Suelo patrón+ 6% Fibras de agave	5.80	6.70



**Figura 28:** Valores obtenidos del ensayo de C.B.R. con la adición del 2%,4% y 6% de fibras de agave para medir la influencia en la resistencia del suelo en el KM 6+000

### Interpretación:

Respecto a la tabla 20 y tomando en cuenta la figura 34, se ha realizado el análisis de la muestra del KM 3+000 respecto al CBR donde se pudo evidenciar que la muestra patrón posee solo un 2.37% de C.B.R. al 95% y 2.63% de C.B.R. al 100%; por otro lado se advierten mejoras significativas con la incorporación de fibras de agave en la muestra del suelo, de la siguiente manera al incorporar 2% de fibras de agave tenemos un 5.90% de C.B.R. al 95% y 7.90% de C.B.R. al 100%; al incorporar 4% de fibras de agave en la muestra del suelo, de la siguiente manera 9.40% de C.B.R. al 95% y 11.20% de C.B.R. al 100%; finalmente al incorporar 6% de fibras de agave en la muestra del suelo, de la siguiente manera, tenemos un 5.80% de C.B.R. al 95% y 6.70% de C.B.R. al 100%; lo que nos permite inferir que la adición de 4% de fibras de agave muestra mejores resultados en la mejora del C.B.R. del suelo.

#### 4.1.3. Dosificación adecuada de fibra de agave para el mejoramiento en las propiedades físicas y mecánicas del suelo

En esta investigación, se exploró la dosificación adecuada de fibra de agave para el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Los resultados obtenidos corresponden a una evaluación comparativa de los resultados obtenidos en las pruebas de Proctor modificado y C.B.R., lo que nos brinda como mejor opción de diseño en la adición de fibra de agave al 4% de aditivo.

**Tabla 21:** Resumen del optimo diseño con adición de fibras de agave al 0% o muestra patron

<b>Resultado Optimo</b>	<b>Tramo de estudio</b>	<b>C.B.R. al 95%</b>	<b>C.B.R. al 100%</b>
0% de adición de fibras de agave	KM 3+000	3.60	4.92
	KM 3+500	6.70	8.02
	KM 5+250	3.14	3.50
	KM 6+000	2.37	2.63

**Tabla 22:** Resumen del optimo diseño con adición de fibras de agave al 2%

<b>Resultado Optimo</b>	<b>Tramo de estudio</b>	<b>C.B.R. al 95%</b>	<b>C.B.R. al 100%</b>
2% de adición de fibras de agave	KM 3+000	7.60	8.70
	KM 3+500	12.60	14.50
	KM 5+250	7.50	9.90
	KM 6+000	5.90	7.90

**Tabla 23:** Resumen del optimo diseño con adición de fibras de agave al 4%

<b>Resultado Optimo</b>	<b>Tramo de estudio</b>	<b>C.B.R. al 95%</b>	<b>C.B.R. al 100%</b>
4% de adición de fibras de agave	KM 3+000	10.00	11.90
	KM 3+500	13.90	16.80
	KM 5+250	9.70	11.20
	KM 6+000	9.40	11.20

**Tabla 24:** Resumen del optimo diseño con adición de fibras de agave al 6%

<b>Resultado Optimo</b>	<b>Tramo de estudio</b>	<b>C.B.R. al 95%</b>	<b>C.B.R. al 100%</b>
6% de adición de fibras de agave	KM 3+000	9.50	9.80
	KM 3+500	10.50	12.30
	KM 5+250	6.80	7.80
	KM 6+000	5.80	6.70

**Interpretacion:**

Del análisis comparativo de resultados entre las tablas 21, 22, 23 y 24 se puede inferir que la opción que aporta más en el mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo responde a la adición del 4% de fibras de agave, los mismos que son superiores a otro porcentaje de adición.

## 4.2. Discusión de resultados

Los resultados del estudio indican que la aplicación de la fibra de cabuya en el suelo arcilloso de la Av. Cuzco tiene un impacto positivo en las propiedades del suelo a nivel de subrasante. Se disminuyó un aumento en la capacidad de soporte, mejorando el Índice de Soporte de California (CBR). Además, la fibra de cabuya contribuye a la reducción de la máxima densidad seca del suelo, lo que implica una mejora en la compactación. Estas conclusiones sugieren que el uso de la fibra de cabuya puede proporcionar estabilidad, durabilidad y transpirabilidad al suelo, lo cual es mejorar para la infraestructura vial al mejorar la resistencia y la calidad del terreno.

Los resultados obtenidos en nuestra investigación están relacionados con la exhibición de otros estudios previos realizados por Ramos (2022), Tong (2019) y Lopez (2019) que también investigaron la contribución de suelos utilizando diferentes aditivos, incluyendo fibras. Sin embargo, existen diferencias en los porcentajes de aditivo utilizados y en los resultados obtenidos.

En el estudio de Ramos (2022), se utilizaron porcentajes de mejora de fibra de Cabuya del 10%, 15% y 20%, y se encontró un aumento progresivo en la calidad de soporte del suelo a medida que se incrementaba la cantidad de fibra. Por otro lado, en el estudio de Tong (2019), se combinó la fibra de arroz con Cal en diferentes proporciones, y se encontró que la mejor combinación fue el 0.5% de fibra más el 6% de Cal, lo que redujo la expansión del suelo y mejoró su capacidad de soporte.

En el caso de la investigación de Lopez (2019), se mejoró una dosificación de fibra plástica del 0,5% al 1,5%, y se demostró un aumento en el CBR del suelo y una disminución en

la humedad óptimamente contenida. Nuestros resultados en cuanto a la mejora del CBR con diferentes porcentajes de fibra de Cabuya son similares a los encontrados en este estudio, alcanzando mejoras tanto al 95% como al 100% del CBR.

## Conclusiones

- Con base en los resultados obtenidos, se puede concluir que la adición de fibra de agave tiene un impacto significativo en la densidad del suelo de la subrasante de la trocha carrozable de Chiquintirca - Cajadela. Se eliminará una reducción en la densidad del suelo a medida que se aumentaba el porcentaje de fibra de agave en la mezcla. Este efecto puede ser atribuido a la capacidad de la fibra de agave para mejorar la estructura del suelo, promoviendo una mejor compactación y reduciendo la densidad. Se recomienda realizar estudios adicionales para determinar la dosificación óptima de fibra de agave que permita obtener la densidad deseada en función de las características específicas del suelo de la zona.
- Los resultados obtenidos indican que la adición de fibra de agave tiene un efecto positivo en la resistencia del suelo de la subrasante de la trocha carrozable de Chiquintirca - Cajadela. Se disminuyó un incremento en la resistencia del suelo a medida que se aumentaba el porcentaje de fibra de agave en la mezcla. Esto puede ser atribuido a las propiedades mecánicas de la fibra de agave, que actúa como un agente estabilizador, mejorando la cohesión y resistencia del suelo. Estos resultados sugieren que la mejora de fibra de agave puede contribuir a aumentar la capacidad de carga y durabilidad de la subrasante. Sin embargo, se recomienda realizar estudios adicionales, como pruebas de laboratorio y análisis de resistencia a largo plazo, para evaluar la estabilidad a largo plazo del sustrato mejorado con fibra de agave.
- Con base en los resultados obtenidos, se concluye que la dosificación de fibra de agave juega un papel crucial en el mejoramiento de las propiedades físicas y

mecánicas del suelo de la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela. Se demostró que un aumento en el porcentaje de fibra de agave en la mezcla resultó en mejoras significativas en la densidad y resistencia del suelo. Sin embargo, también se demostró que existe un límite óptimo de dosificación, más allá del cual no se obtuvieron beneficios adicionales o incluso pueden surgir efectos negativos. Por lo tanto, se recomienda llevar a cabo estudios adicionales para determinar la dosificación adecuada de fibra de agave que permita maximizar las mejoras en las propiedades físicas y mecánicas del suelo, teniendo en cuenta las características específicas del suelo de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela. Estos estudios pueden incluir pruebas de laboratorio y evaluaciones de campo a largo plazo para garantizar la estabilidad y durabilidad de la subrasante mejorada.

### **Recomendaciones**

- Realizar estudios complementarios: A pesar de los resultados prometedores obtenidos en este estudio, se sugiere llevar a cabo estudios adicionales para fortalecer y respaldar las conclusiones. Esto puede incluir pruebas de laboratorio más detalladas y pruebas de campo a largo plazo para evaluar la estabilidad y durabilidad de la subrasante mejorada con fibra de agave. Los estudios adicionales ayudaron a obtener resultados más sólidos y generalizables.
- Establecer la dosificación óptima: Es importante determinar la dosificación adecuada de fibra de agave para lograr el máximo beneficio en las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Se recomienda llevar a cabo un estudio de dosificación detallado que abarque diferentes porcentajes de fibra de agave en la mezcla para identificar el punto óptimo que brinde mejoras sustanciales en la resistencia y densidad del suelo.
- Considerar condiciones específicas del suelo: La influencia de la fibra de agave puede variar dependiendo de las características específicas del suelo de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela. Por lo tanto, se aconseja considerar la composición y propiedades del suelo local al determinar la dosificación adecuada y al aplicar la mejora con fibra de agave.
- Evaluar la relación costo-beneficio de la dosificación óptima de fibra de agave, considerando los costos de adquisición, transporte y mezcla, en comparación con los beneficios esperados en términos de resistencia y durabilidad del suelo mejorado.

## Referencias Bibliográficas

- Becerra Granda, M. (2017). *Experimentación con cal y fibra de cabuya en la estabilización de tierra como material de construcción*.  
<http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/16059>
- Budhu, M. (2020). *Soil mechanics and foundations* (3rd ed., Vol. 1).
- Cabia Adriano, K., & Espinoza Romero, G. (2021). *Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos usando fibra de cabuya y bambú, Las Moras – Huánuco 2021*.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84217>
- Castro, M., Pereyra, A., & Vavarro, D. (2019). *Análisis de mejora de suelos arcillosos de alta plasticidad a nivel de subrasante mediante adición de cemento Portland para disminuir el cambio volumétrico*. Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas.
- Champi, K., & Garcia, J. (2022). *Estabilización de subrasante con adición de ceniza de tusa de maíz y cáscara de maní en la carretera IC-1110171, Ica-2022* [Tesis de Grado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/98857>
- Das, B. (2001). Cimentaciones superficiales. Capacidad de carga y asentamiento. *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*, 389–391.
- del Pino, J. (2010). Estabilización de Suelos mediante el empleo de Sales Cuaternarias. In *Revista de Arquitectura e Ingeniería* (3rd ed., Vol. 4).
- Firoozi, A. A., Guney Olgun, C., Firoozi, A. A., & Baghini, M. S. (2017). Fundamentals of soil stabilization. *International Journal of Geo-Engineering*, 8(1).  
<https://doi.org/10.1186/s40703-017-0064-9>
- Guerra, K., & Mosqueira, M. (2020). Bearing capacity (CBR) of three clay soils incorporating banana pseudostem fiber in different percentages. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*.  
<https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.541>
- Jara Anyaypoma, R. (2014). *Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso*. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/686>
- Juarez Badillo, E., & Rico Rodriguez, A. (2005). *Mecanica de suelos*. Limusa, 1.  
[https://suelos.milaulas.com/pluginfile.php/128/mod\\_resource/content/1/Mecanica%20de%20suelos%20-%20Juarez%20Badillo.pdf](https://suelos.milaulas.com/pluginfile.php/128/mod_resource/content/1/Mecanica%20de%20suelos%20-%20Juarez%20Badillo.pdf)
- Laura, G. (2022). *Estabilización de subrasante con fibra de carrizo en la Av. Independencia, distrito de Ilo, Moquegua - 2022* [Tesis de Grado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/91047>
- Lozano, J. (2019). *Estabilización de suelo mediante aditivos alternativos*. [Tesis de grado]. Universidad Católica de Colombia.

- Luna, E., & Quispe, G. (2021). *Fibras de agave americana tratada con óxido de calcio en la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante de pavimentos rígidos en la ciudad de Cusco* [Tesis de Grado, Universidad Continental].  
<https://hdl.handle.net/20.500.12394/10447>
- Minaya, C. (2022). *Evaluación de las propiedades de la subrasante de la carretera Accaso – Huayllata, aplicando polímero adhesivo natural, Puno 2022* [Tesis de Grado]. Universidad Cesar Vallejo.
- Manual De Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos Sección Suelos Y Pavimentos., Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014).
- Quesada Osoria, S. (2017). *ESTUDIO COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON VALVAS DE MOLUSCOS PARA PAVIMENTACIÓN*.  
[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3207/ICI\\_242.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3207/ICI_242.pdf)
- Ramaji, A. (2012, April). A Review on the Soil Stabilization Using Low-Cost Methods. *Journal of Applied Sciences Research*, 2193–2196.
- Ramos Fernandez, P. (2022). *Mejoramiento de suelo arcilloso nivel subrasante aplicando fibra de cabuya en Av. Cuzco- Distrito Mi Perú- Callao 2020*. <https://orcid.org/0000-0001-6774-8839>

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipotesis general	Variable	Indicadores	Metodología
¿Cómo influye la adición de fibra de agave en las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela, Ayacucho 2022?	Evaluar en qué medida influye la adición de fibra de agave en las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la subrasante de la trocha carrozable de Chiquintirca - Cajadela, Ayacucho 2022.	La adición de fibra de agave influye positivamente en las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela, Ayacucho 2022.	Fibras de agave	2% 4% 6%	<b>Ámbito:</b> <b>Temporal</b> : 2023 <b>Espacial</b> : Chiquintirca - Cajadela <b>Tipo de investigación</b> Aplicada  <b>Nivel de investigación</b> Explicativo  <b>Método de investigación</b> General: Científico Específico: Inductivo–deductivo  <b>Diseño de estudio</b> Cuasi Experimental  <b>Instrumento y técnica</b> ficha técnica de ensayos de laboratorio / Observación Procesamiento Presentación descriptiva con tablas de frecuencia, gráficos y estadística inferencial.
¿Cómo influye de la adición de fibra de agave en la densidad del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela?	Determinar la influencia de la adición de fibra de agave en la densidad del suelo para la subrasante de la trocha carrozable de Chiquintirca - Cajadela.	La adición de fibra de agave influye positiva y significativamnete en la densidad del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela.	<ul style="list-style-type: none"> <li>propiedades físicas y mecánicas del suelo para la subrasante de la trocha carrozable de Chiquintirca - Cajadela,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Densidad máxima seca</li> </ul>	
¿Cómo influye de la adición de fibra de agave en la resistencia del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela?	Determinar la influencia de la adición de fibra de agave en la resistencia del suelo para la subrasante de la trocha carrozable de Chiquintirca - Cajadela.	La adición de fibra de agave influye positiva y significativamnete en la resistencia del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela?		<ul style="list-style-type: none"> <li>Humedad Optmina</li> </ul>	
¿Cuál será la dosificación adecuada de fibra de agave para el mejoramiento en las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela?	Determinar la dosificación adecuada de fibra de agave en el mejoramiento en las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela.	La dosificación adecuada de fibra de agave estara dentro de las sugerencias del MTC, considerando una dosis menor igual a 6% para el mejoramiento en las propiedades físicas y mecánicas del suelo para la subrasante de la trocha carrozable Chiquintirca - Cajadela.		<ul style="list-style-type: none"> <li>C.B.R.</li> </ul>	

## **Anexo 4: Resultados de los ensayos**

**CUADRO RESUMEN DE ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA DE CONO PDC**

Ensayo PDC	Ubicación	Profundidad (cm)	Numero de Golpes (golp)	DN (mm/golp)	CBR (%)	CBR(%) Diseño
1.0	: KM 2+000	0.0 24.0	0.0 1.0	240.0	0.6	13.7
		24.0 52.0	1.0 18.0	16.5	12.7	
		52.0 77.0	18.0 42.0	10.4	21.2	
		77.0 98.5	42.0 62.0	10.8	20.4	
2.0	: KM 2+250	0.0 8.8	0.0 1.0	87.5	2.0	10.8
		8.8 41.1	1.0 38.0	8.8	25.7	
		41.1 84.9	38.0 61.0	19.0	10.8	
		84.9 100.0	61.0 96.0	4.3	56.7	
3.0	: KM 2+500	0.0 14.4	0.0 6.0	24.0	8.3	12.0
		14.4 44.1	6.0 29.0	12.9	16.6	
		44.1 77.7	29.0 43.0	24.0	8.3	
		77.7 99.4	43.0 58.0	14.5	14.6	
4.0	: KM 2+750	0.0 14.0	0.0 2.0	69.8	2.5	14.4
		14.0 27.9	2.0 20.0	7.8	29.5	
		27.9 68.0	20.0 53.0	12.1	17.8	
		68.0 98.6	53.0 80.0	11.4	19.2	
5.0	: KM 3+000	0.0 50.0	0.0 1.0	500.0	0.3	4.4
		50.0 60.0	1.0 5.0	25.0	7.9	
		60.0 80.0	5.0 9.0	50.0	3.7	
		80.0 100.0	9.0 15.0	33.3	5.8	
6.0	: KM 3+250	0.0 12.5	0.0 25.0	5.0	48.1	12.9
		12.5 60.0	25.0 55.0	15.8	13.2	
		60.0 87.5	55.0 72.0	16.2	12.9	
		87.5 98.1	72.0 88.0	6.6	35.1	
7.0	: KM 3+500	0.0 34.5	0.0 1.0	345.0	0.4	3.9
		34.5 61.0	1.0 10.0	29.4	6.6	
		61.0 80.5	10.0 21.0	17.8	11.6	
		80.5 98.9	21.0 30.0	20.4	9.9	
8.0	: KM 3+750	0.0 33.0	0.0 30.0	11.0	19.9	18.2
		33.0 65.1	30.0 47.0	18.9	10.9	
		65.1 80.5	47.0 62.0	10.3	21.5	
		80.5 99.0	62.0 81.0	9.7	22.8	
9.0	: KM 4+000	0.0 44.2	0.0 6.0	73.7	2.4	15.7
		44.2 49.6	6.0 16.0	5.4	43.8	
		49.6 78.2	16.0 24.0	35.7	5.3	
		78.2 99.8	24.0 36.0	16.0	11.5	

**CUADRO RESUMEN DE ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA DE CONO PDC**

Ensayo PDC	Ubicación	Profundidad (cm)	Numero de Golpes (golp)	DN (mm/golp)	CBR (%)	CBR(%) Diseño
10.0	: KM 4+250	0.0 20.9	0.0 6.0	34.8	5.5	16.3
		20.9 40.3	6.0 30.0	6.1	28.1	
		40.3 60.3	30.0 53.0	6.7	26.0	
		60.3 98.4	53.0 92.0	9.8	22.7	
11.0	: KM 4+500	0.0 19.0	0.0 21.0	9.0	24.8	13.8
		19.0 29.5	21.0 40.0	5.5	43.0	
		29.5 60.0	40.0 98.0	5.3	46.6	
		60.0 95.0	98.0 121.0	15.2	13.8	
12.0	: KM 4+750	0.0 16.4	0.0 8.0	20.5	9.9	13.4
		16.4 40.4	8.0 47.0	6.2	38.2	
		40.4 70.8	47.0 88.0	7.4	31.0	
		70.8 99.0	88.0 106.0	15.7	13.4	
13.0	: KM 5+000	0.0 10.5	0.0 12.0	6.6	26.7	14.2
		10.5 36.0	12.0 27.0	17.0	12.2	
		36.0 79.2	27.0 56.0	14.9	14.2	
		79.2 99.3	56.0 81.0	8.0	28.3	
14.0	: KM 5+250	0.0 20.3	0.0 1.0	202.5	0.8	5.4
		20.3 41.9	1.0 14.0	16.6	12.5	
		41.9 67.5	14.0 23.0	28.5	6.9	
		67.5 96.1	23.0 35.0	23.8	8.4	
15.0	: KM 5+500	0.0 20.8	0.0 21.0	9.9	22.4	22.4
		20.8 40.6	21.0 57.0	5.5	43.3	
		40.6 61.1	57.0 88.0	6.6	35.3	
		61.1 99.0	88.0 120.0	11.9	18.3	
16.0	: KM 5+750	0.0 22.0	0.0 23.0	9.6	23.3	23.3
		22.0 35.0	23.0 46.0	5.7	42.0	
		35.0 56.0	46.0 77.0	6.8	34.3	
		56.0 65.6	77.0 100.0	4.2	100.0	
17.0	: KM 6+000	0.0 21.0	0.0 1.0	210.0	0.7	2.5
		21.0 42.0	1.0 4.0	70.0	2.5	
		42.0 81.2	4.0 20.0	24.5	8.1	
		81.2 98.0	20.0 32.0	14.0	15.2	



RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO EN SUELOS : "INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE AGAVE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO PARA LA SUBRASANTE DE LA TROCHA CARROZABLE CHIQUINTIRCA - CAJADELA, AYACUCHO 2022"

MUESTRA	ENSAYOS DE GRANULOMETRIA																		
	% GRAVA	Cantidad	% Grava Gruesa	% Grava Fina	% ARENA	Cantidad	% Arena Gruesa	% Arena Medía	% Arena Fina	% FINOS	Cantidad	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)	Coefficiente de Uniformidad Cu	Coefficiente de Curvatura Cc	D <sub>25</sub> (mm)	D <sub>75</sub> (mm)	D <sub>150</sub> (mm)
CALICATA 01 - KM 3+000	FIBRA DE AGAVE (0.0% MDG)	De poca a pequeña	0.3	10.9	25.8	De pequeña a mucha	7.3	10.1	8.1	83.2	Bastante	0.01	0.04	0.07	6.0	1.5	0.02	0.06	2.40
	FIBRA DE AGAVE (2.0% MDG)																		
	FIBRA DE AGAVE (4.0% MDG)																		
	FIBRA DE AGAVE (5.0% MDG)																		
CALICATA 02 - KM 3+500	FIBRA DE AGAVE (0.0% MDG)	Pequeña	8.0	13.5	27.5	De pequeña a mucha	8.0	10.0	8.8	50.6	Bastante	0.01	0.04	0.45	30.8	0.9	0.02	0.07	10.07
	FIBRA DE AGAVE (2.0% MDG)																		
	FIBRA DE AGAVE (4.0% MDG)																		
	FIBRA DE AGAVE (5.0% MDG)																		
CALICATA 03 - KM 5+250	FIBRA DE AGAVE (0.0% MDG)	Trazo	1.5	2.3	22.1	Pequeña	6.8	8.3	7.0	74.1	Bastante	0.01	0.03	0.06	6.0	1.5	0.02	0.05	0.89
	FIBRA DE AGAVE (2.0% MDG)																		
	FIBRA DE AGAVE (4.0% MDG)																		
	FIBRA DE AGAVE (5.0% MDG)																		
CALICATA 04 - KM 6+800	FIBRA DE AGAVE (0.0% MDG)	Pequeña	6.8	10.3	13.9	De poca a pequeña	4.0	5.8	4.2	68.8	Bastante	0.01	0.03	0.07	4.0	1.5	0.02	0.05	0.75
	FIBRA DE AGAVE (2.0% MDG)																		
	FIBRA DE AGAVE (4.0% MDG)																		
	FIBRA DE AGAVE (5.0% MDG)																		

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.  
 DAVID DE JESUS GUERRA AVILA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 285731  
 ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO



RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO EN SUELOS : "INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE AGAVE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO PARA LA SUBRASANTE DE LA TROCHA CARROZABLE CHIQUINTIRCA - CAJADELA, AYACUCHO 2022"

MUESTRA	ENSAYOS DE PLASTICIDAD (PASANTE MALLA N° 60)										CLASIFICACION DE SUELOS				
	Plasticidad en función al LL	Límite Líquido LL %	Índice de Compresibilidad Cc=0.009(LL-10)	Clasificación de la Compresibilidad	Límite Plástico LP %	Plasticidad en función al IP	Clasificación del suelo en función al IP	Índice Plástico IP %	Potencial de Expansión Ep (US Bureau of Reclamation 1998)	Humedad w (%)	Clasificación AASTHO	Clasificación del suelo en función al Índice de Grapo	Clasificación SUCS	Nombre de Grupo (ASTM D- 2487)	
CALICATA 01 - KM 3+000	FIBRA DE AGAVE (0.0% MDS)	Media	30.0%	28.1%	Media	24.2%	Media	Arcilloso	14.8%	Potencial Medio	20.2%	A-6 (2)	Pobre	CL	ARCILLA LIGERA ARENOSA
	FIBRA DE AGAVE (2.0% MDS)														
	FIBRA DE AGAVE (4.0% MDS)														
	FIBRA DE AGAVE (6.0% MDS)														
CALICATA 02 - KM 3+300	FIBRA DE AGAVE (0.0% MDS)	Media	43.0%	29.7%	Media	24.0%	Media	Arcilloso	19.2%	Potencial bajo	22.8%	A-7.6 (7)	Pobre	CL	ARCILLA LIGERA ARENOSA CON GRAVA
	FIBRA DE AGAVE (2.0% MDS)														
	FIBRA DE AGAVE (4.0% MDS)														
	FIBRA DE AGAVE (6.0% MDS)														
CALICATA 03 - KM 5+356	FIBRA DE AGAVE (0.0% MDS)	Media	47.3%	33.0%	Media	26.7%	Alta	Muy Arcilloso	20.6%	Potencial Alto	26.5%	A-7.6 (10)	Muy pobre	CL	ARCILLA LIGERA CON ARENA
	FIBRA DE AGAVE (2.0% MDS)														
	FIBRA DE AGAVE (4.0% MDS)														
	FIBRA DE AGAVE (6.0% MDS)														
CALICATA 04 - KM 6+000	FIBRA DE AGAVE (0.0% MDS)	Media	42.7%	25.4%	Media	25.3%	Media	Arcilloso	17.8%	Potencial Medio	35.4%	A-7.6 (11)	Muy pobre	CL	ARCILLA LIGERA Y TIPO GRAVA CON ARENA
	FIBRA DE AGAVE (2.0% MDS)														
	FIBRA DE AGAVE (4.0% MDS)														
	FIBRA DE AGAVE (6.0% MDS)														


**CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.**  
 DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 285731  
 ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO



**RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO EN SUELOS : "INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE AGAVE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO PARA LA SUBRASANTE DE LA TROCHA CARROZABLE CHIQUINTIRCA - CAJADELA, AYACUCHO 2022"**

MUESTRA	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN			ENSAYOS DE RESISTENCIA				ENSAYOS DE RESISTENCIA	
	Densidad Específica de los sólidos del suelo	Máxima Densidad Seca MDS (Proctor Modificado ts/nc)	Óptimo Contenido de Humedad OCH (Proctor Modificado %)	CBR al 100% de la MDS (%)	CBR al 95% de la MDS (%)	Categoría de la Sub Rasante	Expansión en 4 días (%)	Resistencia Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (MPa)
: CALICATA 01 - KM 3+900	FIBRA DE AGAVE (0.0% MDS)	1.502	27.8	4.9	3.8	Inadecuado	0.07%	0.57	0.020
	FIBRA DE AGAVE (2.0% MDS)	1.490	27.5	6.7	7.6	Regular	0.02%	1.52	0.145
	FIBRA DE AGAVE (4.0% MDS)	1.474	26.4	11.9	10.0	Regular	0.02%	2.08	0.205
	FIBRA DE AGAVE (6.0% MDS)	1.470	26.3	9.8	8.5	Regular	0.02%	1.54	0.181
: CALICATA 02 - KM 3+500	FIBRA DE AGAVE (0.0% MDS)	1.558	24.6	8.0	6.7	Regular	0.03%	1.28	0.126
	FIBRA DE AGAVE (2.0% MDS)	1.551	24.0	14.5	12.6	Buena	0.03%	2.79	0.274
	FIBRA DE AGAVE (4.0% MDS)	1.550	23.7	16.8	13.9	Buena	0.02%	3.22	0.318
	FIBRA DE AGAVE (6.0% MDS)	1.542	23.2	12.3	10.5	Buena	0.02%	2.22	0.217
: CALICATA 03 - KM 5+250	FIBRA DE AGAVE (0.0% MDS)	1.817	21.1	3.5	3.1	Inadecuado	0.02%	0.73	0.072
	FIBRA DE AGAVE (2.0% MDS)	1.803	20.9	9.9	7.5	Regular	0.02%	2.22	0.218
	FIBRA DE AGAVE (4.0% MDS)	1.788	20.3	11.2	9.7	Regular	0.01%	2.98	0.290
	FIBRA DE AGAVE (6.0% MDS)	1.782	19.8	7.8	6.8	Regular	0.01%	1.85	0.181
: CALICATA 04 - KM 6+000	FIBRA DE AGAVE (0.0% MDS)	1.487	28.7	2.6	2.4	Inadecuada	0.02%	1.12	0.110
	FIBRA DE AGAVE (2.0% MDS)	1.480	28.7	7.9	5.9	Inadecuado	0.02%	1.90	0.186
	FIBRA DE AGAVE (4.0% MDS)	1.467	28.2	11.2	9.4	Regular	0.02%	2.56	0.251
	FIBRA DE AGAVE (6.0% MDS)	1.453	28.0	6.7	5.8	Inadecuado	0.02%	1.88	0.185


**CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.**  
 DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 285731  
 AREAS GEOTECNIA Y CONCRETO

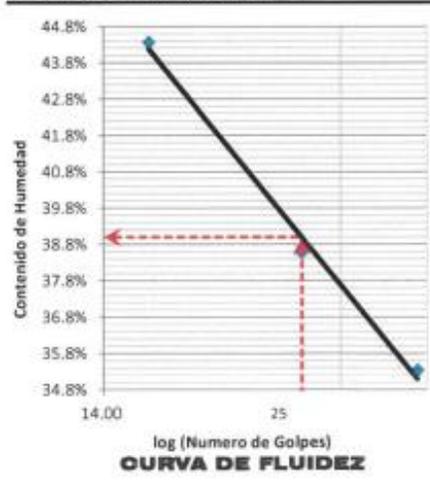
	<b>LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS (PASANTE LA MALLA N° 40)</b>	
---	--	---

**Proyecto** : "INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE AGAVE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO PARA LA SUBRASANTE DE LA TROCHA CARROZABLE CHIQUINTIRCA - CAJADELA, AYACUCHO 2022"  
**Trazabilidad** : INFORME 001-2023/CG-CON-23-O-001 **Región/Provinc** : AYACUCHO / LA MAR  
**Solicitante** : ARCE LLACTAHUAMAN, PATRICIA KATHERINY **Distrito** : ANCO  
**Exploración** : CALICATA 01 - KM 3+000 **Lugar** : CHIQUINTIRCA - CAJADELA  
**Estrato / Nivel** : SUBRASANTE **Fecha** : ENERO DEL 2023

DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS (MTC E 111)					
	RECIPIENTE	Nº	128	158	
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	24.257	29.641	
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	23.101	28.337	
3	PESO RECIPIENTE	gr	18.320	22.960	
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	1.16	1.30	
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	4.78	5.38	
6	HUMEDAD	%	24.20%	24.24%	
<b>LIMITE PLÁSTICO</b>		<b>%</b>	<b>24.2%</b>		

DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)					
	RECIPIENTE	Nº	PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO		UNIPUNTO
			47	75	145
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	36.131	38.334	36.911
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	32.543	33.728	32.059
3	PESO RECIPIENTE	gr	22.391	21.789	21.123
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	3.588	4.607	4.852
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	10.152	11.939	10.938
6	HUMEDAD	%	35.34%	38.59%	44.36%
7	NUMERO DE GOLPES	Nº	35	25	16
<b>LIMITE LIQUIDO</b>		<b>%</b>	<b>39.0%</b>		

**ÍNDICE PLÁSTICO (%) IP=LL-LP= 14.8%**

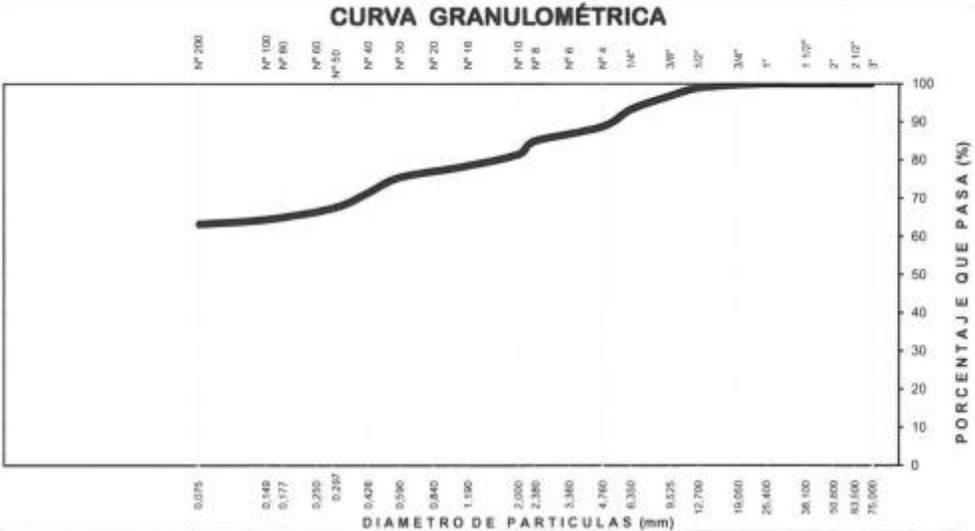


  
**CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.**  
 DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 285731  
 ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO

	<h3>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO POR TAMIZADO (MTC E 107)</h3>	
---	---	---

**Proyecto** : "INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE AGAVE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO PARA LA SUBRASANTE DE LA TROCHA CARROZABLE CHIQUINTIRCA - CAJAJELA, AYACUCHO 2022"  
**Trazabilidad** : INFORME 001-2023/CG-CON-23-O-001 **Región/Provinc.** : AYACUCHO / LA MAR  
**Solicitante** : ARCE LLACTAHUAMAN, PATRICIA KATHERINY **Distrito** : ANCO  
**Exploración** : CALICATA 01 - KM 3+000 **Lugar** : CHIQUINTIRCA - CAJAJELA  
**Estrato/Nivel** : SUBRASANTE **Fecha** : ENERO DEL 2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
								ENSAYOS ESTÁNDAR		
	3"	75.000	-	-	-	100.00	100.00	Peso seco inicial (gr)	4854.2	
	2 1/2"	63.500	-	-	-	100.00	100.00	Peso seco lavado (gr)	1787.3	
	2"	50.800	-	-	-	100.00	100.00	Pérdida por lavado (gr)	3067.0	
	1 1/2"	38.100	-	-	-	100.00	100.00			
	1"	25.400	-	-	-	100.00	100.00			
	3/4"	19.000	15.47	0.32	0.32	99.68		% Grava	11.2	
	1/2"	12.700	40.22	0.83	1.15	98.85		% Grava gruesa	0.3	
	3/8"	9.500	101.63	2.09	3.24	96.76		% Grava fina	10.9	
	1/4"	6.350	173.62	3.58	6.82	93.18		% Arena	25.6	
	Nº 4	4.760	214.08	4.41	11.23	88.77		% Arena gruesa	7.3	
	Nº 8	2.360	186.00	3.83	15.06	84.94		% Arena media	10.1	
	Nº 10	2.000	169.69	3.50	18.56	81.44		% Arena fina	8.1	
	Nº 16	1.100	163.51	3.37	21.92	78.08		% de Finos	63.2	
	Nº 30	0.590	129.35	2.66	24.59	75.41		D <sub>10</sub> = D <sub>40(%)</sub> =	0.0119	
	Nº 40	0.425	198.25	4.08	28.67	71.33		D <sub>30(mm)</sub> =	0.0356	
	Nº 50	0.297	191.47	3.94	32.62	67.38		D <sub>50(mm)</sub> =	0.0712	
	Nº 100	0.149	142.68	2.94	35.56	64.44		C <sub>u</sub> =	--	
	Nº 200	0.075	61.29	1.26	36.82	63.18		C <sub>c</sub> =	--	
	Lavado		3,067.0	63.18	100.00			CLASIFICACIÓN		
							AASHTO <b>A-6 (B)</b>			
							Clasificación SUCS		<b>CL</b>	
<b>ARCILLA LIGERA ARENOSA</b>										



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLON /BLOQ.
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

  
**CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.**  
 DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
 ING. CIVIL  
 CIP Nº 285731  
 AREAS GEOTECNIA Y CONCRETO

 <b>CASAGRANDE</b> <small>CONSULTORIA Y CONSTRUCCION</small>	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD          PARA SUELOS          (MTC E 108)</b>	
--	---	---

Proyecto : "INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE AGAVE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO PARA LA SUBRASANTE DE LA TROCHA CARROZABLE CHIQUINTIRCA - CAJADELA, AYACUCHO 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2023/CG-CON-23-O-001

Región/Prov. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : ARCE LLACTAHUAMAN, PATRICIA KATHERINY

Distrito : ANCO

Exploración : CALICATA 01 - KM 3+000

Lugar : CHIQUINTIRCA - CAJADELA

Estrato/Nivel : SUBRASANTE

Fecha : ENERO DEL 2023

<b>DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD</b>			
RECIPIENTE	Nº	126	98
PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	1,287.99	1,255.01
PESO SUELO SECO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	1,097.00	1,055.81
PESO RECIPIENTE	gr	133.74	85.60
PESO AGUA EN LA MUESTRA	gr	191.00	199.21
PESO SECO DE LA MUESTRA	gr	963.26	970.21
HUMEDAD	%	19.8%	20.5%
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>%</b>	<b>20.2%</b>	


**CASAGRANDE CONSULTORIA Y  
 CONSTRUCCION S.A.C.**  
 DAVID OLIVEROS GUERRA AYALA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 285733  
 ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO

 <b>CASAGRANDE</b> <small>CONSULTORIA Y CONSTRUCCION</small>	<b>ENSAYO DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO (MTC E 206, E 113)</b>	
---	---	---

Proyecto : 'INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE AGAVE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO PARA LA SUBRASANTE DE LA TROCHA CARROZABLE CHIQUINTIRCA - CAJADELA, AYACUCHO 2022'

Trazabilidad : INFORME 001-2023/CG-CON-23-O-001      Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR  
 Solicitante : ARCE LLACTAHUAMAN, PATRICIA KATHERINY      Distrito : ANCO  
 Exploración : CALICATA 01 - KM 3+000      Lugar : CHIQUINTIRCA - CAJADELA  
 Estrato/Nivel : SUBRASANTE      Fecha : ENERO DEL 2023

<b>MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4 (MTC E 206)</b>				
IDENTIFICACION		ENSAYO N°01	ENSAYO N°02	PROMEDIO
Peso en el aire de la muestra seca	gr	2221.66	2221.66	
Peso en el aire de la muestra SSS	gr	2251.55	2251.55	
Peso sumergido en agua de la muestra SSS (gr)	gr	1364.94	1364.94	
Gravedad Especifica		2.506	2.506	<b>2.506</b>
Gravedad Especifica SSS		2.539	2.539	<b>2.539</b>
Gravedad Especifica Aparente		2.593	2.593	<b>2.593</b>
% de absorción	%	1.345	1.345	<b>1.345</b>

