TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA VOLANTE, CEMENTO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA SUBRASANTE MEJORADA EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE PUNO

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. LUIS JOSELITO JAVIER CHINO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA - PERÚ

2025

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA VOLANTE, CEMENTO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA SUBRASANTE MEJORADA EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE PUNO

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. LUIS JOSELITO JAVIER CHINO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE : _____
Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR

PRIMER MIEMBRO : _____
Dr. ARNALDO YANA TORRES

SEGUNDO MIEMBRO : _____
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ASESOR DE TESIS : _____
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1732-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 17 de diciembre del 2025

VISTO: El expediente **N° 2025 - CU - 13124** presentado por el (la) Bachiller **LUIS JOSELITO JAVIER CHINO** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **LUIS JOSELITO JAVIER CHINO,** quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA VOLANTE, CEMENTO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA SUBRASANTE MEJORADA EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE PUNO 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R y en mérito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO - **APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- **Presidente** : Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
- **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ARTICULO SEGUNDO. – **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS.**

ARTICULO TERCERO. – **APROBAR,** la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **LUIS JOSELITO JAVIER CHINO;** del informe final de la investigación (tesis) titulada: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA VOLANTE, CEMENTO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA SUBRASANTE MEJORADA EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE PUNO 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil.** de acuerdo al siguiente detalle:

- **FECHA** : martes 23 de diciembre del 2025
- **HORA** : 08:00 horas
- **LUGAR** : Aula 306 - FICP

ARTÍCULO CUARTO - **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

DECANO(e)

DIRECTOR

Dr. Cesar G. Camargo Najar
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1265-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 10 de octubre del 2025

VISTO: El expediente **N° 2026-CU-8541** por el señor (a): **LUIS JOSELITO JAVIER CHINO** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO – **N° 877-2025**-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato **N° 125 - 2025** del integrante del comité de investigación **1265** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **LUIS JOSELITO JAVIER CHINO,** ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulada: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA VOLANTE, CEMENTO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA SUBRASANTE MEJORADA EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE PUNO 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 125 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA VOLANTE, CEMENTO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA SUBRASANTE MEJORADA EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE PUNO 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN,** presentado por el señor (a): **LUIS JOSELITO JAVIER CHINO,** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA VOLANTE, CEMENTO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA SUBRASANTE MEJORADA EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE PUNO 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN,** en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la), **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS.**

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Registrese, Comuniquese, Archivese.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DR. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

DIRECTOR
Dr. Fritz Willy Manzani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
Interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
Telefónica: (051) 321142 - Juliaca - Puno - Perú - Pag. Web: www.
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 758-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 24 de julio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 5306, presentado por el señor (a) LUIS JOSELITO JAVIER CHINO solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO – N° 547-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 065-2025 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): LUIS JOSELITO JAVIER CHINO ha presentado su propuesta de investigación Titulada: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA VOLANTE, CEMENTO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA SUBRASANTE MEJORADA EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE PUNO 2025, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 065-2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA VOLANTE, CEMENTO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA SUBRASANTE MEJORADA EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE PUNO 2025.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): LUIS JOSELITO JAVIER CHINO, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA VOLANTE, CEMENTO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA SUBRASANTE MEJORADA EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE PUNO 2025 correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Registrese, Comuniquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CS PURAS

Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
Telefónica: (051) 321142 - Juliaca - Puno - Perú - Pag. Web: www
http://repositorio.uancv.edu.pe/

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA VOLANTE, CEMENTO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA SUBRASANTE MEJORADA EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE PUNO

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	16%	2%	12%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	9%
2	core.ac.uk Fuente de Internet	5%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana Trabajo del estudiante	<1%

Título de la Tesis	
EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA VOLANTE, CEMENTO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA SUBRASANTE MEJORADA EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE PUNO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	LUIS JOSELITO JAVIER CHINO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02172255
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0002-3729-2118
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02383061
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02441152
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876

Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	**País**: Perú **Departamento**: Puno **Provincia**: Puno **Distrito**: Puno CIUDAD DE PUNO **Coordenadas:** **Latitud**: -15.8409992 **Longitud:** -70.0202358 **URL Maps** https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1E-3zFvyLWD5soFur2uUPIjcJ_H3rfXI&usp=sharing 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2025 – Diciembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html- Librería	**Ingeniería Civil** https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 **Ingeniería de la construcción** https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03

DIRECTOR
Dr. Fritz Willy Manani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

TESIS UANCV
TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo LUIS JOSELITO JAVIER CHINO, identificado con DNI Nro. 02172255, en mi condición de egresado de:

☒ **Escuela Profesional**

☐ **Programa de Segunda Especialidad,**

☐ **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERIA CIVIL

informo que he elaborado el/la ☒ **Tesis** o ☐ **Trabajo de Investigación,** ☐ **Trabajo Académico** denominada:

EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA VOLANTE, CEMENTO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA SUBRASANTE MEJORADA EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE PUNO 2025

Asesorado por: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como suyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 10 de ABRIL del 2026

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)

Huella

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

DEDICATORIA

Le dedico este proyecto, ante todo, a mi madre, por traerme al mundo y por posibilitar que alcance este hito crucial en mi carrera académica. A la madre de mi hija Marina, por constituir mi soporte fundamental y por brindarme constantemente su afecto y respaldo incondicional, más allá de cualquier discrepancia. A mi padre, quien desde el cielo lo siento presente perpetuamente; a pesar de que nos privamos de muchas experiencias por compartir, estoy seguro de que este logro habría tenido para ti la misma trascendencia que tiene para mí. A mis hijas Elena y Anahí, a quienes amo y llevo grabadas en lo más profundo de mi ser. Al señor Benito y su digna esposa Ofelia que he pasado una gran parte de mi juventud en su humilde hogar, y por último a mis amigos como Reinaldo Pari, Marcelo Mestas, Edison y muchos amigos que ellos me condujeron, me incentivaron y me apoyaron que sin ellos no hubiéramos logrado esta meta.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

AGRADECIMIENTO

A mi creador, por concedernos la existencia, la facultad del raciocinio y la fortaleza para concluir nuestra preparación universitaria.

A mi asesor de tesis, por encaminarme con mucha perseverancia en el proceso de mi investigación.

A los formadores que fueron mis Docentes dentro de la universidad por las enseñanzas brindadas, valores, conocimientos intelectuales y sus sabios concejos que marcaron mi camino académico. Siempre los tendré presente donde este.

A mi familia, por acompañarme y extendernos sus manos y apoyos incondicionales en los instantes más difíciles.

A mis colegas de trayectoria, gracias por su presencia constante, sus palabras oportunas y por compartir ideas constructivas y apoyo apasionado en los instantes que más lo precisábamos les expreso mis sinceros reconocimientos sin ustedes esta investigación no se habría hecho realidad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTO ii

ÍNDICE DE CONTENIDO iii

ÍNDICE DE TABLAS vii

ÍNDICE DE FIGURAS viii

RESUMEN x

ABSTRACT xi

INTRODUCCIÓN xii

CAPÍTULO I

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

1.1 Planteamiento del problema de investigación. 13

1.2 Definición del problema de investigación. 14

1.3 Problema de investigación 14

1.3.1 Problema general 14

1.3.2 Problemas específicos 15

1.4 Alcances de la investigación 15

1.5 Objetivos 15

1.5.1 Objetivo general 15

1.5.2 Objetivos específicos. 15

1.6 Justificación 16

1.6.1 Justificación técnica 16

1.6.2 Justificación económica 17

1.6.3 Justificación social 17

1.6.4 Justificación ambiental 17

1.7 Hipótesis 18

1.7.1 Hipótesis general 18

1.7.2 Hipótesis específicas 18

1.8 Variables 18

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación 20

2.1.1 Antecedentes Internacionales. 20

2.1.2 Antecedentes Nacionales. 23

2.1.3 Antecedentes Locales. 26

2.2 Marco teórico. 29

2.2.1 Suelos 29

2.2.2 Propiedades Fundamentales de los Suelos. 31

2.2.3 Subrasante. 42

2.2.4 Pavimentos. 45

2.2.5 Estabilización de suelos. 47

2.2.6 Estabilización mixta. 53

2.2.7 Criterios Geotécnicos para Establecer la Estabilización de Suelos. 53

2.2.8 Ceniza Volante. 57

2.2.9 Cemento Portland. 61

2.2.10 Cal 62

2.3 Marco conceptual 64

2.3.1 Agregado 64
2.3.2 Ahuellamiento 64
2.3.3 Análisis Granulométrico 64
2.3.4 AASTHO 64
2.3.5 CBR (california bearing ratio) 64
2.3.6 Cemento Portland 65
2.3.7 Contenido de humedad 65
2.3.8 Estabilización de suelos 65
2.3.9 Granulometría 65
2.3.10 Gravedad especifica del suelo 65
2.3.11 Límite líquido 66
2.3.12 Límite plástico 66
2.3.13 Máxima Densidad Seca 66
2.3.14 Pavimento 66
2.3.15 Subrasante 66
2.3.16 SUCS 67
2.3.17 Trabajabilidad 67
2.3.18 Prueba Proctor 67

CAPÍTULO III

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación 68
3.1.1 Enfoque de Investigación 68
3.1.2 Nivel de Investigación. 68
3.1.3 Diseño de Investigación. 69

3.2 Métodos aplicados a la investigación.....69
3.2.1 Población y muestra.....69
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos. 70
3.3.1 Técnicas. 70
3.3.2 Instrumentos. 71
3.4 Plan de recolección y procesamiento de datos.....71
3.5 Validación y contrastación de hipótesis. 71
3.6 Materiales Investigados 74
3.7 Estabilización de suelo - ceniza volante - cemento - cal.....78
3.8 Ensayos de laboratorio realizados. 79
3.8.1 Ensayos Estándar. 80
3.8.2 Ensayos Especiales. 85

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 Presentación y análisis de resultados.....88
4.1.1 Resultados de los Ensayos del material de Cantera en Estado Natural.88
4.1.2 Resultados de los ensayos del material de cantera estabilizado. 94
4.2 Análisis e interpretación de los resultados finales.....102
CONCLUSIONES 104
RECOMENDACIONES.....105
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA 106
ANEXOS 109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de suelos según tamaño de partículas 32

Tabla 2 Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad 35

Tabla 3 Correlación de Tipos de Suelos AASHTO – SUCS 37

Tabla 4 Clasificación de Suelos SUCS 40

Tabla 5 Categoría de Subrasante 42

Tabla 6 Guía referencial para la Selección del Tipo de Estabilizador 56

Tabla 7 Proporción de Mezclas y Símbolos Referencias a cada Material 79

Tabla 8 Tipo y Tamaño de Partículas 81

Tabla 9 Resultados del Contenido de Humedad del material de cantera 88

Tabla 10 Análisis Granulométrico por Tamizado 89

Tabla 11 Resultados del Ensayo de Análisis Granulométrico 90

Tabla 12 Resultados del Límite de Consistencia del material de cantera en estado natural 91

Tabla 13 Resultados de la Clasificación del material de cantera 92

Tabla 14 Resultados del Ensayos de Proctor Modificado del material de cantera en estado natural 92

Tabla 15 Resultados del Ensayos de Proctor Modificado del material de cantera en estado natural 93

Tabla 16 Resultados de Limites de Consistencia 94

Tabla 17 Resultados del Ensayos de Proctor Modificado 97

Tabla 18 Resultado de la Expansión en % 99

Tabla 19 Resultados del Ensayo de CBR 100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Límites de Atterberg 33

Figura 2 Clasificación de los Suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 328238

Figura 3 Gráfica de Plasticidad.....39

Figura 4 Proceso para la identificación del tipo de suelo.....54

Figura 5 Proceso para la selección del tipo de estabilización 55

Figura 6 Proceso para la selección del tipo de estabilización 57

Figura 7 Esquema de Funcionamiento de una Central Termoeléctrica.....58

Figura 8 Mapa de Ubicación de la cantera ubicado en la Zona "Mi Perú" Puno.....70

Figura 9 Análisis comparativo del Índice Plástico en el suelo GM.....72

Figura 10 Análisis comparativo del CBR en el suelo GM 73

Figura 11 Cantera KM 06+000 ubicado en la Zona ¨Mi Perú 75

Figura 12 Ceniza Volante 75

Figura 13 Cemento Portland Tipo IP. 77

Figura 14 Cal.....78

Figura 15 Contenido de Humedad del Suelo.....81

Figura 16 Procedimiento del Ensayo Granulométrico del Suelo.....82

Figura 17 Ensayo de Limite Liquido 84

Figura 18 Ensayo de Limite Plástico 85

Figura 19 Gráfico de Análisis Granulométrica por Tamizado 90

Figura 20 Variación del Limite Líquido, Limite Plástico del material de cantera sin estabilizado y estabilizado con la adición de ceniza volante, cemento y cal 95

Figura 21 Variación del Índice de Plasticidad del material de cantera sin estabilizar y estabilizado con la adición de ceniza volante-cemento-cal 96

Figura 22 Máxima Densidad Seca del material de cantera sin estabilizado y

estabilizado con la adición de ceniza volante-cemento-cal 98

Figura 23 Contenido de Humedad Optimo del material de cantera sin estabilizado y estabilizado con la adición de ceniza volante-cemento-cal 98

Figura 24 CBR del material de cantera sin estabilizado y estabilizado con la adición de ceniza volante-cemento-cal.....101

RESUMEN

El fin primordial de este estudio fue examinar el desempeño de la incorporación de CV, Cal y Cemento en la estabilidad de pisos para su usanza en subrasante potenciada. El estudio se concentró en el origen de una técnica alternativa para estabilidad los suelos de la pedrera Km 06+000 en el lugar "Mi Perú", mediante la mezcla de estos estabilizantes, con el fin de habilitarlos como material de subrasante optimizada. Este estudio valoró distintas dosificaciones de CV (6%, 16%, 26%) con un 3% de cemento para incrementar la durabilidad y un 1% de cal para restar lo blando. Se ejecutaron pruebas de recinto sobre el suelo natural de la pedrera en explotación del lugar "Mi Perú", y sobre la mezcla de CV-cal-cemento, para analizar su conducta y fijar las particularidades físico-mecánica mejorables. Las pruebas ejecutadas —comprendido de filtración, granulometría por tamizado, límites de Atterberg, categorización SUCS y AASHTO, Proctor Reformado y CBR— se llevaron a cabo conforme a las normativas ASTM y MTC. La última que la mezcla de equilibradores en dosificaciones óptimas con el elemento de la pedrera optimiza su desempeño y firmeza, elevando el valor CBR de un 46.10% a 97.20% con la dosificación (26% de CV + 3% de cemento + 1% de cal), lo que permite su usanza como cimiento y sub-base optimizada en estructuras de pavimento.