<b>MATERIAL PASANTE LA MALLA N°4 (MTC E 113)</b>				
IDENTIFICACION		MUESTRA 01	MUESTRA 02	PROMEDIO
Capacidad de Picnómetro	cm3	500	500	<b>2.590</b>
Peso de la muestra seca	gr	102.01	102.10	
Peso de Picnómetro con la muestra y agua	gr	741.07	746.74	
Peso de Picnómetro aforado lleno de agua	gr	678.35	684.10	
Temperatura del agua en el ensayo	°C	24	23	
Corrección por temperatura (K)		0.9991	0.9993	
Gravedad especifica de la muestra		<b>2.594</b>	<b>2.586</b>	

Porcentaje Retenido en la Malla N°4 (%)	11.2
Porcentaje que pasa la Malla N°4 (%)	88.8
<b>Gravedad especifica de los sólidos</b>	<b>2.590</b>


  
**CASAGRANDE CONSULTORIA Y  
CONSTRUCCION S.A.C.**  


---

 DAVID DE JESUS GUERRA AVALA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 205733  
 AREAS GEOTECNIA Y CONCRETO



	<b>CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)</b>	
Pagina 1 de 2		

**Proyecto :** "INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE AGAVE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO PARA LA SUBRASANTE DE LA TROCHA CARROZABLE CHIQUINTIRCA - CAJADELA, AYACUCHO 2022"  
**Trazabilidad :** INFORME 001-2023/CG-CON-23-O-001 **Región/Prov :** AYACUCHO / LA MAR  
**Solicitante :** ARCE LLACTAHUAMAN, PATRICIA KATHERINY **Distrito :** ANCO  
**Exploración :** CALICATA 01 - KM 3+000 **Lugar :** CHIQUINTIRCA - CAJADELA  
**Estrato/Nivel :** CON FIBRA DE AGAVE (0.0% MDS) **Fecha :** ENERO DEL 2023

COMPACTACION DEL CBR										
MOLDE Nº		28		30		32				
CAPAS Nº		5		5		5				
GOLPES POR CAPA		56		26		12				
COND. DE LA MUESTRA		HUMEDO		HUMEDO		HUMEDO				
PESO MOLDE+S. HÚM.	gr	11,630		11,440		11,120				
PESO DEL MOLDE	gr	7,567.00		7,684.00		7,613.00				
PESO SUELO HÚM.	gr	4,063.00		3,756.00		3,507.00				
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	2,112.66		2,116.40		2,093.31				
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm <sup>3</sup>	1.92		1.77		1.68				
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup>	1.502		1.39		1.31				
Contenido de Humedad		Humedad: inicial    final		Humedad: inicial    final		Humedad: Inicial    final				
TARRO Nº	Nro.	154	322	347	154	322	337	154	322	128
TARRO+SUELO HÚM.	gr	597.4	784.0	636.2	597.4	784.0	684.1	597.4	784.0	674.0
TARRO+SUELO SECO	gr	494.5	642.2	515.5	494.5	642.2	544.7	494.5	642.2	531.7
PESO DEL TARRO	gr	129.49	133.35	133.31	129.49	133.35	136.50	129.49	133.35	136.50
% DE HUMEDAD	%	28.19	27.87	32.08	28.19	27.87	34.16	28.19	27.87	35.99
HUMEDAD	%	28.03		32.08	28.03		34.16	28.03		35.99
ABSORCIÓN	%	4.05			6.13			7.96		

EXPANSIÓN									
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
4	0.03	127.03	0.02%	0.03	127.03	0.02%	0.04	127.04	0.03%

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN (mm) (ptg)		Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
			Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025		0.02	0.02	0.01	0.05	0.05	0.02	0.04	0.04	0.02
1.270	0.050		0.04	0.04	0.02	0.14	0.14	0.07	0.12	0.12	0.06
1.900	0.075		0.09	0.09	0.04	0.25	0.25	0.13	0.19	0.19	0.10
2.540	0.100	6.9	0.17	0.17	0.09	0.35	0.35	0.18	0.25	0.25	0.13
3.170	0.125		0.28	0.28	0.15	0.43	0.43	0.22	0.31	0.31	0.16
3.810	0.150		0.43	0.43	0.22	0.52	0.52	0.27	0.36	0.36	0.19
4.445	0.175		0.60	0.60	0.31	0.59	0.59	0.31	0.41	0.41	0.21
5.080	0.200	10.35	0.78	0.78	0.40	0.66	0.66	0.34	0.45	0.45	0.23
7.620	0.300		1.50	1.50	0.78	0.89	0.89	0.46	0.59	0.59	0.31

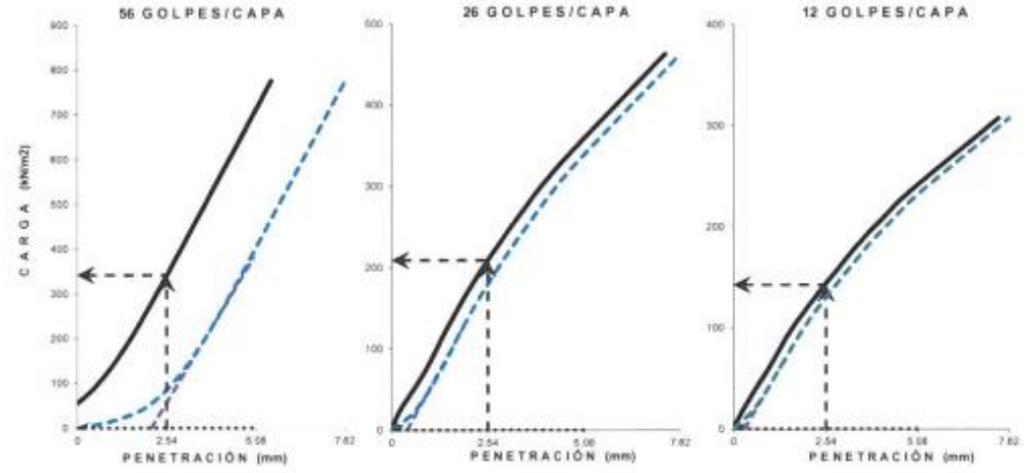
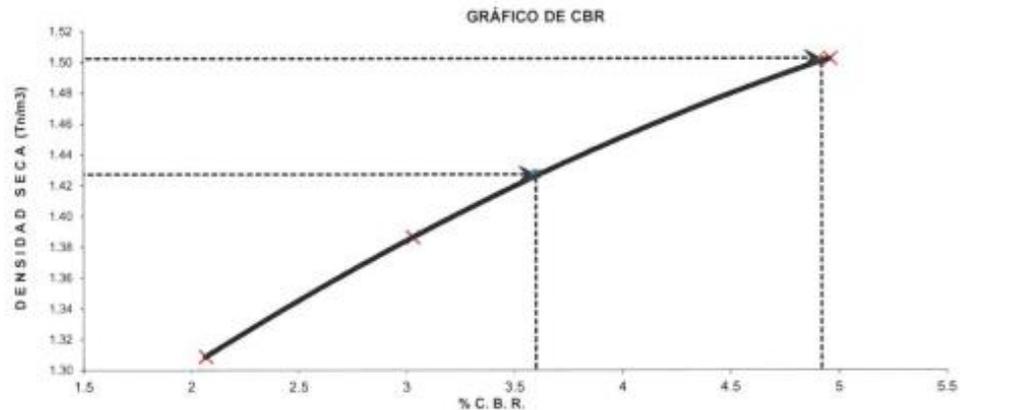
  
**CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.**  
 DAVID DE JESUS GUERRA AZALA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 285733  
 ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO

	<p><b>CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)</b></p>	
Pagina 2 de 2		

**Proyecto :** "INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE AGAVE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO PARA LA SUBRASANTE DE LA TROCHA CARROZABLE CHIQUINTIRCA - CAJADELA, AYACUCHO 2022"  
**Trazabilidad :** INFORME 001-2023/CG-CON-23-O-001      **Región/Provinc. :** AYACUCHO / LA MAR  
**Solicitante :** ARCE LLACTAHUAMAN, PATRICIA KATHERINY      **Distrito :** ANCO  
**Exploración :** CALICATA 01 - KM 3+000      **Lugar :** CHIQUINTIRCA - CAJADELA  
**Estrato/Nivel :** CON FIBRA DE AGAVE (0.0% MDS)      **Fecha :** ENERO DEL 2023

DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS :	CL	ARCILLA LIGERA ARENOSA	AASHTO : A-6 (8)
Máxima Densidad Seca MDS (tn/m3) :	1.50	Óptimo Contenido de Humedad OCH % =	27.80
% Grava =	11.2	% Arena = 25.6	% Finos = 63.2    LL % = 39.0%    LP % = 24.2%
Expansión % =	0.03%	Embebido (días) =	4.0    IP % = 14.6%

RESULTADOS DEL ENSAYO (01° DE PENETRACIÓN)		
CBR AL 100% DE MDS (0.1") = 4.92	CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") = 3.60	CBR AL 90% MDS = -.-




**CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.**  
 DAVID DE JESUS GUERRA AWALA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 285731  
 ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO



	<b>CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)</b>	

Proyecto : "INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE AGAVE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO PARA LA SUBRASANTE DE LA TROCHA CARROZABLE CHIQUINTIRCA - CAJADELA, AYACUCHO 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2023/CG-CON-23-O-001

Región/Prov: AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : ARCE LLACTAHUAMAN, PATRICIA KATHERINY

Distrito : ANCO

Exploración : CALICATA 01 - KM 3+000

Lugar : CHIQUINTIRCA - CAJADELA

Dosis : CON FIBRA DE AGAVE (2.0% MDS)

Fecha : ENERO DEL 2023

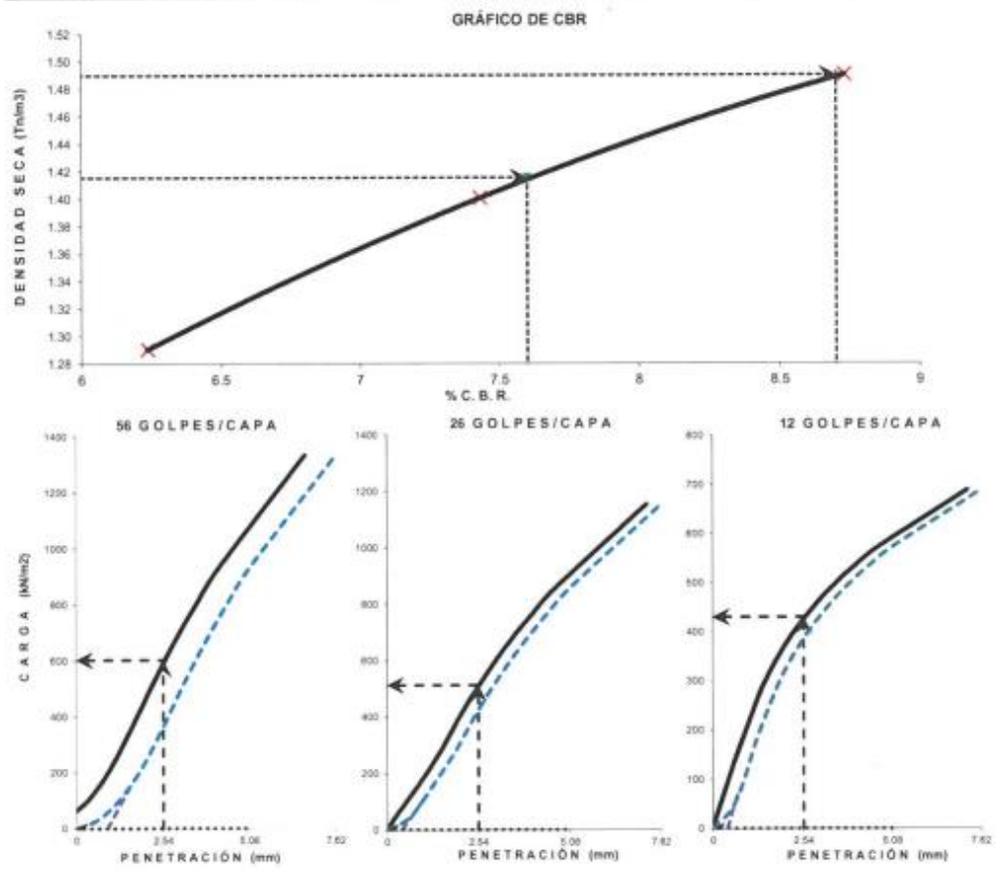
COMPACTACION DEL CBR											
MOLDE Nº	25			10			4				
CAPAS Nº	5			5			5				
GOLPES POR CAPA	56			26			12				
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO				
PESO MOLDE+S. HÚM.	gr	10,850		11,599		11,158					
PESO DEL MOLDE	gr	6,871.00		7,866.00		7,711.00					
PESO SUELO HÚM.	gr	3,979.00		3,733.00		3,447.00					
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2,098.30		2,094.83		2,099.38					
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm3	1.90		1.78		1.64					
DENSIDAD SECA	gr/cm3	1.49		1.40		1.29					
Contenido de Humedad		Humedad: inicial		final		Humedad: inicial		final			
TARRO Nº	Nro.	337	322	314	337	322	255	337	322	317	
TARRO+SUELO HÚM.	gr	535.6	581.4	781.6	535.6	581.4	742.6	535.6	581.4	751.9	
TARRO+SUELO SECO	gr	448.9	486.8	612.6	448.9	486.8	584.4	448.9	486.8	579.6	
PESO DEL TARRO	gr	136.50	133.35	65.95	136.50	133.35	96.77	136.50	133.35	66.70	
% DE HUMEDAD	%	27.75	26.76	30.92	27.75	26.76	32.44	27.75	26.76	33.58	
HUMEDAD	%	27.26		30.92		27.26		32.44		27.26	
ABSORCIÓN	%	3.66		5.18		6.33					
EXPANSIÓN											
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL		EXPANSIÓN		DIAL		EXPANSIÓN	
		mm	%	mm	%	mm	%	mm	%		
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00%	0.00	127.00	0.00%	
4	0.02	127.02	0.02%	0.03	127.03	0.02%	0.03	0.03	127.03	0.02%	
PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN (mm) (plg)	Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE			
		Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.630	0.025	0.06	0.06	0.03	0.09	0.09	0.05	0.10	0.10	0.05	
1.270	0.050	0.20	0.20	0.10	0.31	0.31	0.16	0.37	0.37	0.19	
1.900	0.075	0.41	0.41	0.21	0.54	0.54	0.28	0.59	0.59	0.30	
2.540	0.100	6.9	0.71	0.71	0.36	0.83	0.83	0.43	0.75	0.39	
3.170	0.125		1.01	1.01	0.52	1.07	1.07	0.55	0.86	0.45	
3.810	0.150		1.30	1.30	0.67	1.29	1.29	0.67	0.96	0.50	
4.445	0.175		1.56	1.56	0.81	1.48	1.48	0.77	1.04	0.54	
5.080	0.200	10.35	1.80	1.80	0.93	1.66	1.66	0.86	1.11	0.57	
7.620	0.300		2.58	2.58	1.33	2.23	2.23	1.15	1.33	0.69	


**CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.**  
 DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 285731  
 ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO

 <p><b>CASAGRANDE</b> CONSULTORIA Y CONSTRUCCION</p>	<p><b>CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)</b></p>	
Pagina 2 de 2		

**Proyecto :** 'INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE AGAVE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO PARA LA SUBRASANTE DE LA TROCHA CARROZABLE CHIQUINTIRCA - CAJADELA, AYACUCHO 2022'  
**Trazabilidad :** INFORME 001-2023/CG-CON-23-O-001      **Región/Provinc. :** AYACUCHO / LA MAR  
**Solicitante :** ARCE LLACTAHUAMAN, PATRICIA KATHERINY      **Distrito :** ANCO  
**Exploración :** CALICATA 01 - KM 3+000      **Lugar :** CHIQUINTIRCA - CAJADELA  
**Dosis :** CON FIBRA DE AGAVE (2.0% MDS)      **Fecha :** ENERO DEL 2023

DATOS DEL ENSAYO					
Clasificación SUCS :	CL	ARCILLA LIGERA ARENOSA	AASHTO :	A-6 (B)	
Máxima Densidad Seca MDS (tn/m3) :	1.49	Optimo Contenido de Humedad OCH % =	27.50		
% Grava =	11.2	% Arena =	25.6	% Finos =	63.2
		LL % =	39.0%	LP % =	24.2%
Expansión % =	0.03%	Embebido (días) =	4.0	IP % =	14.8%
RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1" DE PENETRACIÓN)					
CBR AL 100% DE MDS (0.1") = 8.7		CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") = 7.6		CBR AL 90% MDS = -..	




**CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.**  
 DAVID DE JESUS GUERRA AXALA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 285731  
 AREAS GEOTECNIA Y CONCRETO

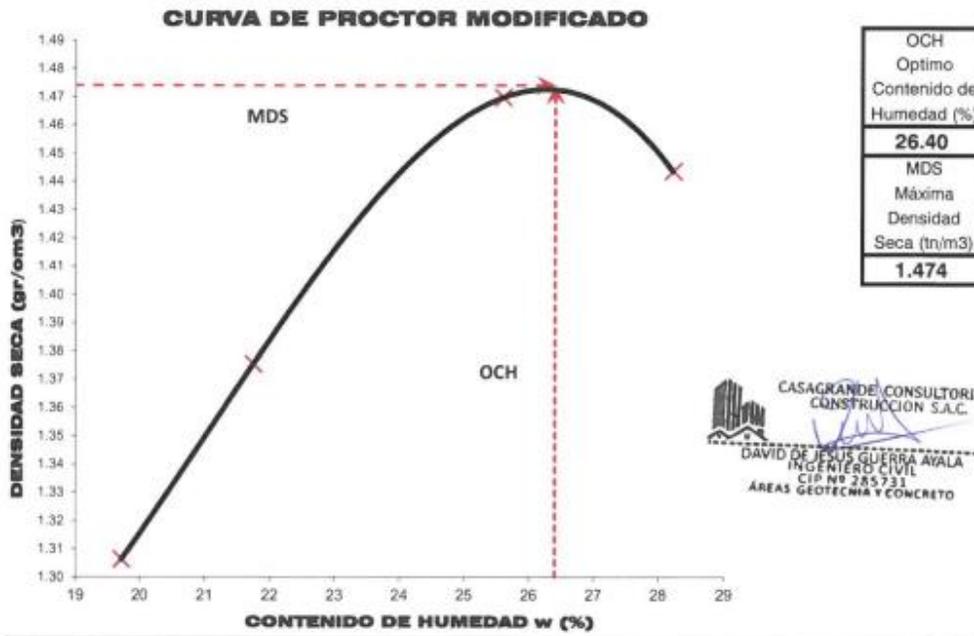
 <p><b>CASAGRANDE</b> DEFENSA Y CONCRETO</p>	<p><b>COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (MTC E 115)</b></p>	
---	---	---

**Proyecto** : "INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE AGAVE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO PARA LA SUBRASANTE DE LA TROCHA CARROZABLE CHIQUINTIRCA - CAJADELA, AYACUCHO 2022"  
**Trazabilidad** : INFORME 001-2023/CG-CON-23-O-001      **Región/Provinc** : AYACUCHO / LA MAR  
**Solicitante** : ARCE LLACTAHUAMAN, PATRICIA KATHERINY      **Distrito** : ANCO  
**Exploración** : CALICATA 01 - KM 3+000      **Lugar** : CHIQUINTIRCA - CAJADELA  
**Estrato/Nivel** : CON FIBRA DE AGAVE (4.0% MDS)      **Fecha** : ENERO DEL 2023

DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS :	CL ARCILLA LIGERA ARENOSA	<b>METODO A</b>	
Clasificación AASHTO :	A-6 (8)	Capas : 5.00	Golpes/Capa 25
% Retenido acumulado malla N° 4 :	11.2	Material Pasante a usar	PASA N° 4
% Retenido acumulado malla 3/8" :	3.2	Molde (Pulg)	4      Código      M4
% Retenido acumulado malla 3/4" :	0.3	Peso Molde (gr) :	4105.00      Vol.(cm3) :      939.81

ENSAYO DE COMPACTACIÓN					
Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	5,575	5,679	5,840	5,845
Peso de la muestra compactada	gr	1,469.7	1,573.7	1,734.8	1,739.5
Densidad húmeda	gr/cc	1.58	1.67	1.85	1.85
<b>Densidad seca</b>	gr/cc	1.31	1.38	1.47	1.44

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro N°		54.0	180.0	108.0	66.0
Peso tarro + suelo húmedo	gr	732.81	736.55	664.15	722.92
Peso de tarro + suelo seco	gr	633.96	628.81	556.87	592.01
Peso del tarro	gr	132.660	133.531	137.808	128.195
Peso del agua	gr	98.85	107.73	107.28	130.91
Peso del suelo seco	gr	501.30	495.28	419.06	463.81
<b>Contenido de humedad</b>	%	19.72	21.75	25.60	28.23





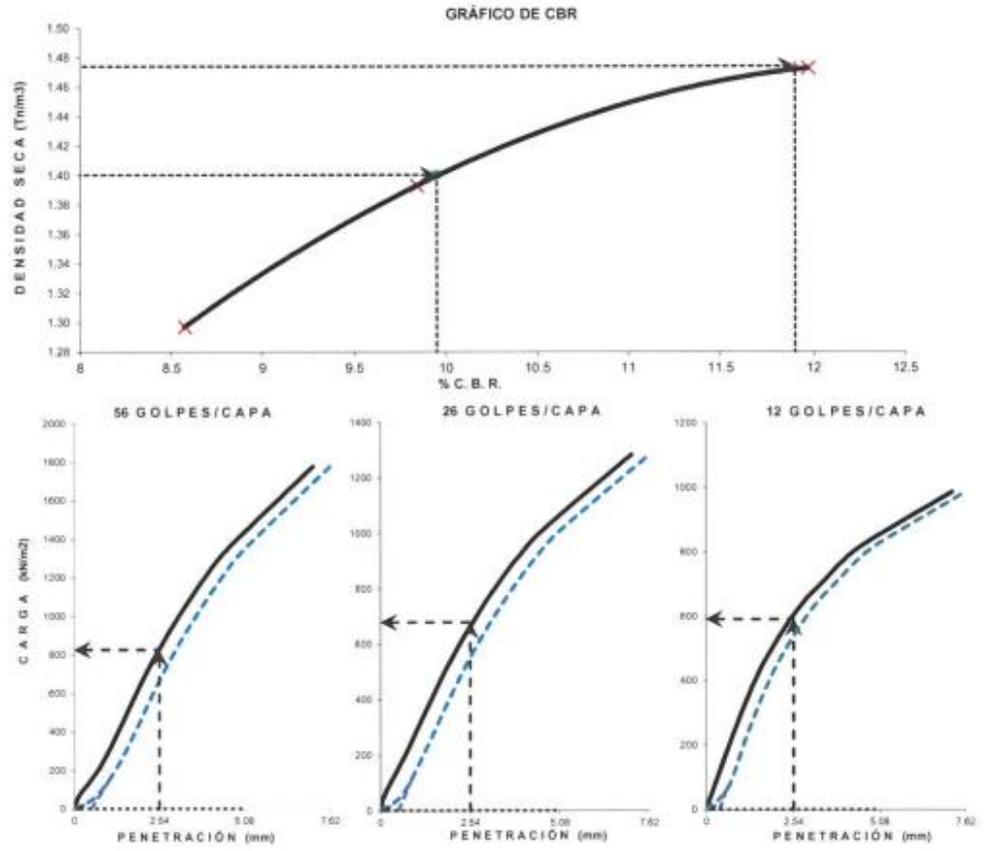
 <p><b>CASAGRANDE</b> CONSULTORIA Y CONCRETO</p>	<p><b>CBR DE SUELOS - LABORATORIO</b> <b>(MTC E 132)</b></p>	
Pagina 2 de 2		

**Proyecto :** 'INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE AGAVE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO PARA LA SUBRASANTE DE LA TROCHA CARROZABLE CHIQUINTIRCA - CAJADELA, AYACUCHO 2022'  
**Trazabilidad :** INFORME 001-2023/CG-CON-23-O-001      **Región/Provinc. :** AYACUCHO / LA MAR  
**Solicitante :** ARCE LLACTAHUAMAN, PATRICIA KATHERINY      **Distrito :** ANCO  
**Exploración :** CALICATA 01 - KM 3+000      **Lugar :** CHIQUINTIRCA - CAJADELA  
**Dosis :** CON FIBRA DE AGAVE (4.0% MDS)      **Fecha :** ENERO DEL 2023

DATOS DEL ENSAYO					
Clasificación SUCS :	CL	ARCILLA LIGERA ARENOSA	AASHTO :	A-6 (B)	
Máxima Densidad Seca MDS (tn/m3) :	1.47	Óptimo Contenido de Humedad OCH % =	28.40		
% Grava =	11.2	% Arena =	25.6	% Finos =	63.2
		LL % =	39.0%	LP % =	24.2%
Expansión % =	0.03%	Embebido (días) =	4.0	IP % =	14.8%

RESULTADOS DEL ENSAYO (01' DE PENETRACIÓN)		
CBR AL 100% DE MDS (0.1') = 11.9	CBR AL 95% DE LA MDS (0.1') = 10.0	CBR AL 90% MDS = -.-



  
**CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.**  
 DAVID DE JESÚS GUERRA AYALA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 285731  
 ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO

 <p><b>CASAGRANDE</b> GEOTECNIA Y CONCRETO</p>	<p><b>COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (MTC E 115)</b></p>	
---	---	---

**Proyecto** : "INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE AGAVE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO PARA LA SUBRASANTE DE LA TROCHA CARROZABLE CHIQUINTIRCA - CAJADELA, AYACUCHO 2022"

**Trazabilidad** : INFORME 001-2023/CG-CON-23-O-001      **Región/Provinc** : AYACUCHO / LA MAR

**Solicitante** : ARCE LLACTAHUAMAN, PATRICIA KATHERINY      **Distrito** : ANCO

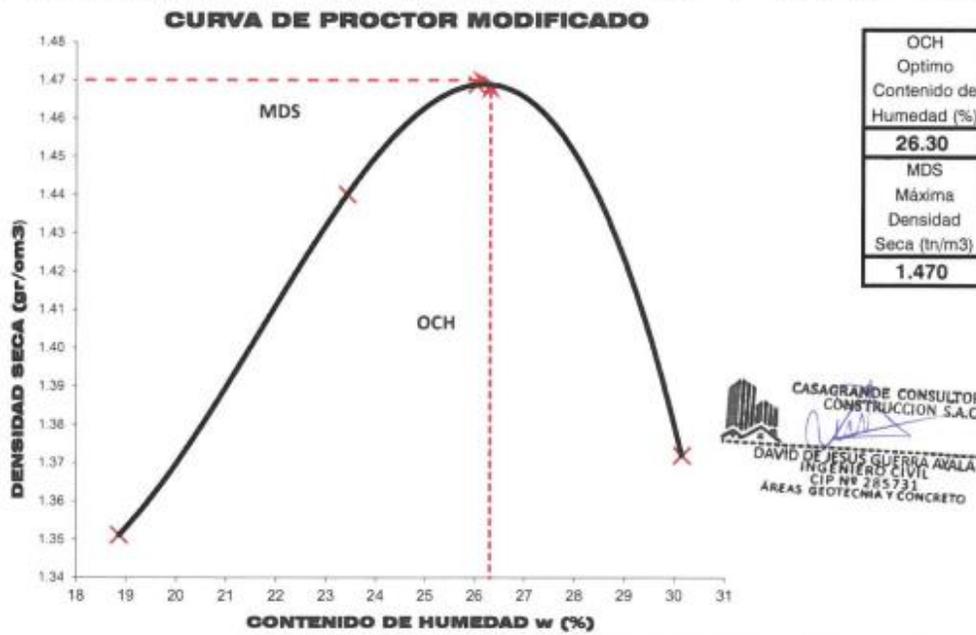
**Exploración** : CALICATA 01 - KM 3+000      **Lugar** : CHIQUINTIRCA - CAJADELA

**Estrato/Nivel** : CON FIBRA DE AGAVE (6.0% MDS)      **Fecha** : ENERO DEL 2023

DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS :	CL ARCILLA LIGERA ARENOSA	METODO A	
Clasificación AASHTO :	A-6 (B)	Capas : 5.00	Golpes/Capa 25
% Retenido acumulado malla N° 4 :	11.2 Material Pasante a usar	PASA N° 4	*
% Retenido acumulado malla 3/8" :	3.2 Molde (Pulg)	4	Código M4
% Retenido acumulado malla 3/4" :	0.3	Peso Molde (gr) : 4105.00	Vol.(cm3) : 939.81

ENSAYO DE COMPACTACIÓN					
Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	5,614	5,775	5,845	5,783
Peso de la muestra compactada	gr	1,509.3	1,670.4	1,739.6	1,678.1
Densidad húmeda	gr/cc	1.61	1.78	1.85	1.79
Densidad seca	gr/cc	1.35	1.44	1.47	1.37

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro N°		45.0	178.0	96.0	31.0
Peso tarro + suelo húmedo	gr	710.61	714.23	644.02	701.01
Peso de tarro + suelo seco	gr	618.24	603.24	538.63	567.40
Peso del tarro	gr	128.640	129.485	133.632	124.310
Peso del agua	gr	92.37	110.98	105.39	133.61
Peso del suelo seco	gr	489.60	473.76	405.00	443.09
Contenido de humedad	%	18.87	23.43	26.02	30.15



	<b>CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)</b>	

Proyecto : "INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE AGAVE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO PARA LA SUBRASANTE DE LA TROCHA CARROZABLE CHIQUINTIRCA - CAJADELA, AYACUCHO 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2023/CG-CON-23-O-001

Región/Prov : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : ARCE LLACTAHUAMAN, PATRICIA KATHERINY

Distrito : ANCO

Exploración : CALICATA 01 - KM 3+000

Lugar : CHIQUINTIRCA - CAJADELA

Estrato/Nivel : CON FIBRA DE AGAVE (6.0% MDS)

Fecha : ENERO DEL 2023

COMPACTACION DEL CBR										
MOLDE Nº		15			25			12		
CAPAS Nº		5			5			5		
GOLPES POR CAPA		5G			2G			12		
COND. DE LA MUESTRA		HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO		
PESO MOLDE+S. HÚM.	gr	11,575			10,633			11,225		
PESO DEL MOLDE	gr	7,663.00			6,871.00			7,811.00		
PESO SUELO HÚM.	gr	3,912.00			3,762.00			3,417.00		
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2,114.15			2,096.30			2,110.84		
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm3	1.85			1.79			1.62		
DENSIDAD SECA	gr/cm3	1.47			1.42			1.28		
Contenido de Humedad		Humedad: inicial		final	Humedad: inicial		final	Humedad: inicial		
TARRO Nº	Nro.	333	336	272	333	336	251	333	336	250
TARRO+SUELO HÚM.	gr	616.1	643.2	720.3	616.1	643.2	690.1	616.1	643.2	798.0
TARRO+SUELO SECO	gr	515.1	537.4	577.9	515.1	537.4	553.0	515.1	537.4	635.6
PESO DEL TARRO	gr	128.00	133.35	81.00	128.00	133.35	84.15	128.00	133.35	96.54
% DE HUMEDAD	%	26.09	26.18	28.66	26.09	26.18	29.24	26.09	26.18	30.13
HUMEDAD	%	26.14		28.66	26.14		29.24	26.14		30.13
ABSORCIÓN	%	2.52			3.10			3.99		

EXPANSIÓN											
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN			DIAL	EXPANSIÓN			DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%			mm	%			mm	%
0	0.00	127.00	0.00%		0.00	127.00	0.00%		0.00	127.00	0.00%
4	0.02	127.02	0.02%		0.02	127.02	0.02%		0.02	127.02	0.02%

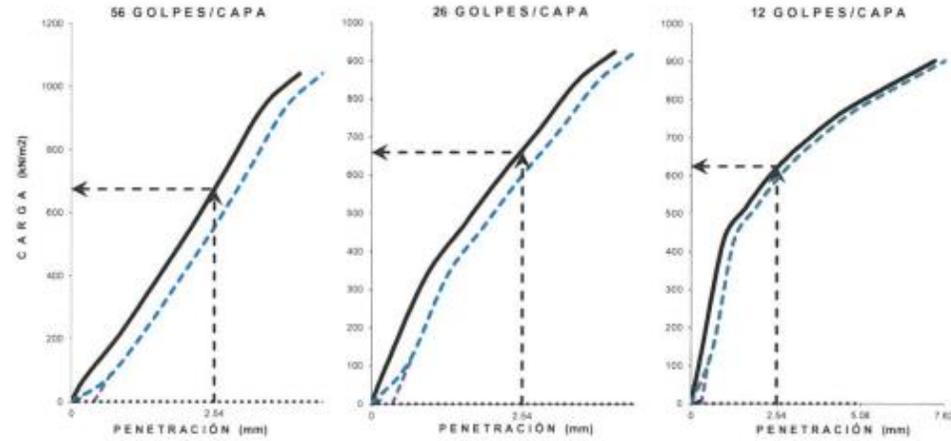
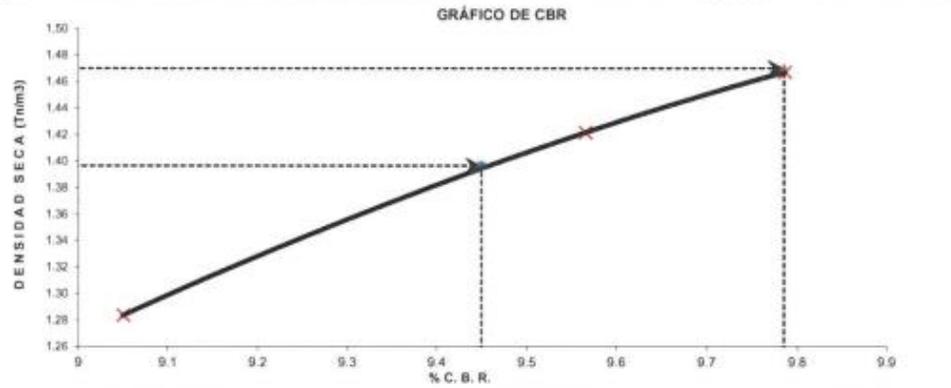
PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN (mm) (plg)		Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
			Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025		0.14	0.14	0.07	0.21	0.21	0.11	0.27	0.27	0.14
1.270	0.050		0.42	0.42	0.21	0.65	0.65	0.33	0.83	0.83	0.43
1.900	0.075		0.74	0.74	0.38	0.90	0.90	0.47	0.99	0.99	0.51
2.540	0.100	6.9	1.07	1.07	0.55	1.16	1.16	0.60	1.14	1.14	0.59
3.170	0.125		1.44	1.44	0.74	1.39	1.39	0.72	1.26	1.26	0.65
3.810	0.150		1.81	1.81	0.94	1.64	1.64	0.85	1.35	1.35	0.70
4.445	0.175		2.02	2.02	1.04	1.79	1.79	0.92	1.44	1.44	0.74
5.080	0.200	10.35	2.02	2.02	1.04	1.82	1.82	0.94	1.51	1.51	0.78
7.620	0.300		2.02	2.02	1.04	1.94	1.94	1.00	1.75	1.75	0.80

 <b>CASAGRANDE</b> <small>GEOTECNIA Y CONCRETO</small>	<b>CBR DE SUELOS - LABORATORIO</b> <b>(MTC E 132)</b>	
Pagina 2 de 2		

**Proyecto :** "INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE AGAVE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO PARA LA SUBRASANTE DE LA TROCHA CARROZABLE CHIQUINTIRCA - CAJADELA, AYACUCHO 2022"  
**Trazabilidad :** INFORME 001-2023/CG-CON-23-O-001      **Región/Provinc. :** AYACUCHO / LA MAR  
**Solicitante :** ARCE LLACTAHUAMAN, PATRICIA KATHERINY      **Distrito :** ANCO  
**Exploración :** CALICATA 01 - KM 3+000      **Lugar :** CHIQUINTIRCA - CAJADELA  
**Estrato/Nivel :** CON FIBRA DE AGAVE (6.0% MDS)      **Fecha :** ENERO DEL 2023

DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS :	CL	ARCILLA LIGERA ARENOSA	AASHTO : A-6 (B)
Máxima Densidad Seca MDS (tn/m3) :	1.47	Óptimo Contenido de Humedad OCH % =	26.30
% Grava =	11.2	% Arena =	25.6
		% Finos =	63.2
		LL % =	39.0%
		LP % =	24.2%
Expansión % =	0.03%	Embebido (días) =	4.0
		IP % =	14.8%

RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1' DE PENETRACIÓN)		
CBR AL 100% DE MDS (0.1') = 9.8	CBR AL 95% DE LA MDS (0.1') = 9.5	CBR AL 90% MDS = -.-




**CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.**  
 DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 285733  
 ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO

**Anexo 5: Certificados de calibración**

## CERTIFICADOS DE CALIBRACION - 2022 al 2023

ENSAYOS REALIZADOS	EQUIPOS EMPLEADOS
1. ANALISIS GRANUMETRICO POR TAMIZADO	BALANZA 8200 gr.
	HORNO 720 lt - 250°C
2. LIMITES DE CONSISTENCIA	CAZUELA CASA GRANDE
	BALANZA 2000 gr.
	HORNO 300 lt - 250°C
3. HUMEDAD NATURAL	BALANZA 4200 gr.
	HORNO 300 lt - 250°C
4. GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO	BALANZA 4200 gr.
	HORNO 300 lt - 250°C
5. PROCTOR MODIFICADO	BALANZA 30 000 gr.
	PIE DE REY 300 mm.
	HORNO 720 lt - 250°C
6. CBR SUELOS EN LABORATORIO	BALANZA 30 000 gr.
	HORNO 720 lt - 250°C
	MAQUINA COMPRESION 50 000 N
7. COMPRESION SIMPLE	BALANZA 4200 gr.
	PIE DE REY 300 mm
	MAQUINA COMPRESION 1 000 KN



## CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN N° 071-2022 GLW

Página 1 de 1

FECHA DE EMISIÓN : 2022-03-27

1. SOLICITANTE : CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC

DIRECCIÓN : Jr. Quinua 570 AYACUCHO – HUAMANGA – AYACUCHO

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : CAZUELA CASAGRANDE MANUAL

MARCA	: NO PRESENTA	PROCEDENCIA	: NO PRESENTA
MODELO	: NO PRESENTA	IDENTIFICACIÓN	: (*) 0108
NÚMERO DE SERIE	: NO PRESENTA	TIPO	: MANUAL
ALCANCE DE	: 0 a 999 VUELTAS	UBICACIÓN	: LABORATORIO
DIV. DE ESCALA	: 1 VUELTAS		
FECHA DE INSPECCIÓN	: 2022-03-19		

3. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN

Procedimiento de calibración Comparación directa con patrones calibrados.

4. LUGAR DE INSPECCIÓN

La verificación se realizó en el LAB. DE MASA Y LONGITUD DE **G&L LABORATORIO S.A.C.**  
AV. MIRAFLORES MZ. E LT. 60 URB. SANTA ELISA II ETAPA LOS OLIVOS – LIMA

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura °C	23.2	23.4
Humedad Relativa %HR	69	69

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de inspección documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

7. OBSERVACIONES

(\*) Serie indicado en una etiqueta adherida al equipo.  
El equipo cumple con la norma INV E125-07 / ASTM D 4318 / NTC 4630

8. RESULTADOS

CARACTERISTICAS	VALOR	UNIDAD
Peso de la copa y el soporte	205,00	g
Espesor de la copa	2,03	mm
Profundidad de la copa	26,89	mm
Altura de la base	50,17	mm
Ancho de la base	124,63	mm
Longitud de la base	150,55	mm

Téc. **Gilmer Antonio Huaman Poquioma.**  
Responsable del Laboratorio de Metrología.