Palabras claves: cemento, ceniza volante, estabilización, cal.

ABSTRACT

The primary purpose of this survey was to investigate the performance of incorporating CV, lime, and glue in the stability of floors for their enhanced use in surfacing. The study focused on the origin of an option technique for stabilizing the soils of the Km 06+000 quarry at the "MiPerú" site by mixing these stabilizers in order to enable them as optimized subgrade material. This study evaluated different dosages of CV (6%, 16%, 26%) with 3% cement to increase durability and 1% lime to diminish softness. Field tests were transported out on the plain soil of the prize in operation at the "Mi Perú" site and on the CV-lime-cement mixture to analyze its conduct and ascertain the physical-mechanical characteristics that could be enhanced. The tests performed—including filtration, sieve scrutiny, Atterberg maximum, SUCS and AASHTO categorization, Reformed Proctor, and CBR—were carried out in accordance with ASTM and MTC standards. The latter shows that the mixture of optimally dosed ballasts with the prey element optimizes its performance and strength, raising the CBR value from 46.10% to 97.20% with the dosage (26% CV + 3% cement + 1% lime), which allows its use as an optimized foundation and sub-base in pavement structures.

Keywords: cement, fly ash, stabilization, lime.

INTRODUCCIÓN

Las carreteras afirmadas constituyen un componente significativo de la red vial departamental de Puno, tanto a nivel local como regional. No obstante, en la actualidad numerosas obras que fueron ejecutadas presentan un estado de deterioro avanzado, manifestando daños estructurales como deformaciones, roderas, grietas, desprendimientos y exudaciones. La deficiente respuesta estructural del sistema de capas del pavimento, ocasionada por el empleo de materiales impropios, hace que en el Perú la estabilización de suelos sea una técnica consolidada. Este método, que emplea diversos procedimientos, ha demostrado su eficacia para la mejora de las particularidades del lote. Este estudio presenta una novedosa técnica de estabilización combinada que utiliza una mezcla de agentes estabilizadores (cal, CV y cemento) con piso procedente de pedrera en diversas dosificaciones, con el propósito de optimizar las particularidades físico-mecánicas del elemento.

Este estudio establece una relativa de valores de Índice Blando, Resistencias Mecánica (CBR) y agrandamiento de la superficie convencional frente a la superficie estabilizada con la mezcla de cemento, CV y cal. La investigación busca tender una metodología alternativa que evalúe el efecto de esta combinación de estabilizadores aplicada al material de cantera en la región de Puno.

La estabilización combinada permite que los agentes estabilizadores se complementen entre sí, supliendo mutuamente sus limitaciones. La ceniza volante, con sus propiedades puzolánicas, contribuye a la mejora de las propiedades mecánicas; el cemento incrementa la firmeza y constancia; mientras que la cal optimiza la trabajabilidad, reduciendo fundamentalmente la plasticidad de la superficie.

CAPÍTULO I

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

1.1 Planteamiento del problema de investigación.

"El desempeño estructural de un concreto está determinado por la condición de sus elementos constituyentes, cuyas propiedades representan un elemento crucial en el esquema estructural. Dichos materiales deben satisfacer los exigencias técnicos menores señalados en las especificaciones del Manual de Carreteras EG-2013, donde se detallan estos parámetros" (MTC, 2013, p. 238).

Las carreteras afirmadas constituyen un componente significativo de la red vial del departamento de Puno, tanto a nivel local como regional. No obstante, numerosos proyectos ejecutados presentan actualmente un estado de deterioro avanzado, manifestando daños estructurales como deformaciones, roderas, grietas, desprendimientos y exudaciones. Esta situación deriva del deficiente desempeño estructural del sistema de capas del pavimento, ocasionado por el uso de materiales inadecuados.

En consecuencia, la estabilización de superficies resulta fundamental en la ingeniería vial, con el propósito de optimizar las particularidades mecánicas del elemento por medio de la suma de proporciones reducidas de agentes estabilizadores químicos.

Este estudio se enfoca en analizar el cemento, la CV y la cal son agentes de estabilidad combinada para optimizar las particularidades mecánicas del elemento de la pedrera km 06 + 000 "Mi Perú" en Puno. El propósito es desarrollar vías afirmadas con elevada cabida de carga, prolongada durabilidad y reducidos costes de construcción, operación y manutención. Por medio de pruebas de recinto se determinará la mejor dosificación del sistema superficie-CV-cemento-cal, con el fin de descubrir un aditivo que fortalezca el esquema del concreto.

1.2 Definición del problema de investigación.

El desempeño estructural del suelo está determinado por la condición de sus materiales componentes, cuyas propiedades constituyen un indicador fundamental en el diseño estructural. No obstante, hay fuentes de material que no satisfacen los requisitos técnicos mínimos estipulados en el Libro de Pistas EG-2013. De este motivo, el presente estudio se concentra en analizar el potencial de la CV, la cal y el cemento como sistema de estabilidad combinada para optimizar las particularidades físico-mecánica del elemento procedente de la pedrera km 06 + 000 en el lugar "Mi Perú"-Puno.

1.3 Problema de investigación

1.3.1 Problema general

¿Cómo es el comportamiento de la ceniza volante, cemento y cal como material estabilizante de suelos?

1.3.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de la combinación de la ceniza volante, cemento y cal con el suelo?
- ¿Qué propiedades mecánicas presenta un suelo estabilizado con ceniza volante, cemento y cal?
- ¿Cuáles serán las proporciones adecuadas de la ceniza volante, cemento y cal con el suelo a estudiar?

1.4 Alcances de la investigación

Este estudio analiza los terrenos de pedrera "Mi Perú", localizada en Puno, los cuales fueron equilibrados mediante la incorporación de CV, cal y cemento en dosificaciones óptimas para su usanza como un cimiento de mayor capacidad en la construcción de concretos.

Se analizan las características mecánicas del terreno a tratar por un equilibrio combinado de CV, cemento y cal, a través de pruebas de recinto.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento de la aplicación de ceniza volante, cemento y cal para la estabilización de suelos y su empleo como material de subrasante mejorada.

1.5.2 Objetivos específicos.

- Evaluar el efecto de la combinación de la ceniza volante, cemento y cal con el suelo a estudiar.

- Determinar las propiedades mecánicas del suelo que pueden ser mejoradas con el proceso de estabilización.
- Determinar las proporciones adecuadas de la ceniza volante, cemento y cal en un suelo para encontrar el valor optimo que cumpla con los requisitos para una sub rasante mejorada.

1.6 Justificación

1.6.1 Justificación técnica

La mayor parte de carreteras aseguradas evidencian deterioro estructural; de mitigar estas deficiencias que impactan la edificación de infraestructura vial resulta imprescindible determinar las propiedades del suelo proveniente de las canteras locales.

La ingeniería de la edificación está incorporando innovaciones tecnológicas, entre las cuales se encuentra el estudio de agentes estabilizadores químicos para el uso en obras de pistas, con el fin de optimizar las propiedades mecánicas intrínsecas de los elementos.

El actual estudio busca optimizar las particularidades mecánicas del elemento granular por medio de una estabilidad combinada que incorpora ceniza volante, cal y cemento en las proporciones establecidas.

"Diversas naciones han esgrimido cenizas de carbón como componente para pavimentación. Existen reportes técnicos que documentan su adecuado desempeño en estudios realizados en Europa, Estados Unidos y Brasil, los cuales concluyen que la CV equilibra los suelos, optimizando sus particularidades mecánicas de aplicación en pavimentos" (Pérez, 2012, p. 14).

1.6.2 Justificación económica

La edificación de infraestructura vial, la partida correspondiente a movimientos de tierra y formación de terraplenes incide significativamente en el presupuesto, pudiendo alcanzar un porcentaje considerable del costo total del proyecto. Esta situación obliga a emplear canteras locales, aunque sus materiales no cumplan con las especificaciones técnicas requeridas para obras de pistas.

Los elementos pueden ser optimizados mediante un proceso de estabilización adecuado, esgrimiendo componentes de fácil adquisición y viabilidad financiera.

1.6.3 Justificación social

El progreso socioeconómico de los centros urbanos genera la necesidad de crear vías de aviso y ampliar las ya existentes, iniciativas que son impulsadas por las administraciones locales, nacionales y regionales.

Este estudio pretende establecer el nivel de repercusión social que generaría la implementación de una estabilidad combinada con ceniza volante, cal, cemento; considerando que actualmente aún se esgrimen métodos convencionales basados en procedimientos anticuados. Los aportes técnicos y metodológicos de este estudio constituirán un referente para futuras aplicaciones en estabilización de suelos por medio de técnicas mixtas en Puno.

1.6.4 Justificación ambiental

Esta aplicación se orientó hacia la mitigación de la polución ambiental, dado que las cenizas de carbón suelen acumularse en vertederos donde su disposición final genera problemáticas ecológicas. Por consiguiente, podemos disminuir dicho impacto

mediante su uso en obras de Ing. Civil.

1.7 Hipótesis

1.7.1 Hipótesis general

El material extraído de la cantera estabilizado con ceniza volante, cemento y cal mejora sus propiedades físico- mecánicas para su uso como material de sub rasante mejorada.

1.7.2 Hipótesis específicas

- La adición de ceniza volante, cemento y cal en el suelo disminuye los efectos de expansión, plasticidad y humedad.
- La ceniza volante, cemento y cal al ser empleado como material estabilizador mejora la resistencia de los suelos.
- La adición de ceniza volante, cemento y cal, como una estabilización mixta en una proporción del 10% al 30% en suelos cumple con los requerimientos para una subrasante mejorada.

1.8 Variables

- **Variable independiente.**

  Material Extraído de la cantera. (X)

- **Variable dependiente.**

  Características mecánicas y físicas del material tratado mediante la aplicación de ceniza volante, cal y cemento. (Y)

De este modo, es posible establecer la correlación. Y= f(x)

- **Variable interviniente.**

  Normas de ensayo.

  Proceso de mezcla.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes Internacionales.

Gonzáles (2014), en el proyecto ejecutado en Guatemala, industrias de cogeneración emplean carbón mineral cuyo proceso genera residuos de ceniza -base y volante-. Al identificar propiedades puzolánicas en la ceniza volante, se evaluó su uso con cal para estabilizar suelos cohesivos, mediante el análisis de muestras representativas de estos componentes. Posteriormente, en el recinto de la Parte de Mecánica de Superficies se ejecutaron los posteriores análisis: determinación de los Límites de Atterberg, ensayo Proctor, evaluación del CBR, caracterización granulométrica, medición de Gravedad Específica, pruebas de Corte Directo, ensayos Triaxiales y determinación de Permeabilidad. Los materiales sometidos a experimentación fueron: Limo de alta plasticidad de color café oscuro al 100%, y dos combinaciones: 80% limo con 3% de cal y 17% de CV, y 80% limo con 5% de cal y 15% de CV. Tras la realización completa de las pruebas de recinto, se determinó la viabilidad técnica de estabilizar suelos cohesivos mediante la combinación de cal y

CV. (pp. 22-23). Gonzáles (2014), ultima: La utilización de CaO y CV en la edificación vial guatemalteca representa una solución innovadora, que, al emplearse en las subrasantes del esquema de concreto, contribuye a obtener un número estructural de diseño más eficiente. Los análisis de laboratorio determinaron que la mezcla compuesta por 80% de suelo, 5% de cal y 15% de CV alcanzó el mayor valor de capacidad portante. Adicionalmente, se constató en los 3 ejemplares estudiadas que la estabilización de superficies blandas con cal y CV forma una reducción en la firmeza al corte, atribuible a la pérdida de propiedades cohesivas del material. El procesamiento con cal y CV no produjo efectos significativos en la filtración del terreno. Como terminación del proyecto, se determina que el empleo de cal y CV para el equilibrio de suelos cohesivos resulta eficiente, al generar una mejora de hasta cuatro veces el valor original del CBR al 95% de compactación. (Gonzáles, 2014, p. 75).

Cañar (2016), en su proyecto denominada "Estudio semejante de firmeza a la incisión y estabilidad de superficies arenosos delicados y arcillosos mezcladas con residuo de carbón", se sintetiza: Esta labor experimental, requisito para la titulación en Ingeniería Civil, busca estabilizar dos tipos de superficie con particularidades distintas mediante la suma de ceniza de carbón como aditivo, valorando la capacidad portante y resistencia cortante a través de análisis de laboratorio. Antes de iniciar los análisis de laboratorio, se ejecutó una inspección visual para localizar y extraer los suelos de las esquinas Ambato y Puyo. Tras identificar su ubicación precisa, se recolectaron muestras para efectuar pruebas de granulometría y límites de Atterberg, con el propósito de clasificar los materiales del SUCS. Para establecer la cabida portante (CBR) de cada suelo, se implementó la prueba de presión Proctor Alterado, que proporcionó la consistencia mayor seca y el comprendido óptimo de filtracion, parámetros necesarios para ejecutar posteriormente el ensayo CBR. Esta misma metodología se aplicó a las mezclas con tres

dosificaciones distintas de ceniza de carbón: 20%, 23% y 25%. La valoración de la firmeza al corte se realizó mediante ensayos de presión no presa en los materiales denominados cangahua y arcilla de alto blando. El estudio semejante consiste en una valoración estadística de particularidades como humedad, plasticidad, capacidad portante (CBR) y resistencia cortante entre ambos suelos y sus respectivas combinaciones, examinando metódicamente las ventajas y limitaciones del uso de reliquias de carbón para optimizar las características nativas del terreno y su aplicación como subrasante. (p. 15). Cañar (2016)**,** Ultima: "1. La incorporación de reliquias de carbón afecta positivamente superficies agrandados como la arcilla, generando una masa densa que incrementa el nivel de compactación y, en consecuencia, optimo su CBR y firmeza al corte. 2. El uso de reliquias de carbón optimiza las particularidades físicas de superficies arenosos y arcillosos finos: reduce la filtración en tierras e incrementa la densidad en superficies pedregosos, aunque esto necesita elevados % de ceniza. 3. Según el trabajo experimental "Estabilidad de superficies de reliquias de carbón en su empleo como cimiento renovado" de Carolina A. Pérez Collantes de la UNI, Lima-Perú [4], las arcillas mezcladas con 25% de reliquias de carbón -el % máximo evaluado entre tres dosificaciones- incrementaron su resistencia de 9,10% a 11,20%. Sin embargo, este valor resultante sigue siendo insuficiente para su aplicación como elemento de cimiento. 4. Los análisis de capacidad portante (CBR) en superficies pedregosos finos muestran un incremento del 4.6% al incorporar 25% de reliquias de carbón, elevando el índice de firmeza del 15.0% al 19.60%, lo que demuestra su aptitud para emplearse como subrasante. 5. Los análisis efectuados demuestran que el empleo de cenizas carbonosas satisface los objetivos planteados en la investigación experimental, determinando que su efecto más favorable se produce en superficies pedregosos finos. 6. La incorporación de

escoria de carbón en superficies arcillosos y arenosos reduce el comprendido de filtración, la expansión y la flexibilidad de estos materiales (pp. 49-50).

2.1.2 Antecedentes Nacionales.

Pérez (2012), en su estudio denominada "Estabilidad de superficies arenosos con reliquias de carbón para su empleo como cimiento reformada y/o sub base de concretos", sintetiza: "Este estudio analiza el impacto generado por la incorporación de CV de carbón en una superficie arcilloso, con la finalidad de valorar su aplicación en faenas de concreto. La CV constituye un desecho originado en la central termoeléctrica situada en Ilo, Moquegua, cuya disposición final representa una problemática ambiental. Se ejecutaron análisis de recinto para determinar tanto la CV como las combinaciones suelo-ceniza volante y suelo-CV-cemento, con el objetivo de examinar su conducta geotécnico. Se verifica que la combinación de CV con la superficie arcilloso analizado, así como la incorporación de concreto, demuestran un desempeño superior al material original para su aplicación como sub-base y subrasante mejorada en concreto. Se analizaron variables: período de curado, periodo de compresión, contenido hídrico y demás parámetros incidentes en la conducta del compuesto final. Las configuraciones estructurales convencionales para pavimentación rural, considerando tanto el suelo arcilloso natural como el terreno estabilizado, fueron analizadas mediante el método NAASRA. El estudio establece la factibilidad técnica y económica de construir concretos usando CV de carbono como agente estatizante de superficies (p.1). Pérez (2012)**,** Se finaliza: "Con base en los hallazgos expuestos y examinados previamente, se derivan las siguientes determinaciones: Las CV actúan como agregado supresor de las particularidades expansivas del elemento, aunque su aplicación necesita dosificaciones elevadas,

particularmente en arcillas expansivas, con porcentajes promedio superiores al 20%. La ceniza volante utilizada como material de partida corresponde a la clasificación tipo F, dado que la suma porcentual de sus componentes primordiales (SiO_2, Al_2O_3 y Fe_2O_3) supera el 70%. El estudio por Difracción de Rayos X muestra que tanto la superficie arcillosa como la CV están compuestos primordialmente por Cuarzo (SiO_2). Los hallazgos admiten establecer que la superficie clasificada como CH/A-7-6 (14) corresponde a un barro inorgánico de elevada blandes, por lo cual este elemento resulta inadecuado para su empleo en subrasante en concretos. La combinación de arcillas con CV y 3% de cemento origina hallazgos satisfactorios, incrementando la firmeza de superficie arcilloso de 7.7% hasta 51% en el ensayo CBR al 100% de las Densidades Máximas Secas del Proctor Alterado, lográndose además una reducción de costos en la construcción. Los espesores requeridos para el pavimento disminuyen progresivamente a medida que se aumenta el índice CBR. La incorporación de CV en el ejemplar de arcilla reduce los fenómenos de agrandamiento, reduce la densidad relativa y reduce tanto la blandura como el comprendido de filtración del elemento arcilloso (p. 80).

Bonifacio & Sánchez (2015), En su estudio denominado, sintetiza: Considerando la problemática actual de inestabilidad en los suelos de las vías de la región Lambayeque, se originó este estudio sobre la afilia de agregados para la estabilidad de caminos no pavimentados en dicha región. Se evaluaron elementos químicos como MgCl2, $CaCl_2$ y cemento, con el fin de optimizar el desempeño del suelo en servicio y minimizar el impacto ambiental. El estudio se propuso efectuar un análisis semejante técnico-económico para valorar la estabilización de vías no concretas mediante MgCl2, $CaCl_2$ y cemento. El proyecto desarrollado corresponde a un diseño experimental. La metodología empleada comprendió la etapa de análisis de mecánica de suelos y experimentos de

estabilidad para fijar las particularidades mecánicas y físicas del elemento proveniente de las caleras, aplicando enfoques deductivos, inductivo y analítico. Los procedimientos de recolección de pesquisa básica aplicados a la afiliación de los compuestos químicos cumplieron con las normativas establecidas para cada prueba, incluyendo la investigación sistemática y el análisis documental, junto con los estudios de laboratorio realizados. Para el proceso e investigación de datos, inicialmente se catalogan los datos logrados de los experimentos, posteriormente se tabulan y grafican los hallazgos, estableciendo comparaciones entre las superficies con aditivos y sin ellos. Se determina que los materiales procedentes de las canteras Cero Escute y Cachinche corresponden a la clasificación GP, presentando índices de plasticidad elevados que hacen viable su estabilización. Se sugiere realizar pruebas con diferentes sales o compuestos químicos de producción nacional que puedan constituir nuevas opciones para el refuerzo de vías no concretas. (p. 16). Bonifacio & Sánchez, (2015)**,** Ultima: "Los materiales pétreos procedentes de las canteras Cerro Escute y Cachinche corresponden a la clasificación GP, con elevados índices de plasticidad que hacen viable su estabilización. Estos agregados presentan valores de CBR inferiores a lo establecido por la normativa, que exige un 40%, por lo que requieren tratamiento de estabilización." La adición de MgCl2, $CaCl_2$ en proporciones del 3%, 2% y 1% en peso al material pétreo de la calera CACHINCHE, y del 1%, 4% y 6% para CERRO ESCUTE, generó hallazgos desfavorables en el ensayo CBR, mostrando solo un aumento menor respecto al suelo no tratado. Por consiguiente, no es viable estabilizante este tipo de elemento proveniente de las canteras en estudio, no se alcanza el valor de CBR del 40% establecido por la normativa. Se alcanzaron los valores más favorables de CBR con dosificaciones del 2% para los equilibrios con, $CaCl_2$ y del 4% para el MgCl2. La utilización de cemento demuestra ser viable para

optimizar el CBR de las canteras analizadas, cumpliendo con lo establecido en la normativa al incorporar porcentajes entre 8% y 9% de cemento a las muestras estudiadas. La evaluación económica se realizó considerando un metro cúbico de afirmado estabilizado con los tres aditivos de manera independiente, determinando que la estabilización con cemento resulta la más onerosa con un costo de S/50.09, cumpliendo con los parámetros de resistencia del MTC. Las alternativas con MgCl2, $CaCl_2$ se descartan por no satisfacer los requisitos de resistencia establecidos por el MTC para asegurados (p. 113).

2.1.3 Antecedentes Locales.

Flores (2015), En el estudio denominada "Estabilidad de suelos con fines de proporción del esquema de un concreto blando equilibrado con cemento en Juliaca", sintetiza: El uso de cemento para el tratamiento de suelos ha representado un aporte relevante en la ingeniería, dado sus diversos usos en el ámbito constructivo, particularmente en la estabilidad de bases, sub-bases y sub-rasantes en obras viales; para su óptimo funcionamiento, requiere material seleccionado y proporciones reducidas de cemento, produciendo de este modo un nuevo elemento mezclado denominado "Suelo Cemento". Este sistema muestra notable versatilidad al permitir expandir significativamente el aprovechamiento de grandes clases de superficie como elementos de edificación. Una de las aplicaciones más extendidas del suelo-cemento se ha desarrollado en el ámbito de la edificación vial, donde se emplea para la formación de pedestales, sub-bases y sub-rasantes en estructuras de concreto, debido a las numerosas ventajas que ofrece frente a los métodos convencionales que usan elementos granulares. Asegurar la condición óptima de las capas tratadas con superficie-cemento exige que estas posean durabilidad, para lo cual es fundamental

que presenten alta capacidad portante y resistencia a las condiciones climáticas, siendo la fase de diseño crucial para alcanzar este objetivo. Para alcanzar un desempeño adecuado en las coberturas de suelo-cemento, resulta imprescindible comprender las características del elemento y su conducta ante la variación de sus componentes y sus correspondientes dosificaciones. Por esta razón, el análisis de las propiedades adquiere creciente relevancia, motivo por el cual la investigación se concentra en determinar ciertas características del suelo-cemento, tales como la firmeza a presión, el modelo de flexibilidad dinámico y el coeficiente estructural, para dosificaciones de cemento entre 3%, 5% y 7% en peso, estableciendo además correlaciones entre dichas variables. Asimismo, se exponen elementos relativos al suelo-cemento como sus conceptos fundamentales, usos, beneficios, limitaciones, componentes constitutivos, características físicas y mecánicas, metodología de diseño, procedimiento constructivo y control de calidad, entre otros. El propósito es brindar al lector una visión global y, simultáneamente, un instrumento que facilite la optimización en el empleo del superficie-cemento para asientos, sub-bases y capas de rodadura en concretos (p. 11). Flores (2015), Ultima: "1. La combinación de materiales procedentes de la pedrera Taparachi e Isla en Juliaca evidencia un óptimo desempeño en sus características físicas para el croquis de Base y Subbase, cumpliendo satisfactoriamente con los requerimientos de la normativa EG-2000. 2. La composición de superficies de dichas caleras también presenta un comportamiento mejorado en sus particularidades mecánicas para el boceto de Base y Subbase, alcanzando los parámetros establecidos por la normativa EG-2000. La combinación de materiales de la pedrera Taparachi e Isla en Juliaca demuestra una capacidad portante adecuada para superficies tratados con cemento, determinándose que la dosificación óptima para Bases es del 7% en peso de la composición, logrando un

índice CBR de 69% que desempeña con las normas de la norma EG-2000 para capas de base. De manera análoga, al examinar los resultados para Subbases, se determinó que la dosificación óptima de emulsión asfáltica es del 7% respecto al peso de la composición de las pedreras estudiadas, logrando un CBR de 26% que cumple con las especificaciones de la normativa EG-2000 para Subbases. El análisis de los hallazgos evidencia un incremento del CBR entre 26% y 69% hasta alcanzar el contenido óptimo de cemento. La proporción óptima de este material genera características distintivas en la mezcla estudiada. (p. 310).