**G & L LABORATORIO S.A.C**

TRAZABILIDAD: G&L LABORATORIO S.A.C. Asegura y mantiene la trazabilidad de los patrones empleados en esta inspección

(\*) Este certificado de inspección expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y a las condiciones en que se realizaron.

CASAGRANDE CONSULTORIA Y  
CONSTRUCCION S.A.C.

DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 285731  
MASAS GEOTECNIA Y METROLOGIA



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Página 1 de 3

N° de Certificado : 0461-MPES-C-2022  
N° de Orden de trabajo : 0157  
**1. SOLICITANTE : CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC**  
DIRECCIÓN : Jr. Quinua 570 Ayacucho - Huamanga - Ayacucho  
**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA**  
MARCA : OHAUS  
MODELO : NV622ZH  
NÚMERO DE SERIE : 8341485945  
ALCANCE DE INDICACIÓN : 620 g  
DIVISIÓN DE ESCALA REAL (d) : 0,01 g  
DIVISIÓN DE ESCALA DE VERIFICACIÓN (e) : 0,1 g  
PROCEDENCIA : CHINA  
IDENTIFICACIÓN : BLZ-016 (\*)  
TIPO DE INDICACIÓN : ELECTRÓNICA  
UBICACIÓN : LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES  
FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-03-20

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura  $k=2$ . Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza aproximado del 95 % determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición".

Los resultados sólo están relacionados con los ítems calibrados y son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PESATEC PERU S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

### 3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones, según:

Procedimiento para la Calibración de instrumento de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (PC - 001 del INACAL, Primera Edición - Mayo 2019.

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

Av. Condevilla 1269 - Callao

 **CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.**  
  
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO

Sello



Fecha de Emisión



SANDRA  
ESPERANZA JURUPE  
MELGAREJO  
2021.05.04 16:47:  
36-05'00"  
2022-03-28

Autorizado por



Sandra Jurupe Melgarejo  
Gerente Técnico

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0461-MPES-C-2022**

Página 2 de 3

**5. CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inicial	Final
Temperatura	20,4 °C	19,9 °C
Humedad Relativa	69,8 %	61,9 %

**6. TRAZABILIDAD**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Identificación	Certificado de calibración
Patrones de referencia de INACAL-DM	Pesas (Clase de exactitud E2)	ZT-25	LM - C - 192 - 2020

**7. OBSERVACIONES**

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta con la indicación de "CALIBRADO".

(\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento

**8. RESULTADOS DE MEDICIÓN**

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

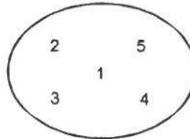
Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial			Final		
	20,4 °C			20,9 °C		
	Carga L1= 300,00 g			Carga L2= 600,00 g		
	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)
1	300,00	5	0	600,00	13	-8
2	300,01	6	9	600,00	12	-7
3	300,00	5	0	599,99	13	-18
4	300,00	6	-1	600,00	12	-7
5	300,00	6	-1	600,00	12	-7
6	300,00	6	-1	600,00	12	-7
7	300,00	5	0	600,00	13	-8
8	300,01	7	8	599,99	11	-16
9	300,01	7	8	600,00	13	-8
10	300,00	6	-1	600,00	13	-8
Diferencia Máxima	10			11		
Error máximo permitido	± 300 mg			± 300 mg		



CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.  
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0461-MPES-C-2022**

Página 3 de 3



Vista Frontal

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>s</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l(g)	ΔL(mg)	E <sub>o</sub> (mg)	Carga (g)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)
1	0,10	0,10	14	-9	200,00	200,01	12	3	12
2		0,11	15	0		200,01	7	8	8
3		0,10	14	-9		200,01	16	-1	8
4		0,11	12	3		199,99	12	-17	-20
5		0,11	12	3		199,99	7	-12	-15

Temp. (°C) Inicial: 20,5 °C Final: 20,0 °C

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 200 mg

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)	
0,10	0,10	10	-5						
0,20	0,21	15	0	5	0,20	7	-2	3	100
2,00	2,01	14	1	6	2,00	12	-7	-2	100
10,00	10,02	16	9	14	10,00	7	-2	3	100
50,00	50,02	12	13	18	50,00	12	-7	-2	100
100,00	100,02	12	13	18	99,99	7	-12	-7	200
150,00	150,02	11	14	19	150,00	15	-10	-5	200
200,00	200,02	10	15	20	200,00	7	-2	3	200
400,00	400,02	10	15	20	400,01	14	1	6	300
600,00	600,01	12	3	8	600,01	14	1	6	300
620,00	620,01	10	5	10	620,01	10	5	10	300

Temp. (°C) Inicial: 20,1 °C Final: 19,9 °C

(\*\*) error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,000056 \times R$$

$$U_R = 2\sqrt{0,000088 \text{ g}^2 + 0,000000029 \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error encontrado    E<sub>c</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

Fin del certificado de calibración

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.  
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO



## Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

**M-22933-002 R0**

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

Page / Pág 1 de 4

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	NO PRESENTA
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	ING - 021
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	No Presenta
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	BLZ - 003
<b>Carga Máxima</b> <i>Maximum load</i>	2000 g
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	Jr. Quinoa 570
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	HUAMANGA - AYACUCHO
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2022 - 03 - 23
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2022 - 03 - 29

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

*The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.*

*This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).*

*The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.*

**Número de páginas del certificado, incluyendo anexos**

*Number of pages of the certificate and documents attached*

04

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR S.A.S no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

*Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.*

**Firmas que Autorizan el Certificado**

*Signatures Authorizing the Certificate*

**Ing. Sergio Iván Martínez**  
*Director Laboratorio de Metrología*

**Tecg. Francisco Durán Romero**  
*Metrólogo Laboratorio de Metrología*



## DATOS TÉCNICOS

<b>Método Empleado</b>	Comparación Directa
<b>Número de Serie</b>	No Presenta
<b>Identificación Interna</b>	BLZ - 003
<b>Resolución</b>	0,01 g
<b>Intervalo Calibrado</b>	1 g a 2000 g
<b>Instrumentos de Referencia</b>	Pesas cilíndricas
<b>Clase de exactitud</b>	F1
<b>Certificado No.</b>	M-20845-002 PINZUAR /CAP-401-20 WR Laboratorios

**Documento de Referencia** Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

## RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Antes de proceder con la toma de datos se realizó una inspección breve donde se determinó que la instalación (ubicación en el cuarto, nivelación, fuente de corriente y/o batería, entre otros) es adecuada para ejecutar la calibración, también se realizó una verificación de funcionamiento realizando una precarga con el fin de comprobar el buen funcionamiento del instrumento. Posterior a esto se llevaron a cabo las pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad y excentricidad siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Numerales 4,5,6,7; Apéndices A,B,C,D,E y F.

En la tabla 1 se encuentra el resultado obtenido para el ensayo de errores de exactitud que permite evaluar la exactitud del instrumento, se encuentran los errores calculados de la diferencia entre la indicación del instrumento y la carga aplicada.

**Tabla 1.**  
Resultados del ensayo de exactitud

Carga g	Indicación Ascendente g	Indicación Descendente g	Error Ascendente g	Error Descendente g	Incertidumbre Expandida ±g	k <sup>1</sup> , p=95,45%
1,000	1,00	1,00	0,000	0,000	0,028	2,25
2,000	2,00	2,00	0,000	0,000	0,028	2,25
5,000	5,00	5,00	0,000	0,000	0,028	2,25
10,000	10,00	10,00	0,000	0,000	0,028	2,25
50,000	49,98	49,98	- 0,020	- 0,020	0,028	2,25
100,000	99,98	99,97	- 0,020	- 0,030	0,028	2,25
500,000	500,02	500,01	0,020	0,010	0,031	2,11
1 000,000	1 000,01	1 000,01	0,010	0,010	0,042	2,03
1 500,000	1 500,02	1 500,02	0,020	0,020	0,056	2,02
1 999,997	2 000,16	2 000,15	0,163	0,153	0,071	2,01

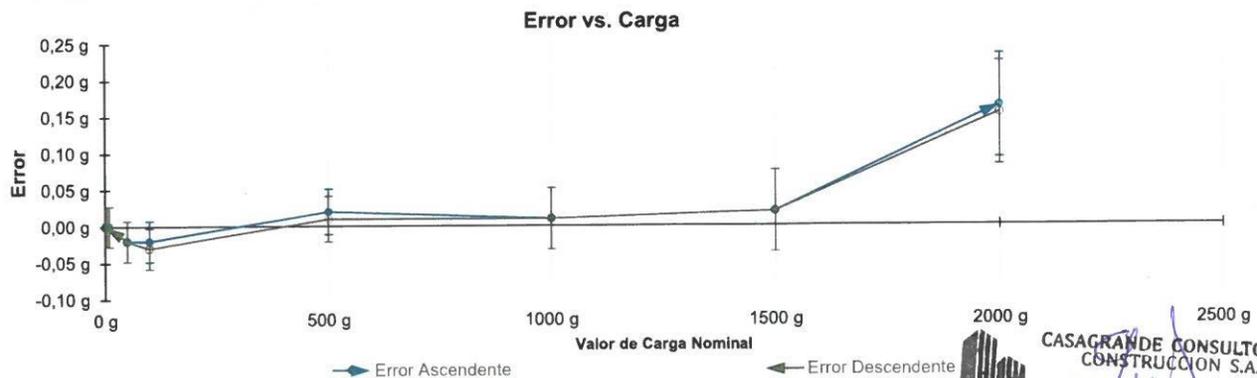


Figura 1. Gráfica para el ensayo de error de indicación.

<sup>1</sup> Factor de cobertura



**PINZUAR**  
LABORATORIO DE METROLOGÍA



ISO/IEC 17025:2017  
11-LAC-004

**M-22933-002 RO**

Page / Pág. 3 de 4

### RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)

A continuación, en la Tabla 2 se encuentran los resultados para el ensayo de excentricidad de carga que permite evaluar el comportamiento del equipo al aplicar cargas en un lugar diferente al centro del receptor de carga como se muestra en la Figura 2.

**Tabla 2.**

Resultados prueba de excentricidad y la máxima diferencia.

Valor Nominal de la Carga 700 g		
Posición	Indicación del Instrumento	Diferencia Respecto al Centro
----	g	g
1	699,97	----
2	699,97	0,00
3	699,93	-0,04
4	699,93	-0,04
5	699,99	0,02
<b>Diferencia máxima respecto al centro</b>		<b>0,04</b>

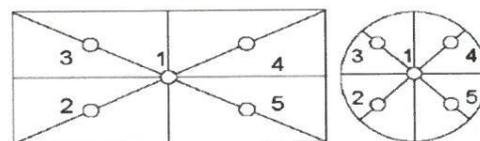


Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad.

Por último, en la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo de repetibilidad que permite identificar la variación de la indicación del instrumento de pesaje no automático al colocar una misma carga bajo condiciones idénticas de manejo y bajo condiciones de ensayo constantes.

**Tabla 3.**

Resultados prueba de repetibilidad y la desviación estándar calculada para cada carga.

Cantidad de Repeticiones	Valor Nominal de las Cargas	
	1000 g	2000 g
	Indicación del Instrumento	Indicación del Instrumento
1	1000,02	2000,16
2	1000,00	2000,16
3	999,99	2000,14
4	1000,01	2000,16
5	1000,00	2000,17
6	1000,03	2000,16
7	1000,01	2000,17
8	1000,02	2000,16
9	1000,01	2000,16
10	1000,01	2000,15
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0,011 5 g</b>	<b>0,008 8 g</b>

CASAGRANDE CONSULTOR  
CONSTRUCCION S.A.C.  
DAVID DE JESUS GUERRA AVALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO

### CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura Máxima: 18,0 °C  
Humedad Máxima: 50 % HR  
Presión Barométrica Máxima: 1000,1 hPa

Temperatura Mínima: 17,0 °C  
Humedad Mínima: 49 % HR  
Presión Barométrica Mínima: 1000,0 hPa



## INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor.

## INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura  $R$ , y también obtener su incertidumbre expandida  $U_R$ .

La ecuación para la corrección de la lectura, donde  $R$  es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reportan los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$$R_{\text{corregida}} = R - E_{\text{aprox}} \quad E_{\text{aprox}} = 3,58 E-05 \cdot R$$

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar,

$$u^2(W) = 1,50 E-04 + 5,42 E-08 R^2$$

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$$U_R = k \cdot u(W)$$

Se puede tomar el valor  $k = 2$ , que corresponde a una probabilidad aproximada del 95 % y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de  $k$  en el documento Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesaje de Funcionamiento No Automático.

## TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



## OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal
2. Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de las condiciones evidenciadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las al que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
3. Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
4. Se adjunta la estampilla de calibración No. **M-22933-002**

Fin del Certificado

LM-PC-24-F-01 R7.0

CASAGRANDE CONSULTORIA Y  
CONSTRUCCION S.A.C.  
DAVID DE JESÚS GUERRA AVALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Página 1 de 3

N° de Certificado : 0462-MPES-C-2022

N° de Orden de trabajo : 0157

**1. SOLICITANTE** : **CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC**

DIRECCIÓN : Jr. Quinua 570 Ayacucho - Huamanga - Ayacucho

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : **BALANZA**

MARCA : OHAUS

MODELO : PC4202E

NÚMERO DE SERIE : B830176178

ALCANCE DE INDICACIÓN : 4200 g

DIVISIÓN DE ESCALA REAL (d) : 0,01 g

DIVISIÓN DE ESCALA DE VERIFICACIÓN (e) : 0,1 g

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : BLZ-018 (\*)

TIPO DE INDICACIÓN : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-03-21

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura  $k=2$ . Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza aproximado del 95 % determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición".

Los resultados sólo están relacionados con los items calibrados y son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PESATEC PERU S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

### 3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones, según:  
Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II (PC - 011 del SNM-INDECOPI, 4ta edición abril 2010).

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

Av. Condevilla 1269 - Callao

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.

DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 285731

Sello



Fecha de Emisión



SANDRA  
ESPERANZA JURUPE  
MELGAREJO  
2021.05.04 16:47:  
59-05'00"  
2022-03-28

Autorizado por ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO



Sandra Jurupe Melgarejo  
Gerente Técnico

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0462-MPES-C-2022**

Página 2 de 3

**5. CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inicial	Final
Temperatura	20,8 °C	20,0 °C
Humedad Relativa	69,3 %	67,2 %

**6. TRAZABILIDAD**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Identificación	Certificado de calibración
Patrones de referencia de INACAL-DM	Pesas (Clase de exactitud E2)	ZT-25	LM - C - 192 - 2020

**7. OBSERVACIONES**

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta con la indicación de "CALIBRADO".

(\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento

**8. RESULTADOS DE MEDICIÓN**

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

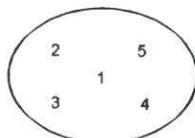
**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial 20,8 °C			Final 20,5 °C		
	Carga L1= 2 000,00 g			Carga L2= 4 000,00 g		
	I(g)	ΔL(mg)	E(mg)	I(g)	ΔL(mg)	E(mg)
1	2 000,00	9	-4	4 000,00	11	-6
2	2 000,01	10	5	4 000,00	12	-7
3	2 000,00	9	-4	4 000,00	12	-7
4	2 000,00	9	-4	4 000,00	12	-7
5	2 000,00	10	-5	4 000,00	12	-7
6	2 000,00	10	-5	4 000,00	11	-6
7	2 000,00	10	-5	4 000,00	11	-6
8	2 000,01	9	6	4 000,00	12	-7
9	2 000,00	9	-4	4 000,00	12	-7
10	2 000,00	10	-5	4 000,00	12	-7
Diferencia Máxima	11			1		
Error máximo permitido	± 200 mg			± 300 mg		

CASAGRANDE CONSULTORIA Y  
CONSTRUCCION S.A.C.  
  
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0462-MPES-C-2022**

Página 3 de 3



Vista Frontal

**ENSAYO DE EXCENRICIDAD**

Temp. (°C) Inicial Final  
19,7 °C 20,2 °C

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l(g)	ΔL(mg)	E <sub>0</sub> (mg)	Carga (g)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)
1	0,20	0,20	8	-3	1 500,00	1 499,99	10	-15	-12
2		0,19	12	-17		1 499,99	7	-12	5
3		0,20	9	-4		1 500,00	5	0	4
4		0,19	5	-10		1 499,99	10	-15	-5
5		0,19	7	-12		1 500,00	7	-2	10

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 200 mg

**ENSAYO DE PESAJE**

Temp. (°C) Inicial Final  
20,3 °C 20,0 °C

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**) ±(mg)
	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)	
0,20	0,20	7	-2						
0,50	0,50	8	-3	-1	0,49	5	-10	-8	100
100,00	99,99	2	-7	-5	99,99	7	-12	-10	100
200,00	200,00	5	0	2	199,99	6	-11	-9	100
500,00	500,01	5	10	12	500,00	9	-4	-2	100
1 000,00	1 000,01	9	6	8	999,99	6	-11	-9	200
1 500,00	1 500,00	8	-3	-1	1 499,99	8	-13	-11	200
2 000,00	2 000,00	7	-2	0	1 999,97	5	-30	-28	200
3 000,00	3 000,00	9	-4	-2	2 999,97	9	-34	-32	300
4 000,00	3 999,96	4	-39	-37	3 999,95	9	-54	-52	300
4 200,00	4 199,94	7	-62	-60	4 199,94	7	-62	-60	300

(\*\*) error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,0000041 \times R$$

$$U_R = 2\sqrt{0,00011 \text{ g}^2 + 0,0000000016 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error encontrado    E<sub>0</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

Fin del certificado de calibración

CASA GRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.  
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Página 1 de 3

N° de Certificado : 0463-MPES-C-2022  
N° de Orden de trabajo : 0157  
**1. SOLICITANTE** : **CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC**  
DIRECCIÓN : Jr. Quinua 570 Ayacucho - Huamanga - Ayacucho  
**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : **BALANZA**  
MARCA : OHAUS  
MODELO : AX8201/E  
NÚMERO DE SERIE : B904149789  
ALCANCE DE INDICACIÓN : 8200 g  
DIVISIÓN DE ESCALA REAL (d) : 0,1 g  
DIVISIÓN DE ESCALA DE VERIFICACIÓN (e) : 1 g  
PROCEDENCIA : CHINA  
IDENTIFICACIÓN : BLZ-019 (\*)  
TIPO DE INDICACIÓN : ELECTRÓNICA  
UBICACIÓN : LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES  
FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-03-21

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura  $k=2$ . Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza aproximado del 95 % determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición".

Los resultados sólo están relacionados con los items calibrados y son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PESATEC PERU S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

### 3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones, según:  
Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II (PC - 011 del SNM-INDECOP, 4ta edición abril 2010).

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

Av. Condevilla 1269 - Callao



Sello



Fecha de Emisión

SANDRA  
ESPERANZA JURUPE  
MELGAREJO  
2021.05.04 16:48:  
19-05'00'  
2022-03-28

Autorizado por

Sandra Jurupe Melgarejo  
Gerente Técnico

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.  
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0463-MPES-C-2022**

Página 2 de 3

**5. CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inicial	Final
Temperatura	20,6 °C	20,4 °C
Humedad Relativa	60,6 %	69,5 %

**6. TRAZABILIDAD**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Identificación	Certificado de calibración
Patrones de referencia de INACAL-DM	Pesas (Clase de exactitud E2)	ZT-25	LM - C - 192 - 2020

**7. OBSERVACIONES**

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta con la indicación de "CALIBRADO".