Palli (2015), El estudio denominado "Manual básico para estabilidad de superficies con cal en vías de menor ímpetu tránsito de San Román", sintetiza: El fin principal de este proyecto es establecer la consecuencia de la estabilidad con cal en las particularidades mecanismos de suelos blandos (específicamente el CBR) y desarrollar un manual básico para el tratamiento de suelos en rutas de tráfico reducido en la provincia de San Román. El estudio realizado corresponde a una indagación experimental, con un boceto metodológico de carácter experimental. Esto se debe a que se manipula deliberadamente una variable para examinar sus efectos y consecuencias. El montón experimental fue constituido por pedreras de la Municipalidad de San Román que presentaban un Índice de Plasticidad igual o superior al 12%. Tras realizar la verificación de suposición mediante la prueba t de Student, se logró aprobar la proposición inicial, concluyendo que la incorporación de CaO a las superficies blandas de la Municipalidad de San Román incrementa significativamente la capacidad portante del terreno (C.B.R.) inclusive un 100% respecto al valor de la superficie natural, cometiendo así con las Descripciones Técnicas establecidas en las reglas peruanas (EG-2013) (p. 11). Palli (2015), ultimó: "La CaO como funcionario estabilizante sí optimiza las particularidades mecánicas del elemento de pedrera, que

al combinarla con la superficie se genera un efecto inmediato de floculación y cambio iónico, continuando de un proceso puzolánico prolongado que forma nuevas mezclas químicos. La CaO al interactuar con la sílice, alúmina de los átomos de la superficie y el H2O, produce aluminatos y silicatos análogos del cemento; este fenómeno incrementa sustancialmente el CBR del terreno, pensandolo adecuado para su empleo en la construcción de Asegurados como la normativa EG-2013. Para la calera Chullunquiani (#1), la dosificación óptima de Cal que incrementa el CBR hasta niveles aceptables para asegurados es del 2%. En la pedrera Taparachi (#2), el % ideal de CaO para optimar el CBR y hacerlo preparado para asegurados es del 1%. Como agente estabilizador, la Cal reduce moderadamente el LL y eleva el LB, generando una disminución del Indicio de Flexibilidad de las superficies (p. 136).

2.2 Marco teórico.

2.2.1 Suelos

Como Juárez & Rico (2005). “El término "suelos" comprende toda clase de elemento térreo, que abarca rellenos y desechos hasta areniscas con cierto grado de cementación”. (p. 34).

La conceptualización de superficie proporcionada por Crespo (2004) establece: "El suelo constituye una cubierta superficial de la capa terrestre formada por elemento derivado de la separación y/o modificación química y/o física de las piedras, junto con los desechos de las diligencias de los organismos que en él habitan" (p. 18).

2.2.1.1 Tipos de Suelos.

De acuerdo con Crespo (2004), se detallan las primordiales clasificaciones de superficies:

a) *Gravas.*

Las gravas constituyen depósitos no consolidados de partículas rocosas con diámetros superiores a dos milímetros. Durante su transporte hidráulico experimentan abrasión en sus vértices, adquiriendo forma esferoidal. Como material no cohesivo se localizan frecuentemente en cauces fluviales, riberas y áreas de deposición aluvial. Generalmente presentan asociación variable con cantos pulidos, arenas, sedimentos limosos y arcillas. Su granulometría oscila entre 7.62 cm (3") y 2.0 mm.

b) *Arenas.*

Elementos de granulometría fina provenientes de la erosión de piedras o de su molienda mecánica, tales moléculas presentan diámetros entre 2 mm y 0.05 mm. El comienzo y presencia de las sílices es similar al de los cascajos; frecuentemente se hallan coexistiendo en un mismo yacimiento.

c) *Limos*

Corresponden a suelos de granulometría fina con escasa o nula plasticidad, que pueden presentarse como limo inorgánico de origen canterano, o como limo orgánico de procedencia fluvial, manifestando en este caso particularidades blandas. La dimensión de sus moleculas se sitúa entre 0.005 mm y 0.05 mm. Los limos no consolidados en estado de saturación resultan totalmente inapropiados para transmitir cargas mediante cimentaciones superficiales. Su coloración oscila entre tonalidades grises claras y muy oscuras. Los limos orgánicos presentan una permeabilidad extremadamente reducida y una elevada compresibilidad. Cuando estos materiales no se encuentran en estado compacto, suelen clasificarse como suelos inadecuados para cimentación.

d) *Arcillas*

Se trata de moléculas con dm inferior a 0.005 mm cuya masa adquiere propiedades plásticas al hidratarse. Químicamente corresponden a silicatos de aluminio hidratados, frecuentemente con presencia de silicatos de Fe o Mg hidratados. Su esquema suele ser cristalina y compleja, con moleculas organizados en láminas. Las arcillas son materiales plásticos, susceptibles a contracción por secado, muestran cohesión variable según su contenido húmedo, son compresibles y experimentan consolidación lenta bajo carga. (p. 22).

2.2.2 Propiedades Fundamentales de los Suelos.

2.2.2.1 Análisis Granulométrico.

"En toda alineación de superficie existe una considerable variabilidad en las dimensiones de las partículas. Para lograr una clasificación adecuada del terreno, es necesario determinar su composición granulométrica. La distribución de partículas en suelos de textura gruesa generalmente se establece mediante análisis de tamizado, mientras que en suelos de grano fino se utiliza la prueba con hidrómetro. A continuación, se describen los principios esenciales de estos procedimientos analíticos" (Braja, 2012, p. 2).

"La granulometría constituye la repartición dimensional de las partículas del agregado, establece mediante el procedimiento de tamizado determinado en la norma técnica MTC E-107. El proyecto granulométrico tiene como objetivo cuantificar las simetrías de los distintos componentes del material y clasificarlos como sus dimensiones" (MTC, 2014, p. 30).

La clasificación de los términos para el suelo se establece con base en la dimensión de sus atomos:

Tabla 1

Clasificación de suelos según tamaño de partículas

Tipo de material		Tamaño de las partículas
Gravas		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm Arena media: 2.00 mm – 0.425 mm Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Nota. Tomada del MTC, 2014, p. 33.

2.2.2.2 Plasticidad.

Como, Juárez & Rico (2005). "En mecanismo de superficies, la blandes es el atributo que permite a un material sufrir deformaciones rápidas y sostenidas sin presentar rebote elástico, cambios volumétricos significativos, desintegración o fracturas. Se trata de una cabida de estabilización que mantiene la cohesión del suelo a un límite de humedad específico, la cual está determinada exclusivamente por la fracción de partículas finas y no por los componentes gruesos" (MTC, 2014, p. 31).

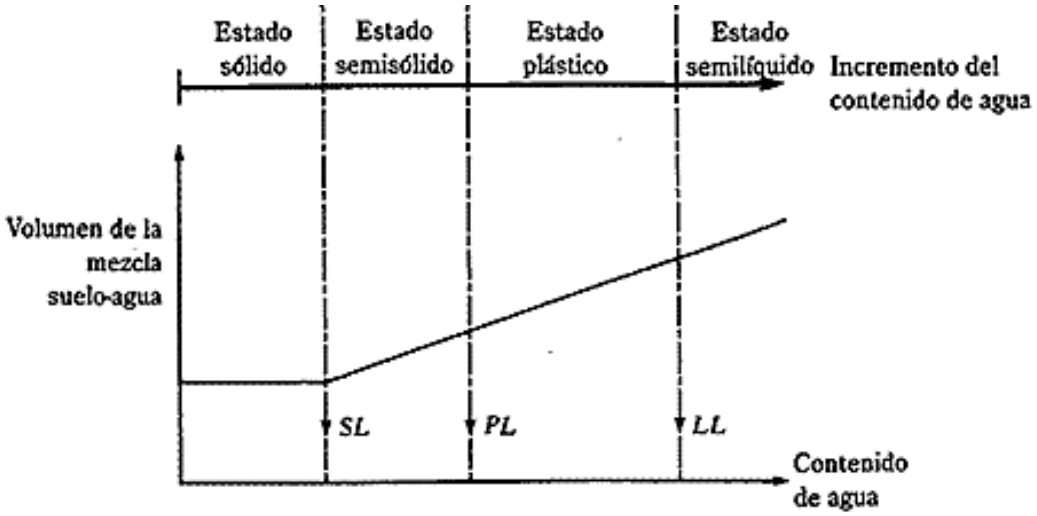
Como Crespo (2004), la plasticidad es la cabida de una superficie de deformarse sin fracturarse hasta un punto específico. Esta propiedad permite valorar la conducta del suelo en cualquier instante. Las arcillas manifiestan esta particularidad en distintos niveles. Para cuantificar la blandes de una superficie se emplean los Límites de Atterberg, los cuales demarcan los 4 estados de firmeza en superficies cohesivos: Límite Plástico (L.P.), Límite Líquido (L.L.) y Límite de Contorsión (L.C.)

(p.69).

Como el MTC (2014). "Los Fondos de Atterberg instituyen la susceptibilidad de una superficie a los cambios de conducta según su humedad, definiendo las fronteras entre sus 3 fases de firmeza. Así, una superficie puede hallarse en etapa líquido, semisólido o plástico. Los parámetros que miden esta cohesión del terreno son: el LPLP, normativa MTC E 111), el LL (LL, norma MTC E 110) y el LC (LC, norma MTC E 112)" (p.31).

Figura 1

Límites de Atterberg



Nota. Tomado de Braja M., 2014

A. *Limite Liquido (LL).*

"Se denomina Límite Líquido al comprendido de filtración, mencionado como porcentaje del peso del muestreo seco, en el que una superficie pasa de un estado fluido a uno dúctil y comienza a ser moldeable. En este umbral, la cohesión interna del material es prácticamente nula" (Crespo, 2004, p. 70).

Mediante la usanza de la cuchara de Casagrande (siguiendo el procedimiento

ASTM D-4318), se establece el término líquido como la humedad de la muestra en el momento en que el surco normalizado de 12.7 mm se une posteriormente de exactamente 25 impactos (Braja, 2012, p. 17).

B. ***Limite Plástico (LP).***

"Se precisa como el comprendido de filtración con el cual la superficie se raja al ser enrollado hasta crear un cilindro de 3.18 mm de Ø. El procedimiento, normalizado por la norma ASTMD-4318, consiste en amasar manualmente y hacer rodar repetidamente en una superficie de cristal una muestra de superficie de forma ovalada" (Braja,2012, p.16).

C. ***Índice de Plasticidad (IP).***

Se precisa como el hallazgo de la discrepancia numérica entre el LL y LP de una superficie. La ejecución de este ensayo se realiza siguiendo estrictamente el protocolo determinado en la normativa correspondiente NTP 339.129 (ASTM D-4318).

$$IP = LL - LP$$

En correspondencia con MTC, (2014). "Los índices de flexibilidad simboliza el rango de filtración en la que la superficie presenta una conducta plástica, constituyendo una medida eficaz para su categorización. De esta manera, los suelos pueden categorizarse de acuerdo con los siguientes criterios basados en su índice de plasticidad" (p. 31).

Tabla 2

Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad

Índice de plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Madia	Suelos arcillosos
IP < 7	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plática (NP)	Suelos exentos de arcilla

Nota. Tomada del MTC, 2014, p. 32.

2.2.2.3 Humedad Natural.

"El relente nativo constituye otra propiedad esencial de las superficies, pues la cabida portante de los elementos de subrasante, particularmente los de granulometría fina, está directamente coherente con las situaciones de relente y densidades que muestren" (MTC, 2014, p. 33).

"El ensayo de filtración natural (MTC E 108) permite contrastar este valor con el relente óptimo establecida en el Proctor para establecer el CBR (MTC E 132). Si el relente nativo es semejante o menor a la inapreciable, se sugiere una presión estándar con el agregado de H2O necesario. Si es superior, dependiendo del grado de saturación, se deberá incrementar el brío de compactación, ventilar la superficie o sustituir el elemento harto" (MTC, 2014, p. 34).

El porcentaje de relente se determina mediante la siguiente ecuación:

$$w = \frac{M_{CWS} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C} * 100 = \frac{M_W}{M_S}$$

Donde:

Mcws = peso del contenedor más la superficie húmeda, en gr.

W = contenido de humedad, (%).

Mc = peso del contenedor, en gr.

Mcs = peso del contenedor más la superficie secada en horno en gr.

Ms = peso de los átomos sólidos, en gramos.

Mw = peso del H2O, en gr.

2.2.2.4 Clasificación de los suelos.

"Las superficies con características afines logran agruparse en categorías y subdivisiones según sus propiedades mecánicas y su conducta ingenieril. Los esquemas de codificación establecen un expresión igualada que permite relatar de forma resumida las cualidades corrientes de las superficies-extremadamente diversas- sin necesidad de descripciones extensas. Actualmente, 2 sistemáticas de codificación detallados que emplean las curvas granulométricas y los límites de flexibilidad son ampliamente utilizados en ingeniería: el sistema AASHTO y el sistema Unificado (SUCS)" (Braja, 2014, p. 78).

Como el MTC (2014). "Una vez establecidas las propiedades del suelo conforme a los apartados previos, será posible predecir con adecuada precisión su comportamiento, fundamentalmente mediante el análisis de su curva granulométrica, plasticidad e índice de grupo; procediendo posteriormente a su clasificación. Dicha clasificación se realizará conforme al sistema especificado en la Tabla 3" (p.33).

"Este sistema de clasificación posibilita anticipar la conducta estimado de las superficies, lo cual cooperara a definir las divisiones homogéneas a partir de la

apariencia geotécnica. Seguidamente, se expone una reciprocidad entre los 2 sistemas de codificación más extendidos: ASTM (SUCS) y AASHTO" (MTC, 2014, p. 33).

Tabla 3

Correlación de Tipos de Suelos AASHTO – SUCS

Clasificación de suelos AASHTO AASHTO - 145	Clasificación de suelos SUCS ASTM – D - 2487
A – 1 -a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A – 1 - b	GM, GP, SM, SP
A - 2	GM, GC, SM, SC
A - 3	SP
A - 4	CL, ML
A - 5	ML, MH, CH
A - 6	CL, CH
A - 7	CH, MH CH

Nota. Tomada del MTC,2014, p.33.

A. *Clasificación del Sistema de AASHTO.*

Como el escritor. Das (2012). "El Esquema de Simbolización de Superficies AASHTO fue desarrollado inicialmente por el Junta de Codificación de Elementos para Subrasantes y Rutas de Base Granular del Highway Research Board en el año 1945" (p. 19).

"El sistema actual clasifica los suelos en siete grupos primordiales (A-1 a A-7) con base en su repartición granulométricas, índice de flexibilidad y límite líquido. Los conjuntos A-1, A-2 y A-3 corresponden a superficies granulares, en tanto que los A-7, A-6, A-5 y A-4 son superficies de textura fina. Los materiales altamente orgánicos como la turba y el fango se categorizan como A-8 y se asemejan por medio de

inspección sensoria" (Braja, 2012, p. 18).

Figura 2

Clasificación de los Suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)				
Clasificación de Grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de:												
2 mm (N° 10)	máx. 50											
0.425 mm (N° 40)	máx. 30	máx. 50	mín. 51									
F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 15	máx. 25	máx.10	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36
Caracteristicas de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)												
Caracteristicas de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)												
LL: Límite de Líquido				máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	Mín. 41	máx. 40	mín. 41	mín. 41
IP: Índice de Plasticidad	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11 [a]	mín. 11 [b]
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como sub rasante	Exelente a bueno					Regular a insuficiente						

(a) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-5: es igual o menor que LL-30.
(b) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-6: es mayor que LL-30.
- Cuando se requiera relacionar los grupos con el Índice de Grupo (IG), estos deben mostrarse entre paréntesis después del símbolo del grupo, ejemplo: A-18:182-6 (3), A-4(5), A-7-5 (17), etc
IG = (F-35) [0.2+0.005 ((LL-40)] +0.01 (F-15) (IP-10).

Nota. Tomada del Manual de carreteras 2014, p.36.

"Para la valoración atributiva de la idoneidad de una superficie como material de subrasante en vías, se creó un indicador denominado IG. La calidad del suelo como subbase es inversamente proporcional a este valor, donde un IG más elevado corresponde a un desempeño más deficiente. Un IG semejante o superior a 20 identifica un material altamente inadecuado para esta aplicación" (Braja, 2012, p. 19).

$$IG = (F_{200} - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F_{200} - 15)(IP - 10)$$

Donde:

F200 = % que pasa la malla núm. 200, mencionado como un dígito entero.

LL = Límite Líquido.

IP = Índice de Blandes.

Al determinar el IG para superficies clasificados como A-2-7 o A-2-6, se aplica exclusivamente la porción de la fórmula del IG que corresponde al índice de blandes:

$$IG = 0.01(F_{200} - 15)(IP - 10)$$

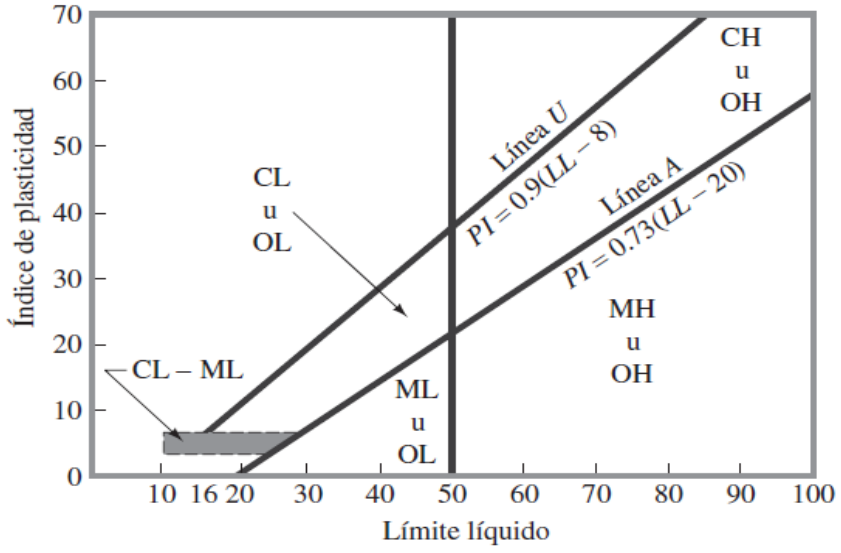
"Las superficies clasificadas en los grupos A-1-b, A-1-a, A-2-4, A-3 y A-2-5 presentan invariablemente un índice de grupo igual a cero" (Braja, 2012, p.19).

B. *Sistema Unificado SUCS.*

Como el escritor Braja (2012). "Desarrollado primeramente por A. Casagrande en 1942, el Esquemas Unificado de Codificación de Suelos fue subsiguientemente modificado y puesto en práctica por el United States Bureau of Reclamation y el Entidad de Ing. del Ejército estadounidense. Hoy en día, esta técnica se ha transformado en el estándar dominante en la ingeniería geotécnica internacional y hace uso de una simbología particular para la clasificación de superficies" (p. 19).

Figura 3

Gráfica de Plasticidad



Nota. Tomada de Braja M., 2014, p.84

Tabla 4

Clasificación de Suelos SUCS

Criterio para la asignación de símbolos de grupo				Símbolos de grupo
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	Gravas Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias Menos de 5% finos[a]	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^e$	GW
			$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^e$	GP
		Gravas con finos Más de 12% finos[a,d]	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	GM
			$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	GC
	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Arenas limpias Menos de 5% finos[b]	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^e$	SW
			$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^e$	SP
		Arenas con finos Más de 12% finos[b,d]	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	SM
			$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	SC
Suelos de grano fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Limos y arcillas Límite líquido menor que 50	Inorgánico	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)[c]	CL
			$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)[c]	ML
		Orgánico	$\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$; vea la figura 4.2; zona OL.	OL
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o más	Inorgánico	Gráficos *PI* en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	CH
			Gráficos *PI* por debajo de "A" línea (figura 4.2)	MH
		Orgánico	$\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$; vea la figura 4.2; zona OH	OH
Suelos altamente orgánicos	Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico			Pt

Nota. Tomada de Braja M., 2014, p.83. Se presenta la metodología para establecer los símbolos grupales correspondientes a diversos tipos de superficies. Durante la clasificación, es necesario asignar tanto la denominación del grupo —que caracteriza genéricamente el suelo— como su símbolo asociado.

2.2.2.5 Compactación de suelos.

"La Compresión consiste fundamentalmente en las densificaciones del terreno por medio de la expulsión de aire, proceso que demanda aplicación de brío mecánica. El nivel de compactaciones alcanzado se cuantifica mediante el peso unitario seco del material. El agua incorporada durante este proceso funciona como lubricante entre las partículas, facilitando su reacomodo hacia una configuración más densa. Inicialmente, el peso unitario seco incrementa en proporción directa al comprendido de filtración" (Braja, 2001, p. 51).

A. Ensayo de Proctor

"Llamado así en homenaje a su autor, el ingeniero norteamericano R.R. Proctor, este método de laboratorio se centra en identificar el incluso de agua ideal para lograr las máximas compactaciones de una superficie" (Bañón & Beviá, 2000, pág. 15).

"La prueba se lleva a cabo siguiendo los estándares MTC E 115 y ASTM D 1557, e incluye los métodos de compactaciones de recinto orientados a establecer la correspondencia entre la Filtracion y el PUS del terreno (gráfica de compresion). El proceso se desarrolla en un horma de 101,6 o 152,4 mm de Ø con un pisón de 44,5 N que cae a partir de 457 mm, generando así una Energía de Compresion de 2700 kN-m/m³" (MTC, 2016, p. 105).

2.2.2.6 *CBR del suelo.*

Como el MTC (2014): "Este procedimiento, regido por la normativa MTC E 132, instituye que tras clasificar las superficies por medio de los sistemas AASHTO y SUCS en las vías contempladas en este manejable, se debe desarrollar un contorno estratigráfico por zona homogénea o trecho analizado. Dicho perfil servirá para definir el plan de ensayos destinado a obtener el CBR, parámetro que cuantifica la cabida portante o firmeza del terreno, concerniente al 95% de la DSM y a una introducción de 2.54 mm" (MTC, 2014, p. 35).

Como el MTC (2014), en la determinación del importe CBR de proyecto correspondiente a las subrasantes, se corresponderán tomar en consideración los siguientes discernimientos:

Para las zonas que cuenten con seis o más determinaciones de CBR por tipo de superficie característico o por tramo de particularidades uniformes, se calculará el CBR de proyecto de las subrasantes tomando el valor promedio del conjunto de hallazgos conseguidos en cada sector homogéneo.

1. Para divisiones con menos de seis determinaciones de CBR por prototipo de superficie característico o por tramo homogéneo, el CBR de diseño de la

subrasante se establecerá según estos juicios: cuando los valores sean uniformes, se adoptará su cociente. Cuando los valores de CBR presenten dispersión significativa, se adoptará el valor crítico (el mínimo registrado) o, alternativamente, se procederá a subdividir el tramo para crear subsectores con valores homogéneos y calcular promedios representativos. Los subsectores deberán tener un diámetro minúsculo de 100 metros. Se consideran valores homogéneos aquellos que se ubican adentro del mismo rango de clase de cimiento especificado en la Tabla 7.

2. Una vez establecido el valor del CBR de proyecto para cada zona homogénea, se clasificará la clase de subrasante correspondiente al sector o subtramo, conforme a los criterios que se especifican a continuación: (p. 35).

Tabla 5

Categoría de Subrasante

Categorías de Sub rasante	CBR
S0: Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2: Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S3: Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4: Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5: Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Nota. Tomada del Manual de carreteras 2014, p.37.

2.2.3 Subrasante.

La Subrasante constituye el área finalizada del corriente de tierras (rellenos y cortes) de la vía, la cual sirve de base para la distribución de la distribución del

pavimento o capa de afirmado.

"La subrasante funciona como centro inmediato de la distribución del concreto y constituye el componente superior del prisma vial, ubicándose entre la explanada acondicionada y el pavimento. Corresponde a la capa superior de los rellenos o la parte inferior de las excavaciones en terreno nativo, integrada por superficies específicamente elegidos por sus propiedades apropiadas y compactados por coberturas para conformar un elemento estable capaz de resistir las cargas vehiculares de diseño sin sufrir daños. La cabida de carga durante su funcionamiento, en combinación con el volumen de comercio y las particularidades de los agregados de rodadura, constituyen los criterios esenciales para dimensionar la distribución del pavimento superior" (MTC, 2014, p.20).

"El espesor requerido de un pavimento, ya sea dúctil o severo, pende significativamente de las propiedades de este manto. Como indicador de valoración se esgrime la cabida portante o firmeza a la imperfección por tajante ante las cargas vehiculares" (Alvarez, 2013, p. 2).

"La subrasante puede integrarse con materiales de origen nativo en su condición original o con estos mismos después de ser tratados con técnicas de mejora, como compactación mecánica o modificación de sus propiedades con aditivos (cemento Portland, asfalto, cal, cenizas volantes, etcétera)" (Alvarez, 2013, p. 6).

2.2.3.1 *Propiedades de la Subrasante.*

a) **Propiedades Físicas:** Los patrimonios físicos se asocian con la naturaleza del material empleado y sus particularidades de construcción. Estas incluyen la distribución granulométrica

(atributos iniciales del terreno), la clasificación de suelos y la relación humedad-densidad.

b) **Propiedades Ingenieriles:** Estos indicadores ofrecen una apreciación de la aptitud de elementos para la edificación de carreteras. Entre los análisis a considerar se encuentran: el módulo resiliente, el coeficiente de Poisson, el índice CBR y el módulo de fuerza de la finca de fundación (k).