(\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento

**8. RESULTADOS DE MEDICIÓN**

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

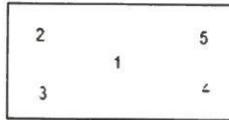
**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial			Final		
	20,6 °C			19,7 °C		
	Carga L1= 4 000,0 g			Carga L2= 8 000,0 g		
	I(g)	ΔL(mg)	E(mg)	I(g)	ΔL(mg)	E(mg)
1	4 000,1	70	80	8 000,1	50	100
2	4 000,0	70	-20	8 000,2	60	190
3	4 000,1	60	90	8 000,1	50	100
4	4 000,0	60	-10	8 000,1	60	90
5	4 000,0	60	-10	8 000,1	60	90
6	4 000,1	80	70	8 000,1	70	80
7	4 000,1	70	80	8 000,1	60	90
8	4 000,1	70	80	8 000,1	60	90
9	4 000,0	60	-10	8 000,2	70	180
10	4 000,0	60	-10	8 000,1	50	100
Diferencia Máxima	110			110		
Error máximo permitido ±	1 000 mg			± 2 000 mg		


**CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.**  
 DAVID DE JESÚS GUERRA AYALA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 285731  
 ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0463-MPES-C-2022**

Página 3 de 3



Vista Frontal

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l(g)	ΔL(mg)	E <sub>0</sub> (mg)	Carga (g)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)
1	2,0	2,0	60	-10	3 000,0	3 000,0	50	0	10
2		2,0	80	-30		3 000,0	70	-20	10
3		2,0	90	-40		3 000,0	70	-20	20
4		2,0	80	-30		3 000,1	50	100	130
5		2,0	80	-30		3 000,1	70	80	110

Temp. (°C) Inicial: 19,7 °C Final: 20,8 °C

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 1 000 mg

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)	
2,0	2,0	70	-20						
5,0	5,0	70	-20	0	4,9	30	-80	-60	1 000
100,0	100,0	70	-20	0	100,0	80	-30	-10	1 000
200,0	200,0	80	-30	-10	200,0	70	-20	0	1 000
500,0	500,0	60	-10	10	499,9	80	-130	-110	1 000
1 000,0	1 000,0	50	0	20	999,9	70	-120	-100	1 000
1 500,0	1 500,0	40	10	30	1 499,9	80	-130	-110	1 000
2 000,0	2 000,0	20	30	50	1 999,9	70	-120	-100	1 000
4 000,0	4 000,1	40	110	130	3 999,9	80	-130	-110	1 000
6 000,0	6 000,2	50	200	220	5 999,9	20	-70	-50	2 000
8 200,0	8 200,3	40	310	330	8 200,3	40	310	330	2 000

Temp. (°C) Inicial: 19,9 °C Final: 20,4 °C

(\*\*) error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,000036 \times R$$

$$U_R = 2\sqrt{0,011 \text{ g}^2 + 0,0000000033 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error encontrado    E<sub>0</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

Fin del certificado de calibración

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.  
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO



## Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

**M-22933-005 R0**

Page / Pág 1 de 4

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	OHAUS
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	R31P30
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	83374290343
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	BLZ - 008
<b>Carga Máxima</b> <i>Maximum load</i>	30000 g
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	Jr. Quinoa 570
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	JULIACA - PUNO
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2022 - 03 - 22
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2022 - 03 - 29

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

*The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.*

*This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).*

*The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.*

### Número de páginas del certificado, incluyendo anexos

Number of pages of the certificate and documents attached

04

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR S.A.S no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

### Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

Ing. Sergio Iván Martínez  
Director Laboratorio de Metrología

Tecg. Francisco Durán Romero  
Metrólogo Laboratorio de Metrología



## DATOS TÉCNICOS

<b>Método Empleado</b>	Comparación Directa
<b>Número de Serie</b>	83374290343
<b>Identificación Interna</b>	BLZ - 008
<b>Resolución</b>	1 g
<b>Intervalo Calibrado</b>	1 g a 30000 g
<b>Instrumentos de Referencia</b>	Pesas cilíndricas
<b>Clase de exactitud</b>	F1 y F1
<b>Certificado No.</b>	M-4689 Unión Metroológica / M-20632-001 PINZUAR / M-20845-002 PINZUAR /CAP-401-20 WR Laboratorios
<b>Documento de Referencia</b>	Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

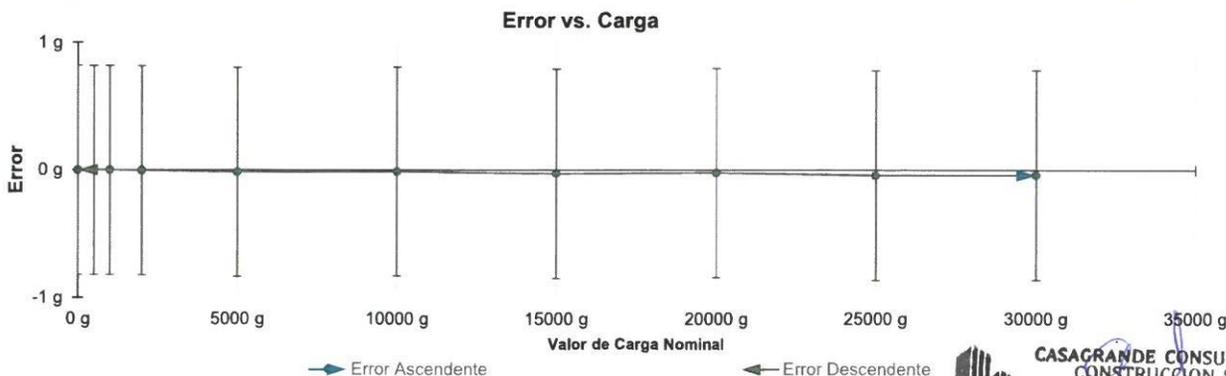
## RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Antes de proceder con la toma de datos se realizó una inspección breve donde se determinó que la instalación (ubicación en el cuarto, nivelación, fuente de corriente y/o batería, entre otros) es adecuada para ejecutar la calibración, también se realizó una verificación de funcionamiento realizando una precarga con el fin de comprobar el buen funcionamiento del instrumento. Posterior a esto se llevaron a cabo las pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad y excentricidad siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Numerales 4,5,6,7; Apéndices A,B,C,D,E y F.

En la tabla 1 se encuentra el resultado obtenido para el ensayo de errores de exactitud que permite evaluar la exactitud del instrumento, se encuentran los errores calculados de la diferencia entre la indicación del instrumento y la carga aplicada.

**Tabla 1.**  
Resultados del ensayo de exactitud

Carga g	Indicación Ascendente g	Indicación Descendente g	Error Ascendente g	Error Descendente g	Incertidumbre Expandida ±g	k <sup>1</sup> , p=95,45% -----
1,00	1	1	0,00	0,00	0,82	2,01
500,00	500	500	0,00	0,00	0,82	2,01
1 000,00	1 000	1 000	0,00	0,00	0,82	2,01
2 000,00	2 000	2 000	0,00	0,00	0,82	2,01
5 000,02	5 000	5 000	- 0,02	- 0,02	0,82	2,01
10 000,01	10 000	10 000	- 0,01	- 0,01	0,82	2,01
15 000,03	15 000	15 000	- 0,03	- 0,03	0,82	2,01
20 000,02	20 000	20 000	- 0,02	- 0,02	0,82	2,01
25 000,04	25 000	25 000	- 0,04	- 0,04	0,82	2,01
30 000,04	30 000	30 000	- 0,04	- 0,04	0,82	2,01



<sup>1</sup> Factor de cobertura  
LM-PC-24-F-01 R7.0

CASAGRANDE CONSULTORIA Y  
CONSTRUCCION S.A.C.  
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO



**PINZUAR**  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

ACREDITADO  
**ONAC**  
ORGANISMO NACIONAL DE  
ACREDITACIÓN DE COLOMBIA

ISO/IEC 17025:2017  
11-LAC-004

**M-22933-005 RO**

Page / Pág. 3 de 4

### RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)

A continuación, en la Tabla 2 se encuentran los resultados para el ensayo de excentricidad de carga que permite evaluar el comportamiento del equipo al aplicar cargas en un lugar diferente al centro del receptor de carga como se muestra en la Figura 2.

**Tabla 2.**

Resultados prueba de excentricidad y la máxima diferencia.

Valor Nominal de la Carga 10000 g		
Posición	Indicación del Instrumento	Diferencia Respecto al Centro
—	g	g
1	10 000	-----
2	10 000	0
3	10 000	0
4	10 000	0
5	10 000	0
<b>Diferencia máxima respecto al centro</b>		<b>0</b>

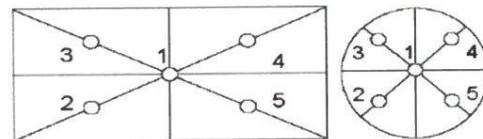


Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad.

Por último, en la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo de repetibilidad que permite identificar la variación de la indicación del instrumento de pesaje no automático al colocar una misma carga bajo condiciones idénticas de manejo y bajo condiciones de ensayo constantes.

**Tabla 3.**

Resultados prueba de repetibilidad y la desviación estándar calculada para cada carga.

Cantidad de Repeticiones	Valor Nominal de las Cargas	
	15000 g	30000 g
	Indicación del Instrumento	Indicación del Instrumento
1	15 000	30 000
2	15 000	30 000
3	15 000	30 000
4	15 000	30 000
5	15 000	30 000
6	15 000	30 000
7	15 000	30 000
8	15 000	30 000
9	15 000	30 000
10	15 000	30 000
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0,00 g</b>	<b>0,00 g</b>



CASAGRANDE CONSULTING  
CONSTRUCCION S.A.

DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP No 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRET

### CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura Máxima: 20,5 °C  
Humedad Máxima: 47 % HR  
Presión Barométrica Máxima: 1000,1 hPa

Temperatura Mínima: 20,1 °C  
Humedad Mínima: 46 % HR  
Presión Barométrica Mínima: 1000,0 hPa



## INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor.

## INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura  $R$ , y también obtener su incertidumbre expandida  $U_R$ .

La ecuación para la corrección de la lectura, donde  $R$  es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reportan los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$$R_{\text{corregida}} = R - E_{\text{aprox}} \quad E_{\text{aprox}} = -1,37 E-06 \cdot R$$

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar,

$$u^2(W) = 1,67 E-01 + 6,58 E-12 R^2$$

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$$U_R = k \cdot u(W)$$

Se puede tomar el valor  $k = 2$ , que corresponde a una probabilidad aproximada del 95% y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de  $k$  en el documento Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesaje de Funcionamiento No Automático.

## TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



## OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal
2. Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de las condiciones evidenciadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las al que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
3. Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
4. Se adjunta la estampilla de calibración No. **M-22933-005**

Fin del Certificado

LM-PC-24-F-01 R7.0

CASAGRANDE CONSULTORIA Y  
CONSTRUCCION S.A.C.  
  
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO



## Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura

Calibration Certificate - Temperature Laboratory

**T-22933-018 R0**

Page / Pág 1 de 4

**Equipo** HORNO ELÉCTRICO

Instrument

**Fabricante** PINZUAR

Manufacturer

**Modelo** PG-2004

Model

**Número de Serie** 119

Serial Number

**Identificación Interna** HRN-002

Internal Identification

**Intervalo de Medición** 40 °C a 250 °C

Measurement Range

**Solicitante** CASAGRANDE CONSULTORIA Y  
CONSTRUCCION SAC

Customer

**Dirección** Jr. Quinoa 570

**Ciudad** HUAMANGA - AYACUCHO

City

**Fecha de Calibración** 2022 - 03 - 22

Date of Calibration

**Fecha de Emisión** 2022 - 03 - 29

Date of Issue

**Número de páginas del certificado, incluyendo anexos** 04

Number of pages of the certificate and documents attached

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

*The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements were made. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.*

*This calibration certificate documents and ensures the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).*

*The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.*

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

*Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.*

### Firmas Autorizadas

Authorized Signatures

**Ing. Sergio Iván Martínez**  
Director Laboratorio de Metrología

**Tecg. Oscar Eduardo Briceño**  
Metrólogo Laboratorio de Metrología

LM-PC-21-F-01 R7.1

CASAGRANDE CONSULTORIA Y  
CONSTRUCCION S.A.C.  
  
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 285733  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO



## DATOS TÉCNICOS

**Método Empleado** Comparación Directa

**Documento de Referencia** DAKKS DKD-R 5 - 7 Kalibrierung von Klimaschränken 1. Neuauflage 2010

**Resolución** 0,01 °C

**Patrón(es) de referencia** Termómetro Digital

**Certificado de Calibración** T-21368-003 R0 de Pinzuar / T-21368-001 R0 de Pinzuar

**Volumen útil** 300 L

## RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Al medio isotermo en referencia se le efectuó una inspección visual y se determinó que estaba en buen estado. Se determinó que el medio presentaba una buena condición para la calibración, luego se procedió a la calibración y caracterización respectiva en los puntos acordados con el cliente ejecutando las pruebas estabilidad temporal y la uniformidad espacial.

Indicación del Patrón °C	Indicación del Equipo °C	Corrección °C	Incertidumbre Expandida °C	$k_{ip}=95,45\%$
60,1	60,0	0,1	1,7	2,0
109,7	110,0	-0,3	2,3	2,0

Tabla 1. Resultados de la calibración



Gráfica 1. Ubicación de los sensores

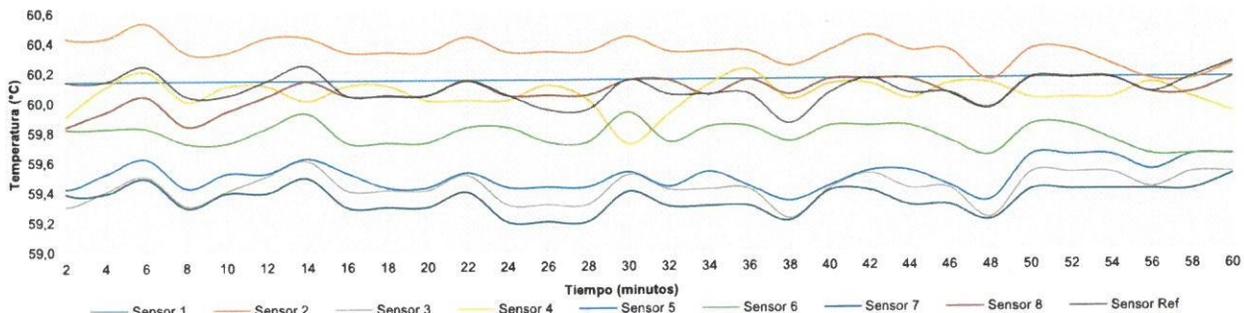
### Resultados de la Caracterización para 60 °C

Set Point <sup>1</sup> °C	Estabilidad del Medio <sup>2</sup> °C	Uniformidad del Medio <sup>3</sup> °C	Efecto de Radiación <sup>4</sup> °C	Efecto de Carga <sup>5</sup> °C
60,00	0,24	0,74	0,22	-----

Tabla 2. Resultados de la caracterización

Sensor 1 °C	Sensor 2 °C	Sensor 3 °C	Sensor 4 °C	Sensor 5 °C	Sensor 6 °C	Sensor 7 °C	Sensor 8 °C	Sensor de Referencia °C
60,14	60,34	59,42	60,03	59,50	59,77	59,35	60,05	60,08

Tabla 3. Valor promedio de los sensores



Gráfica 2. Estabilidad y uniformidad del medio

LM-PC-21-F-01 R7.1

CASAGRANDE CONSULTORIA Y  
CONSTRUCCION S.A.C.  
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO



# PINZUAR

LABORATORIO DE METROLOGÍA



**T-22933-018 RO**

Page / Pág. 3 de 4

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)**

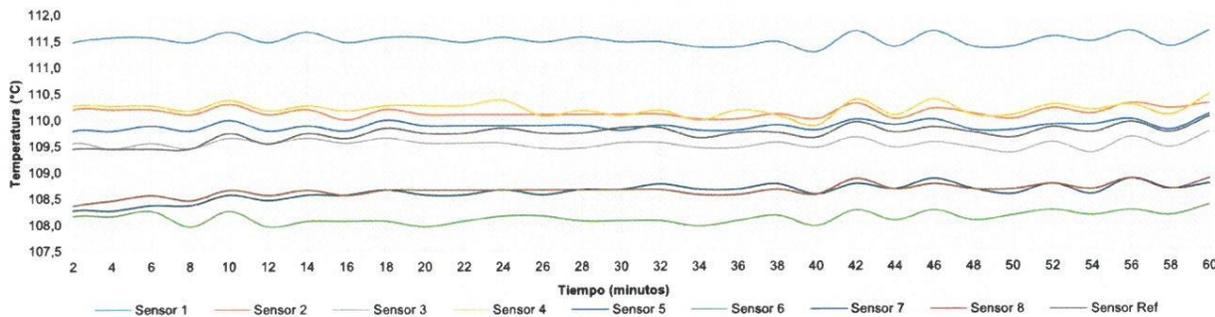
**Resultados de la Caracterización para 110 °C**

Set Point <sup>1</sup> °C	Estabilidad del Medio <sup>2</sup> °C	Uniformidad del Medio <sup>3</sup> °C	Efecto de Radiación <sup>4</sup> °C	Efecto de Carga <sup>5</sup> °C
110,00	0,46	1,79	0,65	-----

Tabla 4. Resultados de la caracterización

Sensor 1 °C	Sensor 2 °C	Sensor 3 °C	Sensor 4 °C	Sensor 5 °C	Sensor 6 °C	Sensor 7 °C	Sensor 8 °C	Sensor de Referencia °C
111,50	110,12	109,52	110,19	109,86	108,11	108,59	108,63	109,71

Tabla 5. Valor promedio de los sensores



Gráfica 3. Estabilidad y uniformidad del medio

LM-PC-21-F-01 R7.1

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.  
  
 DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 285731  
 ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO



**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)**

**Definiciones**

- <sup>1</sup> Valor de temperatura programado en el controlador de equipo.
- <sup>2</sup> Fluctuación de la temperatura determinada por un registro de datos durante un periodo mayor a 30 minutos, después de alcanzado el estado estable en la posición de referencia (centro del volumen útil).
- <sup>3</sup> Diferencia máxima de temperatura en un lugar de medición determinado por los extremos del volumen útil desde la posición de referencia (centro del volumen útil).
- <sup>4</sup> Intercambio de calor por radiación dado por la temperatura ambiente y la pared interna de la cámara que se diferencian a la temperatura del aire. Medida con un termómetro que está protegido contra la influencia de la pared con un escudo de radiación.
- <sup>5</sup> Máxima diferencia de temperatura encontrada por el sensor ubicado en la posición de referencia cuando el volumen útil del equipo está parcialmente ocupado y cuando se encuentra vacío. Prueba ejecutada a petición del cliente.

**CONDICIONES AMBIENTALES**

**Temperatura Máxima** 18,3 °C

**Temperatura Mínima** 18,1 °C

**Humedad Máxima** 45 %HR

**Humedad Mínima** 45 %HR

**INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN**

La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2 Tablas de resultados), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura k y la probabilidad de cobertura aproximadamente al 95 %. Basados en el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

**TRAZABILIDAD**

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



CASAGRANDE CONSULTORIA Y  
CONSTRUCCION-S.A.C.  
  