2.2.3.2 Caracterización de la subrasante.

Como el MTC (2014): "Para establecer los patrimonios físico-mecánica de agregados del cimiento, se realizarán estudios por medio de la hoyo de pozos de exploración o calicatas con una hondura menor de 1.5 m. Estas calicatas se situarán longitudinalmente de manera alternante dentro de la franja correspondiente al amplio de la calzada, manteniendo trayectos cerca de uniformes. De cada estrato identificado en las calicatas se extraerán muestreos característicos que serán catalogadas e individualizadas por medio de un registro con la localización de la excavación (en ejes UTM - WGS84), dígito de muestreo y hondura, para prontamente ser depositadas en sacos de polietileno y ser transportadas al recinto. La cabida portante de servicio, combinada con la circulación proyectada y las propiedades de materiales de rodaduras, acceden los parámetros esenciales para el dimensionamiento de la superestructura del piso. Durante la fase constructiva, los treinta centímetros finales del terreno bajo el nivel prócer de la subrasante requieren una compactación equivalente al 95% de las densidades seca máxima alcanzada en la prueba Proctor reformado" (pp. 26-27).

2.2.4 Pavimentos.

2.2.4.1 Definición de Pavimento.

"El concreto constituye una distribución multicapa edificada sobre la subrasante vial, destinada a absorber y distribuir las tensiones generadas por el tránsito vehicular, mejorando simultáneamente los contextos de protección y confort para los usuarios" (MTC, 2014, p. 21).

Como Montejo (2008): "Un concreto consiste en un sistema de cobertura sobrepuestas, dispuestas horizontalmente, que se proyectan y ejecutan con criterio técnico utilizando elementos seleccionados y espesados apropiadamente. Estas distribuciones estratificadas se sustentan sobre las subrasantes del camino, resultante del corriente de tierras a lo largo de la explanación, y deben soportar eficazmente las tensiones transmitidas por las cargas repetitivas del tránsito a lo largo del período de vida favorable previsto en el diseño estructural" (p.1).

2.2.4.2 Estructura del Pavimento.

Como MTC (2014), La estructura de la pavimentación está compuesta por las subsiguientes coberturas superpuestas:

a) **Capa de Rodadura:** La área de rodadura es la cobertura prócer del concreto, que puede ser asfáltica (flexible), de hormigón (rígida) o de adoquines, y cuya función principal es resistir derechamente las cargas del tráfico.

b) **Base:** Esta capa subyacente a la superficie de rodamiento posee como puesto primordial recibir, mercantilizar y transferir las cargas originadas por la circulación. Estará formada por material granular con capacidad drenante (CBR

≥ 80%) o será estabilizada con chapopote, cemento o cal.

c) **Sub base:** Corresponde a una cobertura de espesor proyectado fabricada con material seleccionado, que brinda respaldo estructural a la base y a la cubierta de rodadura, al mismo tiempo que cumple funciones de drenaje y regulación de la humedad por capilaridad. Su inclusión está sujeta al boceto de la organización del concreto, siendo posible prescindir de ella en algunas situaciones. Puede construirse con agregados granulares (CBR ≥ 40%) o mediante estabilización con asfalto, cemento o cal. (p. 21).

2.2.4.3 Requisitos de Calidad para Pavimentos.

"En la edificación de capas de afirmado, ya sea con agentes estabilizadores o sin ellos, se emplearán agregados granulares de origen natural provenientes de sobrantes de excavación, canteras o residuos de procesos metalúrgicos, los cuales estarán especificados en el Expediente Técnico y autorizados por la Supervisión; también podrán generarse a partir de la pulverización de piedras o gravas, o mediante la combinación de materiales de diferentes procedencias. Los granos del adherido corresponderán ser duros, firmes y durables, no presentar abundancia de atomos planas, blandas o quebradizas, y hallarse libres de componentes orgánicos" (MTC, 2013, pp. 237-238).

Como el MTC (2013), l as especificaciones de condición que pueden satisfacer los agradados tendrán que adecuarse a lo fijado en la normativa correspondiente:

- Límite Líquido: 35% máx. (MTC E 110).
- Desgaste Los Ángeles: 50% máx. (MTC E 207).
- CBR (1): 40% mín. (MTC E 132).
- Índice de Plasticidad: 4-9% (MTC E 111).

Corresponde al 100% de la DSM con una introducción de carga de 0,1 " (2,5 mm). (p.238).

2.2.5 Estabilización de suelos.

"El proceso de equilibrio superficial reside en optimizar las particularidades físicas del terreno a través de métodos de compactación y la adición de agentes químicos, ya sean de origen nativa o artificial. Estas técnicas se emplean frecuentemente en terrenos de cimentación deficientes, generando composites como suelo-cemento, superficie-cal, superficie -asfalto y otras combinaciones similares Por otra parte, cuando se trata el mejoramiento de subbases o bases granulares para optimizar su calidad, el proceso se denomina base o subbase granular tratada (con asfalto, cal, cemento, etc.)" (MTC, 2014, p. 92).

Como S/Rev (2004): "El propósito de la estabilidad es modificar las propiedades elásticas, resistentes y de durabilidad del suelo para optimizar su comportamiento ante las gabelas deformantes de la circulación y los agentes atmosféricos. Conceptualizado de manera simple, consiste en alterar ciertas características naturales del terreno para permitir su uso como sustituto de materiales menos accesibles o de mayor costo. El perímetro de diligencia de esta técnica es amplio y está condicionado, entre otros factores, por la categoría de la vía (subbase, subrasante y base)". (p. 2).

Como Fajardo & Vasquez (2014). "El propósito de las estabilizaciones es emplear aditivos especializados para optimizar las características geotécnicas del terreno y garantizar su idoneidad para los procesos constructivos" (p. 3).

2.2.5.1 Propiedades del suelo que se mejoran por estabilización.

a) Estabilidad volumétrica.

"Como método de procesamiento para estas superficies, la estabilización considera cambios en las cargas impuestas, la inclusión de estratos drenantes y la gestión de la humedad, entre otros factores. Este procedimiento busca transformar el material en una estructura severa o en un agregado granular con átomos cohesionadas mediante enlaces con la resistencia necesaria para afrontar las tensiones expansivas internas" (Rico & Del Castillo, 2005, p. 494).

"Las metodologías contemporáneas para prevenir alteraciones dimensionales en suelos incluyen la humidificación periódica del terreno, la aplicación de sobrecargas que contrarresten las presiones de hinchamiento y la implementación de barreras impenetrables" (Montejo, 2002, p. 77).

b) Resistencia Mecánica.

Se disponen diversas sistemáticas para incrementar la capacidad portante de numerosos tipos de suelo. Las compactaciones constituyen, de hecho, una modalidad de estabilizaciones mecánicas empleada para potenciar la resistencia del terreno.

"Entre las técnicas de estabilización más comunes para mejorar la cabida de carga del suelo se encuentran la compresion, la alcantarilla, la precarga, la estabilidad mecánica mediante combinación con demás superficies y la estabilidad química con cal, cemento o AL. La firmeza de los materiales térreos, con pocas anomalías, generalmente muestra valores inversamente proporcionales a su comprendido de relente" (Rico & Del Castillo, 2005, p. 495).

c) Permeabilidad.

"Se logra cambiar las permeabilidades de los estratos de superficie mediante tecnicas como la inyección y las compactaciones. En superficies arcillosos, la adición de hidróxido de calcio o cascote genera un acrecentamiento en el coeficiente de filtración, mientras que el empleo de agentes defloculantes como la polifosfato puede disminuir este valor" (Rico & Del Castillo, 2005, p. 495).

"Al compactar una superficie arcillosa con bajo contenido de humedad se puede generar una permeabilidad elevada, ya que sus partículas mantienen su estructura y resisten la energía de compactación. Por el contrario, al aumentar la humedad de compactación se reducen los valores de permeabilidad en el material compactado, el cual tiende a deformarse eliminando sus espacios vacantes" (Montejo, 2002, p. 79).

d) Compresibilidad.

"La compresibilidad afecta significativamente las propiedades del suelo al modificar su permeabilidad, alterar las magnitudes y dirección de las fuerzas interparticulares, cambiar la firmeza al corte y generar lanzamientos. Cabe considerar que el proceso de remodelado del terreno inevitablemente produce variaciones en su conducta compresible" (Montejo, 2002, pp. 79-80).

e) Durabilidad.

"La durabilidad es la cabida del suelo para aguantar agentes como la intemperización, la erosión o la abrasión por tránsito, siendo esta última particularmente relevante en suelos próximos al área de rodadura. Estos fenómenos pueden conmover tanto a superficies nativos como estabilizados. Los procesos de

estabilización mejoran ciertas propiedades, aunque en muchos casos modifican otras características del material" (Rico & Del Castillo, 2005, p. 495).

2.2.5.2 *Ensayos para realizar la caracterización de los suelos.*

Como Fajardo & Vasquez (2014), las pruebas logran clasificarse en:

a) **Ensayos básicos:** La clasificación depende solo de la composición de la superficie y, por lo tanto, de sus características inherentes, particularmente la curva granulométrica y límites de Atterberg. (p.7).

b) **Ensayos complementarios:** Estos parámetros corresponden a propiedades asociadas al estado natural del terreno, como las densidades in situ y el contenido de relente. Los procedimientos de evaluación incluyen: ensayo Proctor Reformado, preparación de tubos, técnicas de aliviado y prueba de compresiones simples. (p. 7).

2.2.5.3 Métodos de Estabilización de Suelos.

La selección de la técnica de estabilizaciones está determinada directamente por la clasificación del suelo y la característica específica que requiere modificación para alcanzar las especificaciones técnicas requeridas.

Como Fajardo & Vasquez (2014). "Estos procedimientos abarcan desde la adición de componentes o elementos que confieran estabilidad al terreno, hasta la creación de sistemas de protección efectivos contra la influencia de los agentes meteorológicos" (p. 8).

a) ***Estabilización Mecánica.***

"Son aquellos procedimientos que permiten optimizar significativamente las

propiedades de un suelo sin generar reacciones químicas relevantes, logrando una adecuada compactaciones y densificaciones del agregado de soporte" (Fajardo & Vasquez , 2014, p. 10).

"La compactación constituye un método de mejoramiento que permite optimizar significativamente las propiedades del suelo sin generar reacciones químicas relevantes. Esta técnica se aplica comúnmente en las capas de subbase, asiento y en las superficias asfálticas" (Equiservicios Industriales S.A.S., 2016, p. 3).

"La compactación puede considerarse el procedimiento más relevante, ya que no solo genera mejoras inherentes en todas las situaciones, sino que además complementa a los demás métodos. Se realiza aplicando energía mecánica a la superficie, mercantilizado en capas de espesor semejante según el grupo disponible. La humidificación debe considerar el contenido óptimo de humedad más las pérdidas por manipulación (mezcla, evaporación, etc.), mientras que la densificación requiere equipos de compactación apropiados para el agregado" (S/Rev, 2004, p. 2).

b) ***Estabilización Física.***

"Este método busca alcanzar una distribución granulométrica óptima mediante la incorporación de materiales granulares, cohesivos o una combinación de ambos al suelo original" (Fajardo & Vasquez, 2014, p. 14).

Se emplea para optimizar las propiedades del terreno mediante la modificación de sus características físicas.

c) ***Estabilización Química.***

"Reside en la diligencia de un empleado químico estabilizante que, al mezclarse

con la superficie, modifica sus propiedades mediante procesos fisicoquímicos superficiales. Esta estabilización química emplea aditivos como cal, asfalto, cemento, permeabilizantes o cloruro de sodio para transformar las características del terreno" (Fajardo & Vasquez, 2014, p. 17).

Duarte (2013) marca: "En proyectos viales, estos agregados químicos se emplean primordialmente en bases, sub-bases y terraplenes para asegurar la estabilización de la víaes agentes estabilizador empleado será el específicamente seleccionado y especificado en el estudio.

Cal: La cal reduce las plasticidades de las superficies arcillosas y presenta un bajo costo. El cemento Portland incrementa la capacidad portante del terreno y se emplea primordialmente en arenas o gravas finas.

Cloruro de Sodio: estos materiales reducen la permeabilidad y controlan la emisión de partículas en suspensión, siendo especialmente efectivos en suelos arcillosos y limosos.

Productos Asfálticos: Se trata de una emulsión asfáltica ampliamente utilizada en materiales granulares sin cohesión.

Escorias de Fundición: El asfalto se usa frecuentemente en capas de rodadura para incrementar su firmeza, proporcionar impermeabilización y extender su durabilidad. El cloruro de calcio reduce la permeabilidad y controla la emisión de polvo en suelos, particularmente en materiales arcillosos y limosos.

Polímeros: Este material se usa frecuentemente en capas de rodadura asfáltica para incrementar su capacidad estructural, proporcionar impermeabilización y

extender su vida de servicio" (pp. 9-10).

2.2.6 Estabilización mixta.

Comenzando en el 2006 se implementaron adeudos de estabilización combinada, inicialmente con cal y posteriormente con cemento, con el objetivo de utilizar integralmente los materiales de excavación del proyecto.