DAVID JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO

**OBSERVACIONES**

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. Se adjunta la etiqueta de calibración No. T-22933-018

Fin del Documento



## Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura

**T-22933-019 R0**

Calibration Certificate - Temperature Laboratory

Page / Pág 1 de 4

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	HORNO ELÉCTRICO
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	PINZUAR
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	PG-2005
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	102
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	HRN-003
<b>Intervalo de Medición</b> <i>Measurement Range</i>	40 °C a 250 °C
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	Jr. Quinoa 570
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	HUAMANGA - AYACUCHO
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of Calibration</i>	2022 - 03 - 22
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of Issue</i>	2022 - 03 - 29
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	04

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

*The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements were made. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.*

*This calibration certificate documents and ensures the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).*

*The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.*

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

### Firmas Autorizadas

Authorized Signatures

**Ing. Sergio Iván Martínez**  
Director Laboratorio de Metrología

**Tecg. Oscar Eduardo Briceño**  
Metrólogo Laboratorio de Metrología

LM-PC-21-F-01 R7.1

CASAGRANDE CONSULTORIA Y  
CONSTRUCCION S.A.C.  
  
DAVID DE JESÚS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO



## DATOS TÉCNICOS

**Método Empleado** Comparación Directa  
**Documento de Referencia** DAKKS DKD-R 5 - 7 Kalibrierung von Klimaschränken 1. Neuaufgabe 2010  
**Resolución** 0,01 °C  
**Patrón(es) de referencia** Termómetro Digital  
**Certificado de Calibración** T-21368-003 R0 de Pinzuar / T-21368-001 R0 de Pinzuar  
**Volumen útil** 800 L

## RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Al medio isotermo en referencia se le efectuó una inspección visual y se determinó que estaba en buen estado. Se determinó que el medio presentaba una buena condición para la calibración, luego se procedió a la calibración y caracterización respectiva en los puntos acordados con el cliente ejecutando las pruebas estabilidad temporal y la uniformidad espacial.

Indicación del Patrón °C	Indicación del Equipo °C	Corrección °C	Incertidumbre Expandida °C	$k_{p=95,45\%}$
58,8	60,0	-1,2	2,0	2,0
108,3	110,0	-1,7	4,5	2,0

Tabla 1. Resultados de la calibración



Gráfica 1. Ubicación de los sensores

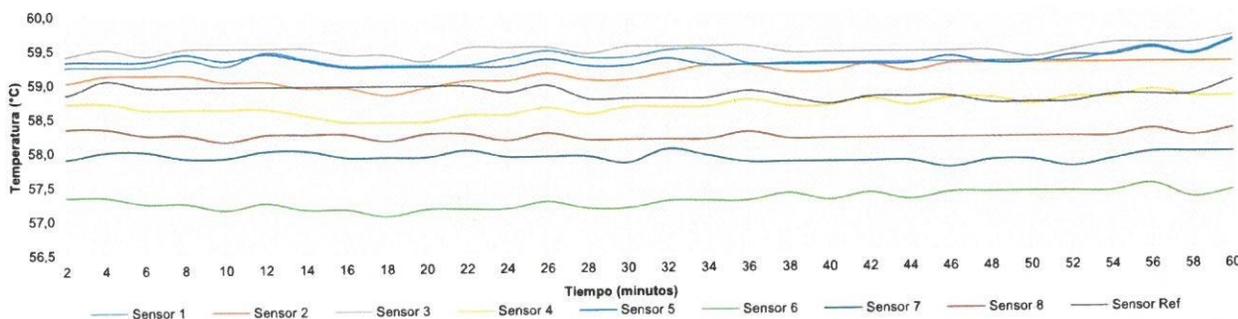
### Resultados de la Caracterización para 60 °C

Set Point <sup>1</sup> °C	Estabilidad del Medio <sup>2</sup> °C	Uniformidad del Medio <sup>3</sup> °C	Efecto de Radiación <sup>4</sup> °C	Efecto de Carga <sup>5</sup> °C
60,00	0,22	1,58	0,58	-----

Tabla 2. Resultados de la caracterización

Sensor 1 °C	Sensor 2 °C	Sensor 3 °C	Sensor 4 °C	Sensor 5 °C	Sensor 6 °C	Sensor 7 °C	Sensor 8 °C	Sensor de Referencia °C
59,31	59,10	59,45	58,63	59,29	57,25	57,88	58,20	58,83

Tabla 3. Valor promedio de los sensores



Gráfica 2. Estabilidad y uniformidad del medio

LM-PC-21-F-01 R7.1

CASAGRANDE CONSULTORIA Y  
CONSTRUCCION S.A.C.  
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO



T-22933-019 R0

Page / Pág. 3 de 4

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)

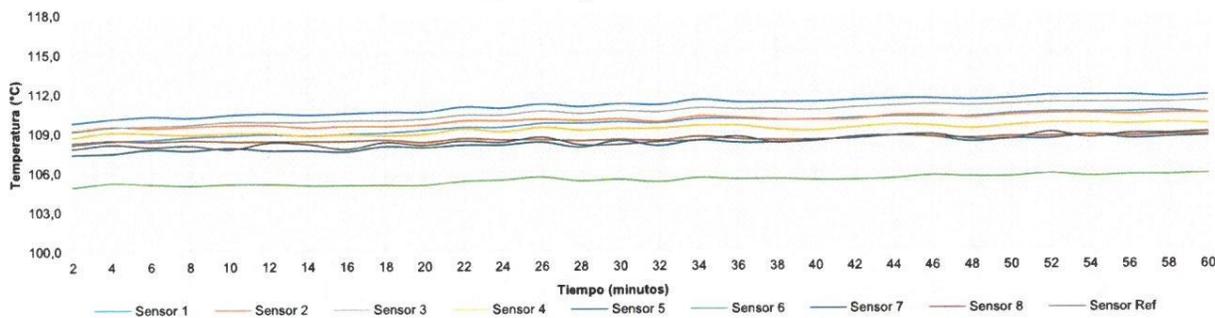
Resultados de la Caracterización para 110 °C

Set Point <sup>1</sup> °C	Estabilidad del Medio <sup>2</sup> °C	Uniformidad del Medio <sup>3</sup> °C	Efecto de Radiación <sup>4</sup> °C	Efecto de Carga <sup>5</sup> °C
110,00	0,54	3,01	2,35	-----

Tabla 4. Resultados de la caracterización

Sensor 1 °C	Sensor 2 °C	Sensor 3 °C	Sensor 4 °C	Sensor 5 °C	Sensor 6 °C	Sensor 7 °C	Sensor 8 °C	Sensor de Referencia °C
109,53	109,86	110,41	109,18	110,96	105,30	108,08	108,47	108,31

Tabla 5. Valor promedio de los sensores



Gráfica 3. Estabilidad y uniformidad del medio

LM-PC-21-F-01 R7.1

CASAGRANDE CONSULTORIA  
CONSTRUCCION S.A.C.  
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO



T-22933-019 R0

Page / Pág 4 de 4

## RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)

### Definiciones

- <sup>1</sup> Valor de temperatura programado en el controlador de equipo.
- <sup>2</sup> Fluctuación de la temperatura determinada por un registro de datos durante un periodo mayor a 30 minutos, después de alcanzado el estado estable en la posición de referencia (centro del volumen útil).
- <sup>3</sup> Diferencia máxima de temperatura en un lugar de medición determinado por los extremos del volumen útil desde la posición de referencia (centro del volumen útil).
- <sup>4</sup> Intercambio de calor por radiación dado por la temperatura ambiente y la pared interna de la cámara que se diferencian a la temperatura del aire. Medida con un termómetro que está protegido contra la influencia de la pared con un escudo de radiación.
- <sup>5</sup> Máxima diferencia de temperatura encontrada por el sensor ubicado en la posición de referencia cuando el volumen útil del equipo está parcialmente ocupado y cuando se encuentra vacío. Prueba ejecutada a petición del cliente.

### CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura Máxima 19,2 °C  
Temperatura Mínima 18,1 °C

Humedad Máxima 50 %HR  
Humedad Mínima 49 %HR

### INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2 Tablas de resultados), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura k y la probabilidad de cobertura aproximadamente al 95 %. Basados en el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

### TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



### OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. Se adjunta la etiqueta de calibración No. T-22933-019

Fin del Documento



## Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

**L-22933-016 R0**

Page / Pág. 1 de 3

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	PIE DE REY
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	INSIZE
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	1215-322
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	0921170080
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	VRN-002
<b>Intervalo de Medición</b> <i>Measurement Range</i>	0 mm a 300 mm
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	Jr. Quinoa 570
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	HUAMANGA - AYACUCHO
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2022 - 03 - 22
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2022 - 03 - 29
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	03

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la comprobación de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

*The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.*

*This certificate documents and ensures the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).*

*The user is responsible for checking the measuring instruments at appropriate time intervals.*

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar, no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados sin firma no son válidos.

*Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned certificates are not valid.*

### Firmas Autorizadas

Authorized Signatures

**Ing. Sergio Iván Martínez**  
Director Laboratorio de Metrología

**Tecg. Jaiver Arnulfo López**  
Metrólogo Laboratorio de Metrología

CASAGRANDE CONSULTORIA Y  
CONSTRUCCION S.A.C  
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO

LM-PC-23-F-01 R8.0



## DATOS TÉCNICOS

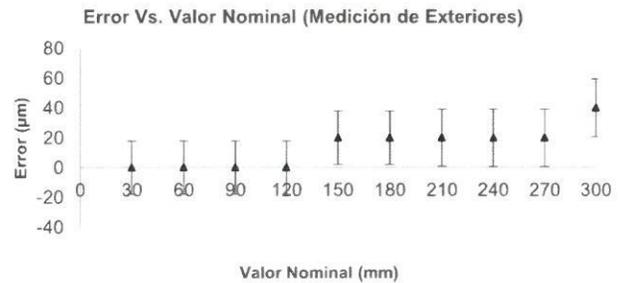
<b>Tipo de Medición</b>	Exteriores e Interiores
<b>Método Empleado</b>	Comparación Directa
<b>Documento de Referencia</b>	DI - 008 del Centro Español de Metrología, Edición 1
<b>Tipo de Indicación</b>	Análogica Tipo Nonio
<b>Resolución</b>	0,02 mm
<b>Instrumentos de Referencia</b>	Bloques Patrón Longitudinales de Caras Paralelas
<b>Certificado No.</b>	LMD201701 de Cidesi; 200295 de C.I.E.

## RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Al equipo en referencia se le efectuó una inspección visual con la que se determinó que se encuentra en buen estado, las superficies de medición no presentan sobresaltos, por lo tanto, presenta una buena condición para la medición. Se procede a la realizar la toma de datos respectiva comparando la indicación del equipo con el valor nominal del bloque patrón iniciando la medición con la puesta a cero del equipo.

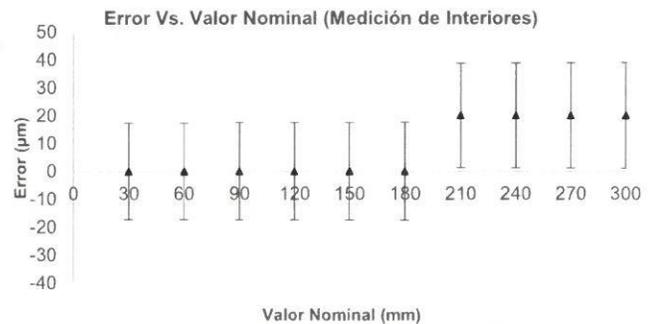
**Tabla 1. Resultados de las Superficies para Medición de Exteriores**

Valor Nominal	Promedio	Error	Incertidumbre Expandida	k (p=95,45%)
mm	mm	µm	µm	
30	30,000	0	18	2,00
60	60,000	0	18	2,00
90	90,000	0	18	2,00
120	120,000	0	18	2,00
150	150,020	20	18	2,00
180	180,020	20	18	2,00
210	210,020	20	19	2,00
240	240,020	20	19	2,00
270	270,020	20	19	2,00
300	300,040	40	19	2,00



**Tabla 2. Resultados de las Superficies para Medición de Interiores**

Valor Nominal	Promedio	Error	Incertidumbre Expandida	k (p=95,45%)
mm	mm	µm	± µm	
30	30,000	0	17	2,01
60	60,000	0	17	2,01
90	90,000	0	17	2,01
120	120,000	0	17	2,01
150	150,000	0	17	2,00
180	180,000	0	18	2,00
210	210,020	20	19	2,00
240	240,020	20	19	2,00
270	270,020	20	19	2,00
300	300,020	20	19	2,00





L-22933-016 R0

Page / Pág. 3 de 3

### CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se llevó a cabo en en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar., las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

Temperatura Máxima:	19,7 °C	Humedad Máxima:	55 %
Temperatura Mínima:	19,4 °C	Humedad Mínima:	54 %

### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2 Tablas de resultados), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura k y la probabilidad de cobertura aproximadamente al 95 %. Basados en el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

### TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



CASAGRANDE CONSULTORIA Y  
CONSTRUCCIÓN-S.A.C.  
  
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO

### OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. Se adjunta la estampilla de calibración No. **L-22933-016**

Fin de Certificado



**PINZUAR**  
LABORATORIO DE METROLOGÍA



## Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

**F-22933-013 R0**

Calibration Certificate - Laboratory of Force

Page / Pág. 1 de 5

**Equipo**  
*Instrument* MÁQUINA MULTIUSOS PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN

**Fabricante**  
*Manufacturer* PINZUAR S.A.S.

**Modelo**  
*Model* PS-27

**Número de Serie**  
*Serial Number* 186

**Identificación Interna**  
*Internal Identification* PRC-001

**Capacidad Máxima**  
*Maximum Capacity* 50000 N

**Solicitante**  
*Customer* CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC

**Dirección**  
*Address* Jr. Quinoa 570

**Ciudad**  
*City* HUAMANGA - AYACUCHO

**Fecha de Calibración**  
*Date of calibration* 2022 - 03 - 22

**Fecha de Emisión**  
*Date of Issue* 2022 - 03 - 29

**Número de páginas del certificado, incluyendo anexos**  
*Number of pages of the certificate and documents attached* 05

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

*The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.*

*This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).*

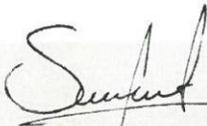
*The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.*

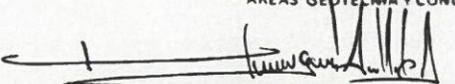
Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

*Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.*

### Firmas que Autorizan el Certificado

*Signatures Authorizing the Certificate*

  
Ing. Sergio Iván Martínez  
Director Laboratorio de Metrología

  
CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.  
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO  
Ing. Miguel Andrés Vela Avellaneda  
Métrologo Laboratorio de Metrología



## DATOS TÉCNICOS

Máquina de Ensayo Bajo Calibración		Instrumento(s) de Referencia	
<b>Clase</b>	1,0	<b>Instrumento</b>	Transductor de Fuerza de 50 kN
<b>Dirección de Carga</b>	Compresión	<b>Modelo</b>	14711
<b>Tipo de Indicación</b>	Digital	<b>Clase</b>	0.0
<b>División de Escala</b>	1 N	<b>Número de Serie</b>	620
<b>Resolución</b>	1 N	<b>Certificado de Calibración</b>	4277 del INM
<b>Intervalo de Medición Calibrado</b>	Del 10 % al 100 % de la carga máxima.	<b>Próxima Calibración</b>	2023 - 03 - 22
<b>Límite Inferior de la Escala</b>	200 N		

## RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia NTC-ISO 7500-1:2007 Materiales Metálicos. Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de Ensayo de Tracción/Compresión Verificación y Calibración del Sistema de Medida de Fuerza, en donde se especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10°C a 35°C, con una variación máxima de 2°C durante cada serie de medición. Se utilizó el método de comparación directa aplicando Fuerza Indicada Constante.

Se realizó una inspección general de la máquina y se determina que: Se puede continuar la calibración como se recibe el equipo

Tabla 1.

Indicaciones como se recibió y se entregó la máquina después de ajuste

Indicación del IBC		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					Promedio
%	N	S <sub>1</sub> Ascendente N	S <sub>2</sub> Ascendente N	S <sub>2</sub> ' No Aplica ----	S <sub>3</sub> Ascendente N	S <sub>4</sub> No Aplica ----	S <sub>1,2 y 3</sub> N
10	5 000	5 013,6	5 013,1	----	5 013,9	----	5 013,6
20	10 000	10 025,5	10 025,6	----	10 025,7	----	10 025,6
30	15 000	15 036,8	15 037,3	----	15 036,7	----	15 036,9
40	20 000	20 047,6	20 047,0	----	20 047,3	----	20 047,3
50	25 000	25 057,2	25 056,5	----	25 056,7	----	25 056,8
60	30 000	30 066,3	30 066,2	----	30 065,8	----	30 066,1
70	35 000	35 075,6	35 074,9	----	35 074,9	----	35 075,1
80	40 000	40 084,2	40 084,9	----	40 084,5	----	40 084,5
90	45 000	45 094,4	45 095,0	----	45 094,4	----	45 094,6
100	50 000	50 104,8	50 104,7	----	50 104,6	----	50 104,7

LM-PC-05-F-01 R12.0

CASAGRANDE CONSULTORIA Y  
CONSTRUCCION-S.A.C.  
  
DAVID DE JESUS GUERRA AXALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO



## RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 2.

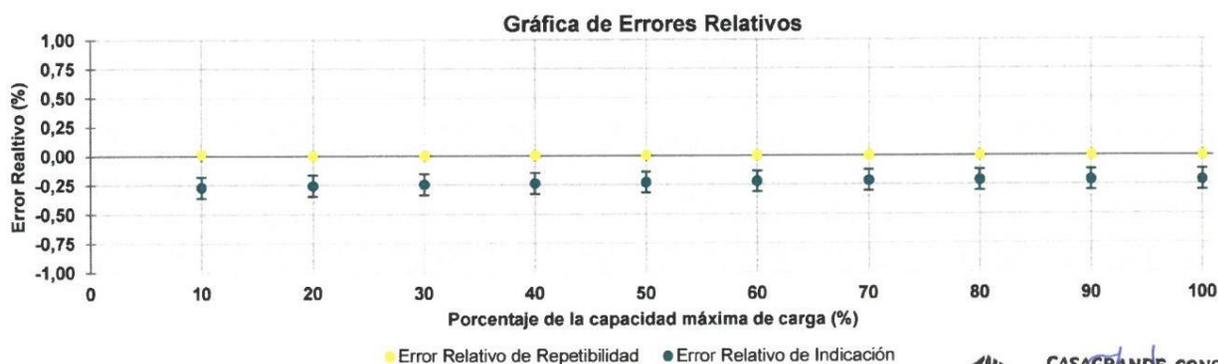
Error realtivo de cero,  $f_0$ , calculado para cada serie de medición a partir de su cero residual

$f_{0,S1}$ %	$f_{0,S2}$ %	$f_{0,S2'}$ %	$f_{0,S3}$ %	$f_{0,S4}$ %
0,000	0,000	---	0,000	---

Tabla 3.

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC %	N	Errores Relativos			Resolución Relativa a %	Incertidumbre Expandida U		$k_{\rho=95\%}$ -----
		Indicación q %	Repetibilidad b %	Reversibilidad v %		N	%	
10	5 000,0	-0,270	0,016	---	0,020	4,5	0,090	2,01
20	10 000,0	-0,255	0,002	---	0,010	9,0	0,090	2,01
30	15 000,0	-0,245	0,004	---	0,007	14	0,090	2,01
40	20 000,0	-0,236	0,003	---	0,005	18	0,090	2,01
50	25 000,0	-0,227	0,003	---	0,004	23	0,090	2,01
60	30 000,0	-0,220	0,002	---	0,003	27	0,090	2,01
70	35 000,0	-0,214	0,002	---	0,003	32	0,090	2,01
80	40 000,0	-0,211	0,002	---	0,003	36	0,090	2,01
90	45 000,0	-0,210	0,001	---	0,002	41	0,090	2,01
100	50 000,0	-0,209	0,000	---	0,002	45	0,090	2,01



### CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura Ambiente Máxima: 20,4 °C  
Humedad Relativa Máxima: 47 % HR

Temperatura Ambiente Mínima: 20,1 °C  
Humedad Relativa Mínima: 47 % HR

LM-PC-05-F-01 R12.0

CASAGRANDE CONSULTOR  
CONSTRUCCION-S.A.C.  
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO


**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...**
**Tabla 4.**

 Coeficientes para el cálculo de la fuerza en función de su deformación y su R<sup>2</sup>, el cual refleja la bondad del ajuste del modelo a la variable.