"Al levantar la cal el pH de la superficie estabilizada a 12,4, se disuelven sílice y alúmina de arcillosos del barro que desobedecen con los iones de Ca de la CaO, generado aluminatos y silicatos de calcio disueltos que, de modo similar a lo que sucede en el cemento Portland, incrementan las resistencias mecánicas del material. Estas reacciones puzolánicas se desarrollan progresivamente con el tiempo, mejorando la impermeabilidad, capacidad estructural y resistencia a la congelación del suelo tratado. Alguno de estos efectos, ya sea de forma individual o combinada, puede utilizarse para potenciar la acción de las cales en determinados suelos que posteriormente serán tratados con otros aglomerantes, como sucede frecuentemente con el cemento. Cuando los suelos destinados a tratamiento con cemento para capas estructurales presentan elevada humedad o plasticidad, una estabilización preliminar con bajos porcentajes de cal (aproximadamente 1%) optimiza la efectividad del cemento, reduce la dosificación requerida y minimiza los riesgos asociados" (Sampedro, 2005, pág. 10).

2.2.7 Criterios Geotécnicos para Establecer la Estabilización de Suelos.

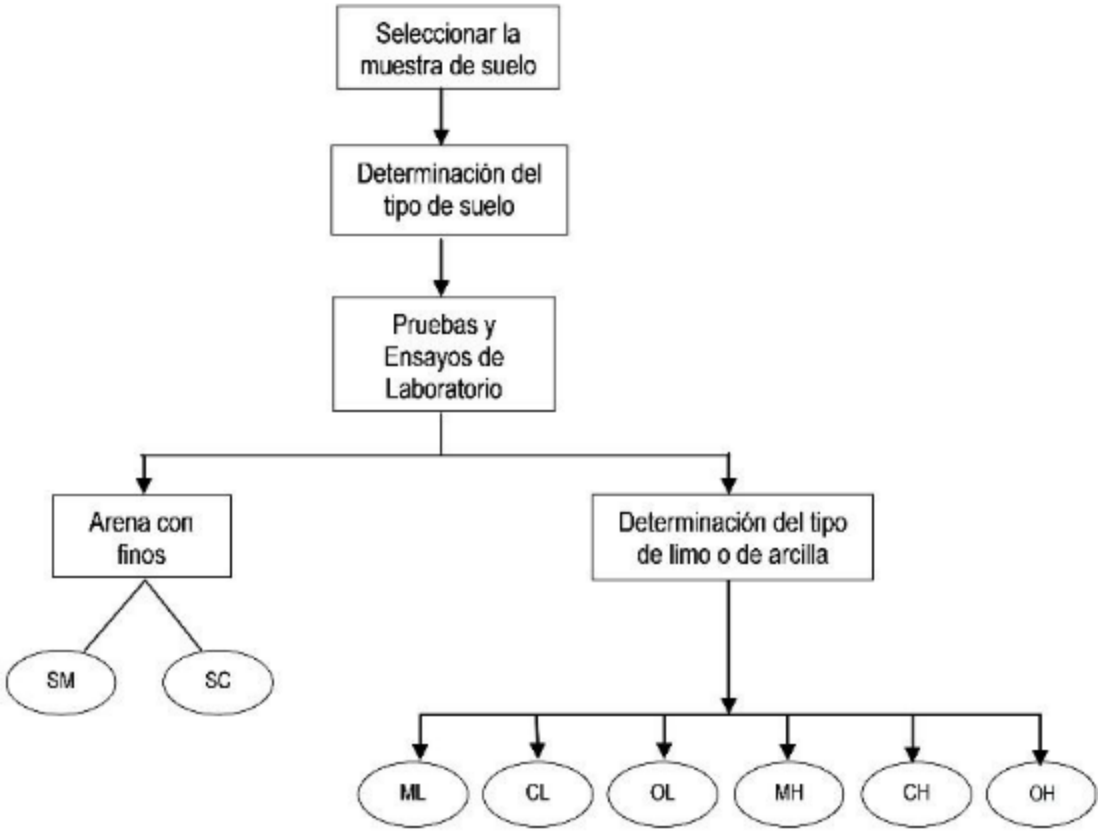
"El proyecto de estabilizaciones de una superficie debe considerar las modificaciones previstas en su estabilidad dimensional, capacidad portante, durabilidades, permeabilidades y compresibilidades. El diseño con agentes

estabilizantes implica una correcta clasificación del terreno para determinar el tipo y dosificación del aditivo, así como la metodología de ejecución. El procedimiento de diseño depende fundamentalmente del destino previsto para el suelo tratado" (Garnica, Pérez, Gómez, & Obil, 2002, p. 10).

"La selección de un agente estabilizador requiere previamente identificar la clasificación del suelo presente. Los materiales predominantes en esta zona corresponden a limos, arcillas y arenas con contenidos significativos de limo o arcilla. Gráfico 3" (MTC, 2014, p.93).

Figura 4

Proceso para la identificación del tipo de suelo



Nota. Tomada del Manual de Carreteras, 2014, p.90

Como el MTC (2014), los factores que se evalúan al elegir el procedimiento más adecuado de estabilidad son:

a) Los criterios determinantes incluyen

b) Clasificación del suelo a tratar

c) Destino proyectado del material estabilizado

d) Naturaleza del agente estabilizante

e) Experiencia previa en la técnica a implementar

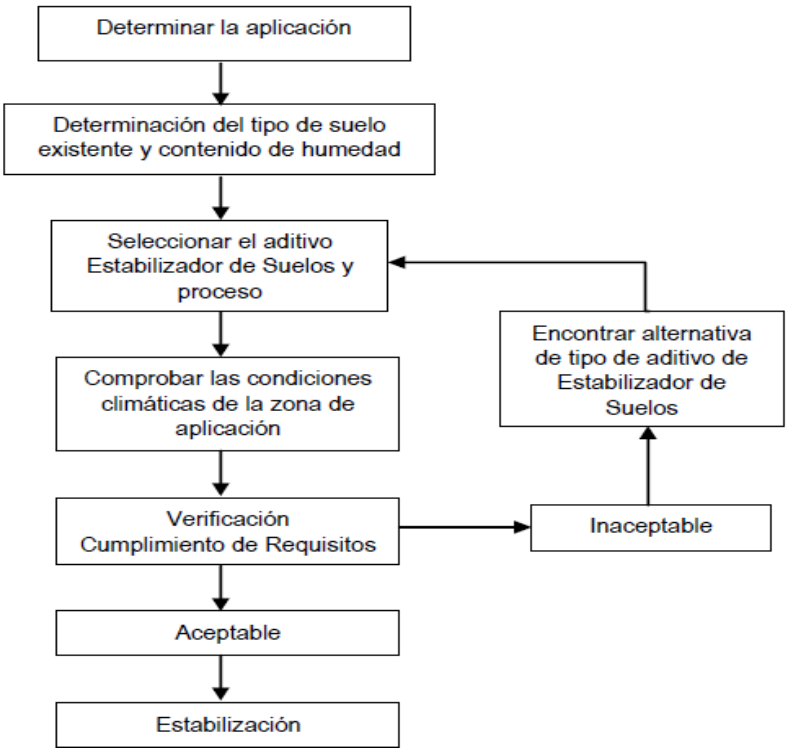
f) Accesibilidad del estabilizante requerido

g) Disponibilidad de maquinaria especializada

h) Análisis económico comparativo.

Figura 5

Proceso para la selección del tipo de estabilización



Nota. Tomada del Manual de Carreteras 2014, p.91

Tabla 6

Guía referencial para la Selección del Tipo de Estabilizador

Área	Clase de suelo	Tipo de Estabilizador Recomendado		Restricción en LL e IP del suelo	Restricción en el porcentaje que pasa la malla 200	Observaciones
1 A	SW o SP	(1)	Asfalto			
		(2)	Cemento Portland			
		(3)	Cal–Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
1 B	SW - SM o SP - SM o SW - SC o SP – PC	(1)	Asfalto	IP no excede de 10		
		(2)	Cemento Portland	IP no excede de 30		
		(3)	Cal	IP no menor de 12		
		(4)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
1 C	SM o SC o SM-SC	(1)	Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	
		(2)	Cemento Portland	(b)		
		(3)	Cal	IP no menor de 12		
		(4)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2 A	GW o GP	(1)	Asfalto			Solamente material bien graduado.
		(2)	Cemento Portland			El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4.
		(3)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2B	GW – GM o GP - GM o GW - GC o GP GC	(1)	Asfalto	IP no excede de 10		Solamente material bien graduado.
		(2)	Cemento Portland	IP no excede de 30		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4.
		(3)	Cal	IP no menor de 12		
		(4)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2C	GM o GC o GM - GC	(1)	Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	Solamente material bien graduado.
		(2)	Cemento Portland	(b)		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4.
		(3)	Cal	IP no menor de 12		
		(4)	Cal-Cemento-Ceniza	IP no excede de 25		
3	CH o CL o MH o ML o OH o OL o ML-CL	(1)	Cemento Portland	LL no menor de 40 IP no menor de 20		Suelos orgánicos y fuertemente ácidos contenidos en esta área no son susceptibles a la estabilización por métodos ordinarios
		(2)	Cal	IP no menor de 12		
IP = índice Plástico (b) IP 20 + (50 – porcentaje que pasa la Malla N° 200) / 4				Sin restricción u observación No es necesario aditivo estabilizador		Fuente: US Army Corps of Engineers

Nota. Tomada del Manual de Carreteras 2014, p.92

2.2.8 Ceniza Volante.

2.2.8.1 Definición de Ceniza Volante.

"Según la ASTM, las puzolanas se definen como materiales silíceos o silicoaluminosos que, en estado natural, presentan escasas o nulas propiedades aglomerantes, pero que al combinarse con ($Ca(OH)_2$) generan mezclados con características cementantes" (Canales, 2007, p. 9).

"La CV corresponde a la fracción de menor tamaño que es capturada de los gases de combustión en plantas termoeléctricas, entre la caldera y las chimeneas, por medio de sistemas especializados como filtros, ciclones o precipitadores electrostáticos. Sin estos mecanismos, el material particulado se liberaría a la atmósfera dispersándose en amplias áreas" (Pérez, 2012, p. 25).

Figura 6

Proceso para la selección del tipo de estabilización



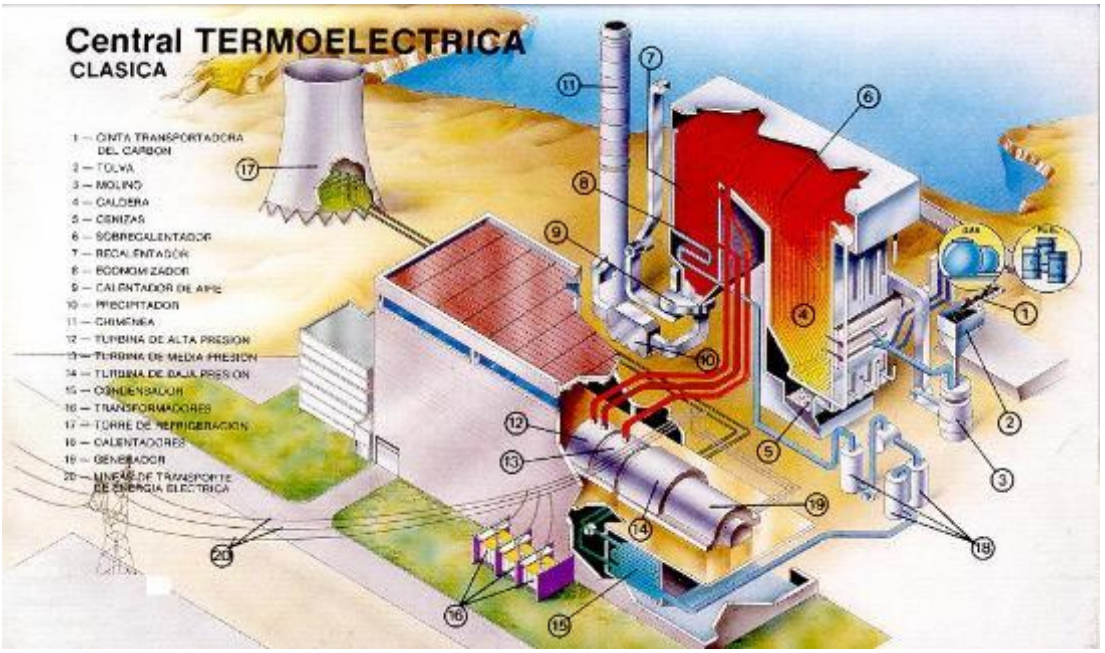
Nota. Tomada de https://www.cemnet.com/News/story/163975/research-undertaken-to-increase-fly-ash-in-cement.html

2.2.8.2 Origen de la ceniza.

"En las centrales termoeléctricas, el carbón es sometido a procesos de trituración y pulverización antes de ser inyectado en la cámara de combustiones. Durante este proceso, los compuestos orgánicos se oxidan y volatilizan, mientras que la mayor parte del agregado mineral se transforma en residuos sólidos como cenizas voladores y desechos. Las cenizas voladoras consisten en partículas de tamaño reducido que son transportadas por la corriente gaseosa generada en la combustión carbonosa. Por el contrario, las escorias representan la fracción residual que no es dura por el flujo y se deposita en la base del hogar. La proporción de cada residuo está determinada por la configuración de la planta, particularmente por el diseño de la caldera" (Anonimo, s.f.).