A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	---	R <sup>2</sup>
-1,83833 E-01	1,00289 E00	-3,30427 E-08	3,44646 E-13		1,0000 E00

$$F = A_0 + (A_1 * X) + (A_2 * X^2) + (A_3 * X^3)$$

**Tabla 5.**

Valores calculados en función de la fuerza aplicada

Indicación					
N	0	500	1 000	1 500	2 000
5 000	5 013,5	5 514,8	6 016,0	6 517,3	7 018,5
7 500	7 519,8	8 021,0	8 522,2	9 023,4	9 524,6
10 000	10 025,8	10 526,9	11 028,1	11 529,2	12 030,3
12 500	12 531,5	13 032,6	13 533,7	14 034,7	14 535,8
15 000	15 036,9	15 538,0	16 039,0	16 540,1	17 041,1
17 500	17 542,1	18 043,1	18 544,2	19 045,2	19 546,2
20 000	20 047,2	20 548,1	21 049,1	21 550,1	22 051,1
22 500	22 552,0	23 053,0	23 554,0	24 054,9	24 555,9
25 000	25 056,8	25 557,7	26 058,7	26 559,6	27 060,5
27 500	27 561,5	28 062,4	28 563,3	29 064,2	29 565,2
30 000	30 066,1	30 567,0	31 067,9	31 568,8	32 069,8
32 500	32 570,7	33 071,6	33 572,5	34 073,4	34 574,3
35 000	35 075,3	35 576,2	36 077,1	36 578,0	37 079,0
37 500	37 579,9	38 080,8	38 581,8	39 082,7	39 583,7
40 000	40 084,6	40 585,6	41 086,5	41 587,5	42 088,4
42 500	42 589,4	43 090,4	43 591,4	44 092,4	44 593,4
45 000	45 094,4	45 595,4	46 096,4	46 597,4	47 098,4
47 500	47 599,5	48 100,5	48 601,6	49 102,6	49 603,7
50 000	50 104,8				

**Tabla 6.**

Valores Residuales

Indicación del IBC	Promedio S1, 2 y 3	Por Interpolación	Residuales
N	N	N	N
5 000	5 013,6	5 013,5	0
10 000	10 025,6	10 025,8	0
15 000	15 036,9	15 036,9	0
20 000	20 047,3	20 047,2	0
25 000	25 056,8	25 056,8	0
30 000	30 066,1	30 066,1	0
35 000	35 075,1	35 075,3	0
40 000	40 084,5	40 084,6	0
45 000	45 094,6	45 094,4	0
50 000	50 104,7	50 104,8	0

  
 CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.  
 DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 285731  
 ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO



**PINZUAR**  
LABORATORIO DE METROLOGÍA



ISO/IEC 17025:2017  
11-LAC-004

**F-22933-013 R0**

Pág. 5 de 5

### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (Tabla No.3), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura  $k = 2,013$  y la probabilidad de cobertura, la cual es del 95,45%, con una distribución "t-student". La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

### TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la Calibración que se mencionan en la Pág. 2, se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



### CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente Tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una escala de la máquina de ensayo de acuerdo con la clase apropiada para sus ensayos según la sección 7 de la Norma NTC-ISO 7500-1:2007 Materiales Metálicos. Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de Ensayo de Tracción/Compresión Verificación y Calibración del Sistema de Medida de Fuerza

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1	1	1,5	0,1	0,5
2	2	2	3	0,2	1
3	3	3	4,5	0,3	1,5

\*El error realtivo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

### OBSERVACIONES

1. Se emplea la coma (,) como separador decimal.
2. En cualquier caso, la máquina debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. NTC-ISO 7500-1:2007
3. Con el presente Certificado de Calibración se adjunta la etiqueta de Calibración No. F-22933-013

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 R12.0

CASAGRANDE CONSULTORIA Y  
CONSTRUCCION S.A.C.  
  
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO



**PINZUAR**  
LABORATORIO DE METROLOGÍA



## Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

Calibration Certificate - Laboratory of Force

**F-22933-011 R0**

Page / Pág. 1 de 5

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	MÁQUINA DIGITAL DOBLE RANGO PARA ENSAYOS DE CONCRETOS
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	PINZUAR S.A.S.
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	PC-42D
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	284
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	PDC-001
<b>Capacidad Máxima</b> <i>Maximum Capacity</i>	1000 kN
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	Jr. Quínia 570
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	HUAMANGA - AYACUCHO
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2022 - 03 - 22
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of Issue</i>	2022 - 03 - 29

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

*The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.*

*This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).*

*The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.*

**Número de páginas del certificado, incluyendo anexos**

*Number of pages of the certificate and documents attached*

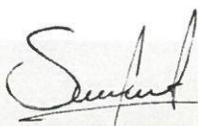
05

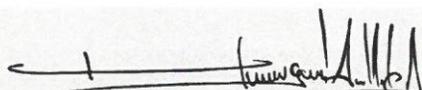
Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

*Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.*

### Firmas que Autorizan el Certificado

*Signatures Authorizing the Certificate*

  
Ing. Sergio Iván Martínez  
Director Laboratorio de Metrología

  
Ing. Miguel Andrés Vela Avellaneda  
Metrólogo Laboratorio de Metrología

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.  
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIE Nº 285731  
ÁREAS GEOTECN. Y CONCRETO



## DATOS TÉCNICOS

Máquina de Ensayo Bajo Calibración		Instrumento(s) de Referencia	
Clase	1,0	Instrumento	Transductor de Fuerza de 1 MN
Dirección de Carga	Compresión	Modelo	KAL 1MN
Tipo de Indicación	Digital	Clase	0,5
División de Escala	0,01 kN	Número de Serie	HV325-911250
Resolución	0,01 kN	Certificado de Calibración	5047 del INM
Intervalo de Medición Calibrado	Del 20 % al 100 % de la carga máxima.	Próxima Calibración	2023-02-03
Límite Inferior de la Escala	2 kN		

## RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia NTC-ISO 7500-1:2007 Materiales Metálicos. Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de Ensayo de Tracción/Compresión Verificación y Calibración del Sistema de Medida de Fuerza, en donde se especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10°C a 35°C, con una variación máxima de 2°C durante cada serie de medición. Se utilizó el método de comparación directa aplicando Fuerza Indicada Constante.

Se realizó una inspección general de la máquina y se determina que: Se puede continuar la calibración como se recibe el equipo

Tabla 1.

Indicaciones como se recibió y se entregó la máquina después de ajuste

Indicación del IBC	Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie						Promedio S <sub>1, 2 y 3</sub> kN
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> '	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>1, 2 y 3</sub> kN	
	Ascendente kN	Ascendente kN	No Aplica ----	Ascendente kN	No Aplica ----		
10	100,00	100,81	101,01	----	100,71	----	100,84
20	200,00	201,76	201,26	----	201,86	----	201,63
30	300,00	301,79	302,39	----	302,39	----	302,19
40	400,00	402,31	402,51	----	402,31	----	402,38
50	500,00	503,02	503,53	----	503,53	----	503,36
60	600,00	603,93	603,33	----	603,63	----	603,63
70	700,00	703,92	704,12	----	704,02	----	704,02
80	800,00	804,42	804,82	----	804,82	----	804,68
90	900,00	905,21	904,91	----	905,41	----	905,18
100	1 000,00	1 005,3	1 005,5	----	1 005,4	----	1 005,4

LM-PC-05-F-01 R12.0

CASAGRANDE CONSULTORIA Y  
CONSTRUCCION S.A.C.  
  
DAVID DE JESÚS GUERRA AYALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 285731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO

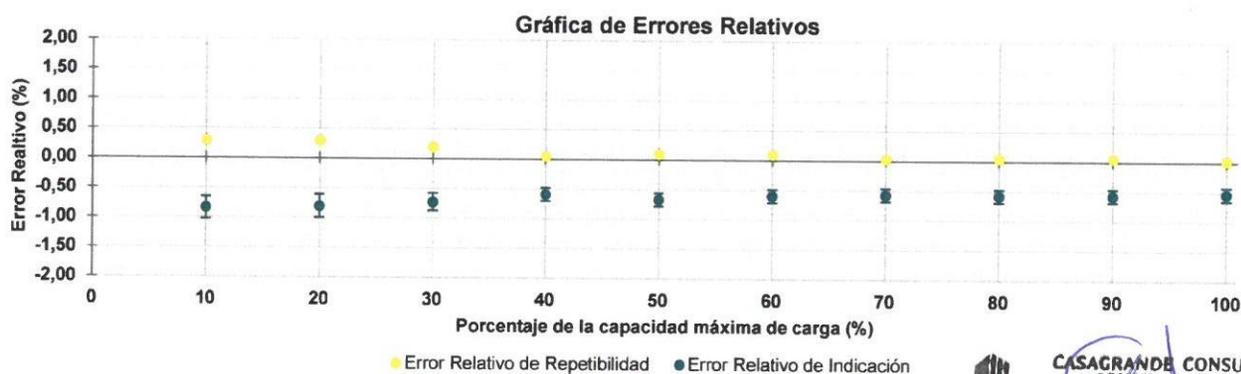
**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...****Tabla 2.**Error realtivo de cero,  $f_0$ , calculado para cada serie de medición a partir de su cero residual

$f_{0,S1}$ %	$f_{0,S2}$ %	$f_{0,S2'}$ %	$f_{0,S3}$ %	$f_{0,S4}$ %
0,000	0,000	---	0,000	---

**Tabla 3.**

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC	Errores Relativos			Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida		$k_{p=95\%}$	
	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad		$U$			
	$q$ %	$b$ %	$v$ %		kN	%		
10	100,00	-0,84	0,30	---	0,010	0,19	0,19	2,01
20	200,00	-0,81	0,30	---	0,005	0,39	0,20	2,01
30	300,00	-0,73	0,20	---	0,003	0,44	0,15	2,01
40	400,00	-0,59	0,05	---	0,003	0,44	0,11	2,01
50	500,00	-0,67	0,10	---	0,002	0,55	0,11	2,01
60	600,00	-0,60	0,10	---	0,002	0,66	0,11	2,01
70	700,00	-0,57	0,03	---	0,001	0,77	0,11	2,01
80	800,00	-0,58	0,05	---	0,001	0,88	0,11	2,01
90	900,00	-0,57	0,06	---	0,001	0,99	0,11	2,01
100	1 000,0	-0,54	0,02	---	0,001	1,1	0,11	2,01

**CONDICIONES AMBIENTALES**

Temperatura Ambiente Máxima: 19,4 °C  
 Humedad Relativa Máxima: 46 % HR

Temperatura Ambiente Mínima: 19,1 °C  
 Humedad Relativa Mínima: 45 % HR

**CASAGRANDE CONSULTORIA Y  
 CONSTRUCCION S.A.C.**  
  
**DAVID JESÚS GUERRA AVALA**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 285731  
 ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO



**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...**

**Tabla 4.**

Coefficientes para el cálculo de la fuerza en función de su deformación y su R<sup>2</sup>, el cual refleja la bondad del ajuste del modelo a la variable.

A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	---	R <sup>2</sup>
2,93500 E-01	1,00636 E00	-1,25233 E-06	8,06138 E-11		1,0000 E00

$$F = A_0 + (A_1 * X) + (A_2 * X^2) + (A_3 * X^3)$$

**Tabla 5.**

Valores calculados en función de la fuerza aplicada

Indicación kN	0,00	10,00	20,00	30,00	40,00
100,00	100,92	110,98	121,04	131,10	141,16
150,00	151,22	161,28	171,34	181,40	191,46
200,00	201,52	211,57	221,63	231,69	241,75
250,00	251,81	261,86	271,92	281,98	292,03
300,00	302,09	312,15	322,20	332,26	342,31
350,00	352,37	362,42	372,48	382,53	392,59
400,00	402,64	412,70	422,75	432,80	442,86
450,00	452,91	462,96	473,01	483,07	493,12
500,00	503,17	513,22	523,27	533,32	543,38
550,00	553,43	563,48	573,53	583,58	593,63
600,00	603,68	613,73	623,77	633,82	643,87
650,00	653,92	663,97	674,02	684,06	694,11
700,00	704,16	714,21	724,25	734,30	744,35
750,00	754,39	764,44	774,48	784,53	794,58
800,00	804,62	814,67	824,71	834,76	844,80
850,00	854,84	864,89	874,93	884,98	895,02
900,00	905,06	915,10	925,15	935,19	945,23
950,00	955,27	965,32	975,36	985,40	995,44
1 000,00	1 005,5				

**Tabla 6.**

Valores Residuales

Indicación del IBC kN	Promedio S1, 2 y 3 kN	Por Interpolación kN	Residuales kN
100,00	100,84	100,92	0,07
200,00	201,63	201,52	- 0,11
300,00	302,19	302,09	- 0,10
400,00	402,38	402,64	0,26
500,00	503,36	503,17	- 0,19
600,00	603,63	603,68	0,05
700,00	704,02	704,16	0,14
800,00	804,68	804,62	- 0,06
900,00	905,18	905,06	- 0,12
1 000,00	1 005,4	1 005,5	0,08

CABAGRANDE CONSULTORIA Y  
CONSTRUCCION S.A.C.  
DAVID DIEZELIS GUERRA AVALA  
ING. EN INGENIERO CIVIL  
C. F. N° 285733  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO



**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

La incertidumbre expandida de la medición reportada (Tabla No.3), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura  $k = 2,013$  y la probabilidad de cobertura, la cual es del 95,45%, con una distribución "t-student". La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

**TRAZABILIDAD**

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la Calibración que se mencionan en la Pág. 2, se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



**CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO**

La siguiente Tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una escala de la máquina de ensayo de acuerdo con la clase apropiada para sus ensayos según la sección 7 de la Norma NTC-ISO 7500-1:2007 Materiales Metálicos. Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de Ensayo de Tracción/Compresión Verificación y Calibración del Sistema de Medida de Fuerza

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1	1	1,5	0,1	0,5
2	2	2	3	0,2	1
3	3	3	4,5	0,3	1,5

\*El error realtivo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

**OBSERVACIONES**

1. Se emplea la coma (,) como separador decimal.
2. En cualquier caso, la máquina debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. NTC-ISO 7500-1:2007
3. Con el presente Certificado de Calibración se adjunta la etiqueta de Calibración No. F-22933-011

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 R12.0

CASAGRANDE CONSULTORIA Y  
CONSTRUCCION S.A.C.  
  
DAVID DE JESUS GUERRA AVALA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 785731  
ÁREAS GEOTECNIA Y CONCRETO



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

### ACTA N° 078-2023-FIMGC

En la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 360-2023-FIMGC-D**, siendo once días del mes de setiembre del 2023, a horas 8:00 am.; se reunieron los jurados del acto de sustentación, en el Auditorium virtual google meet del Campus Universitario de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Siendo el Jurado de la sustentación de tesis compuesto por el presidente el **Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES**, Jurado el **MSc. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCON**, Jurado - Asesor el **MSc. Ing. Jaime Leonardo BENDEZÚ PRADO** y secretario del proceso el **Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**, con el objetivo de recepcionar la sustentación de la tesis denominada titulado: "**INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE AGAVE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO PARA LA SUBRASANTE DE LA TROCHA CARROZABLE CHIQUINTIRCA – CAJADELA, AYACUCHO 2022**"; presentado por el/la Sr./Srta., **PATRICIA KATHERINY ARCE LLACTAHUAMAN**, Bachiller en **Ciencias de la Ingeniería Civil**.

El Jurado luego de haber recepcionado la sustentación de la tesis y realizado las preguntas, el sustentante al haber dado respuesta a las preguntas, y el Jurado haber deliberado; califica con la nota aprobatoria de **15 (quince)**.

En fe de lo cual, se firma la presente acta, por los miembros integrantes del proceso de sustentación.



Firmado digitalmente por Dr.  
Ing. Efraín Elías Porras Flores  
Fecha: 2023.09.12 09:22:08  
-05'00'

**Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES**  
Presidente

**MSc. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCON**  
Jurado

**MSc. Ing. Jaime Leonardo BENDEZÚ PRADO**  
Jurado Asesor

**Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**  
Secretario del Proceso  
Departamento Académico de Matemática y Física



C.c.:  
Bach. PATRICIA KATHERINY ARCE LLACTAHUAMAN  
Jurados (3)  
Archivo

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN****CONSTANCIA N° 075-2023-FIMGC**

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, en segunda instancia para las **Escuelas Profesionales** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 288-2023-FIMGC-UNSCH-D**, deja constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

**Apellidos y Nombres** : ARCE LLACTAHUAMAN, Patricia Katheriny  
**Escuela Profesional** : INGENIERÍA CIVIL  
**Título de la Tesis** : "INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE AGAVE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO PARA LA SUBRASANTE DE LA TROCHA CARROZABLE CHIQUINTIRCA – CAJADELA, AYACUCHO 2022"  
**Evaluación de la Originalidad** : 18 % Índice de Similitud  
**Identificador de la entrega** : 2159952584

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 07 de setiembre del 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil  
**Mg. Ing. Christian Lezama Cuellar**  
verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado  
Departamento Académico de Matemática y Física

Con depósito para Sustentación y Tramites  
Cc. Archivo.



# INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE AGAVE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO PARA LA SUBRASANTE DE LA TROCHA CARROZABLE CHIQUINTIRCA - CAJADELA, AYACUCHO 2022

*por* Patricia Katheriny Arce Llactahuaman

---

**Fecha de entrega:** 25-jul-2023 03:24p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2136758718

**Nombre del archivo:** LA\_TROCHA\_CARROZABLE\_CHIQUINTIRCA\_-\_CAJADELA,\_AYACUCHO\_2022.docx  
(30.87M)

**Total de palabras:** 19589

**Total de caracteres:** 101240

# “INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE AGAVE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO PARA LA SUBRASANTE DE LA TROCHA CARROZABLE CHIQUINTIRCA – CAJADELA, AYACUCHO 2022”

## INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1 [hdl.handle.net](https://hdl.handle.net) Fuente de Internet 6%

2 [repositorio.unc.edu.pe](https://repositorio.unc.edu.pe) Fuente de Internet 4%

3 Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante 3%

4 [repositorio.ucv.edu.pe](https://repositorio.ucv.edu.pe) Fuente de Internet 2%

5 [repositorio.usmp.edu.pe](https://repositorio.usmp.edu.pe) Fuente de Internet 1%

6 Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante <1%

7 [repositorio.unap.edu.pe](https://repositorio.unap.edu.pe) Fuente de Internet <1%

[eudora.vivienda.gob.pe](https://eudora.vivienda.gob.pe)

8

Fuente de Internet

<1 %

9

[www.dspace.unitru.edu.pe](http://www.dspace.unitru.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

10

[www.ing.unlp.edu.ar](http://www.ing.unlp.edu.ar)

Fuente de Internet

<1 %

11

Submitted to Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología

Trabajo del estudiante

<1 %

12

[www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

Fuente de Internet

<1 %

13

[www.repositorio.upla.edu.pe](http://www.repositorio.upla.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

14

Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

<1 %

15

Submitted to unjbg

Trabajo del estudiante

<1 %

16

Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion

Trabajo del estudiante

<1 %

17

[www.repositorioacademico.usmp.edu.pe](http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

18

[dspace.unach.edu.ec](http://dspace.unach.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

---

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía Activo