Figura 7

Esquema de Funcionamiento de una Central Termoeléctrica



Nota. Tomada de Blog de Tecnología – IES José Arencibia Gil – Telde

La planta de energía Ilo 21 está situada en Ilo, dentro de la Región Moquegua. Sus instalaciones incluyen un generador a vaho con una fuerza de 135 MW, un depósito de carbón con una cabida de 200.000 tonelaje y un embarcadero de 1.250 metros capaz de recibir buques de hasta 70.000 toneladas. Asimismo, dispone de dos estaciones desalinizadoras que dan H2O para uso industrial y consumo humano, y una depuradora de aguas servidas que se emplea para el mantenimiento de los jardines circundantes (Pérez Collantes, 2012, p. 29).

2.2.8.3 Clasificación de la Ceniza Volante.

El estándar ASTM C-618 de la American Society for Testing and Materials establece la existencia de dos clases principales de CV:

a) ***Clase F.***

Este material está disponible en volúmenes significativos y se genera durante la ignición de lignito o antracita. Su composición típicamente presenta bajos contenidos de cal (generalmente menores al 15%) y una mayor proporción de sílice, Fe y Al en comparación con la clase C (Canals, 2007, p. 9)

b) ***Clase C.***

Este material se genera en la combustión de lignito, produciendo cenizas volantes con contenido cálcico elevado (generalmente superior al 15%, alcanzando frecuentemente 30%). Su aplicación es idónea cuando se necesitan resistencias iniciales altas, como en hormigón pretensado. En estabilizaciones de superficies resulta preferible, pues la clase C puede prescindir del aporte adicional de CaO (Canals, 2007, p. 10).

2.2.8.4 Propiedades de la Ceniza Volante.

Conforme con M.C. ALONSO (1995). Posteriormente, se detallan las propiedades de las cenizas volantes:

a) Presentan cabida reactiva que las hace adecuadas para diversas diligencias. Además, poseen patrimonios puzolánicas e hidráulicas, no obstante, su reactividad puzolánica requiere una etapa de época prolongado para manifestarse completamente.

b) Las cenizas voladoras acrecientan la manejabilidad del elemento en etapa blanda como consecuencia de mayores dispersiones de los átomos dentro del sistema.

c) La incorporación de cenizas voladores en los almireces reduce las diversiones provocadas por las reacciones álcali-sílice, minimizando así el deterioro por problemas de durabilidad.

d) La presencia de cenizas volantes incrementa el contenido de agua no reactiva en edades tempranas, aumentando consecuentemente la porosidad del sistema. No obstante, dado que mejoran la trabajabilidad, permite reducir la relación agua/cemento, compensando así el incremento de porosidad.

e) Las firmezas mecánicas iniciales con CV son inferiores a las del cemento Portland convencional, ya que las cenizas funcionan inicialmente como material inerte a lo largo del período de incubaciones de la reacción puzolánica. Sin embargo, a tiempos avanzadas se origina un esmero microestructural de los poros a causa del desarrollo de la diligencia puzolánica. (pp.12-50).

Este subproducto industrial presenta múltiples ventajas para aplicaciones constructivas. Su elevado volumen de producción asegura el abastecimiento

requerido en el sector; además, posee una reactividad que en condiciones específicas le confiere un comportamiento similar al cemento Portland. Su estado pulverulento elimina la necesidad de procesamiento previo, constituyéndose como un agregado prima económicamente viable (Criado, Palomo, & Fernández, 2006, p. 11-49).

2.2.9 Cemento Portland.

El concreto Portland constituye el material cementante de empleo convencional en obras de concreto y albañilería. Su utilización se recomienda en todos los proyectos que requieren acatar con las especificaciones técnicas fijadas en la Normativa ASTM C150 y la NTP 334.009.

2.2.9.1 Estabilización con Cemento.

Para ser estabilizado con cemento Portland, el material puede provenir de la capa de afirmado que ha sido escarificada, o bien ser un suelo nativo de diversa procedencia (MTC, 2013, p. 247).

- Material extraído de excavaciones o de canteras de préstamo.
- Áridos de procedencia local.
- Combinaciones de los anteriores.

El suelo-cemento puede sustituir capas de asiento y subbase, además de optimizar las subrasantes. Esta técnica de estabilizaciones es más efectiva en superficies granulares, siendo ideal para materiales con 35% a 50% de delicados. El cemento recubre y une las partículas, mientras que la pasta cementante solidifica los puntos de contacto (Suarez Diaz, pp. 15-19).

a) ***Granulometría (Agregados):***

El elemento que se va a afianzar debe poseer una granulometría clasificable entre A-1 y A-7. Además, el diámetro máximo de sus partículas no podrá superar los 5 cm (2 pulgadas) ni la tercera parte del grosor de la cobertura tras su compactación (MTC, 2013, p. 248).

b) ***Plasticidad:***

Para las fracciones del material que logra pasar por el tamiz de 425 µm (N.º 40), se requiere un LL máximo de 40 y un Índice de Plasticidad mínimo al 18%, parámetros que deben ser establecidos siguiendo los procedimientos de las normas MTC E 111 y MTC E 110 (MTC, 2013, p. 248).

2.2.10 Cal

La estabilización con cal permite esgrimir suelos arcillosos, lo que evita los elevados costos y el impacto ambiental que supondría su excavación y reemplazo por materiales de superiores características geotécnicas. (Sampedro, 2005, p. 4).

La mezcla de suelo-cal se fabrica incorporando de manera uniforme tierra, cal y H2O. Para ello, se usa óxido de Ca (cal viva), un bien de la calcinación de la piedra caliza, o bien hidróxido de Ca (cal apagada). Estas cales, denominadas aéreas, fraguan en contacto con el aire por carbonatación. Experimentalmente se ha verificado que los compuestos de hidratación cementicia pueden replicarse combinando componentes primarios (CaO, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3) en proporciones adecuadas con agua. Dado que la generalidad de las superficies sujeta sílice y aluminosilicatos, la adición de cal y agua en dosis apropiadas permite alcanzar la constitución requerida

(MTC, 2014, p. 116).

2.2.10.1Estabilización con Cal.

La CaO empleada en suelo-cal (viva o hidratada) debe cumplir con la Sección 301.B de las Especificaciones del MTC, AASHTO M-216 o ASTM C-977. La mezcla genera inicialmente floculación e intercambio iónico, seguido de una reacción puzolánica lenta que forma silicatos y aluminatos cálcicos. La cal modifica significativamente la plasticidad: suelos con IP<15 aumentan LL, LP y ligeramente IP; suelos con IP>15 reducen IP. Además, incrementa el relente óptimo de compactaciones, facilitando las densificaciones de superficies húmedos (MTC, 2014, p. 116).

a) ***Granulometría (Agregados):***

La distribución granulométrica del basto susceptible de estabilización puede pertenecer a las clasificaciones de superficies A-1 hasta A-7. Adicionalmente, la dimensión máxima de partícula no deberá superar los 5 cm (2 pulgadas) o equivaler a un tercio del volumen de la capa tupida (MTC, 2013, p. 261).

b) ***Plasticidad:***

La porción que pasa el tamiz de 425 µm (N.º 40) debe exhibir un LL menor a 40 y un Índice de Plasticidad entre 10% y 50%, valores establecidos mediante los ensayos normalizados MTC E 111 y MTC E 110 (MTC, 2013, p. 262).

2.3 Marco conceptual.

2.3.1 Agregado

"Árido de naturaleza mineral como arenas, gravas, escorias o piedra machacada, empleado para formar una mezcla con partículas de distintas granulometrías" (MTC, 2018, p. 3).

2.3.2 Ahuellamiento

Depresiones longitudinales que se generan en el área de rodamiento de una vía, ya sea empedrada o no, como consecuencia de la densificación o desplazamiento lateral de los agregados a causa de las cargas de la circulación (MTC, 2018, p. 4).

2.3.3 Análisis Granulométrico

Método en establecer la distribución granulométrica de un agregado o la cuantificación de la proporción de partículas según su tamaño (MTC, 2018, p. 4).

2.3.4 AASTHO

La AASHTO es una institución que define regulaciones, edita estándares técnicos y elabora procedimientos de prueba y recomendaciones empleadas en el diseño y edificación de la red vial estadounidense.

2.3.5 CBR (california bearing ratio)

Capacidad comparativa de un terreno o agregado para resistir cargas, determinada mediante la profundidad que alcanza una fuerza al introducirse en un cuerpo de superficie (MTC, 2018, p. 7).

2.3.6 Cemento Portland

Material que se produce al moler finamente el clínker portland, incorporando ocasionalmente yeso nativo (MTC, 2018, p. 7).

2.3.7 Contenido de humedad

Porcentaje de humedad total que posee una muestra en unas condiciones determinadas, calculado en analogía al peso de la ejemplar húmeda (que incluye tanto el material seco como el agua actual) (MTC, 2018, p. 8).

2.3.8 Estabilización de suelos

Mejora de las particularidades mecánicas de un terreno mediante el uso de operaciones mecánicos y la incorporación de agentes químicos, ya sean de origen natural o artificial. Este proceso se emplea comúnmente en las áreas de rodadura o en las capas de base de las carreteras, dando lugar a términos como superficie-cemento, superficie-cal, y demás (MTC, 2018, p. 12).

2.3.9 Granulometría

Indica la proporción de las distintas dimensiones de partículas que conforman el adherido, determinada a través del proceso de tamizado conforme a las normas técnicas establecidas (MTC, 2018, p. 13).

2.3.10 Gravedad especifica del suelo

Establece la densidad relativa de una superficie mediante el uso del picnómetro, considerando la correspondencia de peso en la corriente de un bulto determinado de macizos a un temple específico (MTC, 2018, p. 13).

2.3.11 Límite líquido

"Comprendido de H2O de la superficie entre la etapa blanda y el deducido de superficie" (MTC, 2018, p. 15).

2.3.12 Límite plástico

"Límite plástico: comprendido de humedad que define la transición de un suelo desde un estado plástico a un estado semisólido" (MTC, 2018, p. 15).

2.3.13 Máxima Densidad Seca

Máxima consistencia seca que se determina a partir de la curva de compactación asociada a una energía específica (estándar o modificada) (MTC, 2018, p. 16).

2.3.14 Pavimento

Sistema constructivo dispuesto sobre la plataforma de la vía, cuyo propósito es resistir y repartir las solicitaciones originadas por la permuta, asegurando mayores niveles de seguridad y comodidad para los conductores. Normalmente está integrado por las coberturas de subbase, asiento y pavimento (MTC, 2018, p. 17).

2.3.15 Subrasante

Plataforma acabada de la pista, obtenida tras los trabajos de excavación o terraplenado, que sirve de base para colocar las capas del pavimento o la capa granular (MTC, 2018, p. 21).

2.3.16 SUCS

Método Unificado para la Clasificación de Suelos.

2.3.17 Trabajabilidad

Nivel de aptitud que presentan las mezclas para carreteras y faenas de edificación vial para ser distribuidas y consolidadas de manera correcta (MTC, 2018, p. 22).

2.3.18 Prueba Proctor

El ensayo Proctor consiste en determinar la densidad de un suelo compactado mediante un procedimiento específico, variando los diferentes niveles de contenido de filtracion.

CAPÍTULO III

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación

3.1.1 Enfoque de Investigación

El actual examen se fundamenta en una metodología cuantitativa, ya que requiere la recopilación y el examen de información para dar respuesta a los interrogantes de estudio y comprobar las hipótesis propuestas. Este proceso se apoya en el parámetro numérico y el examen estadístico con el fin de detectar regularidades en la conducta y corroborar fundamentos teóricos (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pp. 7-8).

3.1.2 Nivel de Investigación.

Este proyecto se clasifica como explicativo, puesto que pretende determinar las razones o principios que respaldan los propósitos formulados. Su finalidad primordial es examinar y detallar las causas de un anómalo y la correspondencia entre dos o más factores, teniendo en cuenta la interacción del cemento, la CV y la cal con la

superficie en su condición nativa (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p. 95).

3.1.3 Diseño de Investigación.

Por el método esgrimido para verificar la hipótesis, el esquema de estudio será de tipo cuasi-experimental, puesto que conlleva la manipulación intencionada de una intervención con el fin de examinar sus posibles consecuencias. Este trabajo pretende determinar una relación causal, partiendo de la base de que la hipótesis se confirmará si las alteraciones en la variable independiente producen cambios en la variable dependiente (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p. 130).

3.2 Métodos aplicados a la investigación.

3.2.1 Población y muestra.

3.1.1.1 Población.

En el presente estudio, la muestra de análisis está conformada por las faenas de vías de Puno y la pedrera actualmente en aprovechamiento destinada a la edificación de dichas infraestructuras, las que serán evaluadas y analizadas en cuanto a las particularidades mecánicas y físicas de las superficies.

3.1.1.2 Muestra.

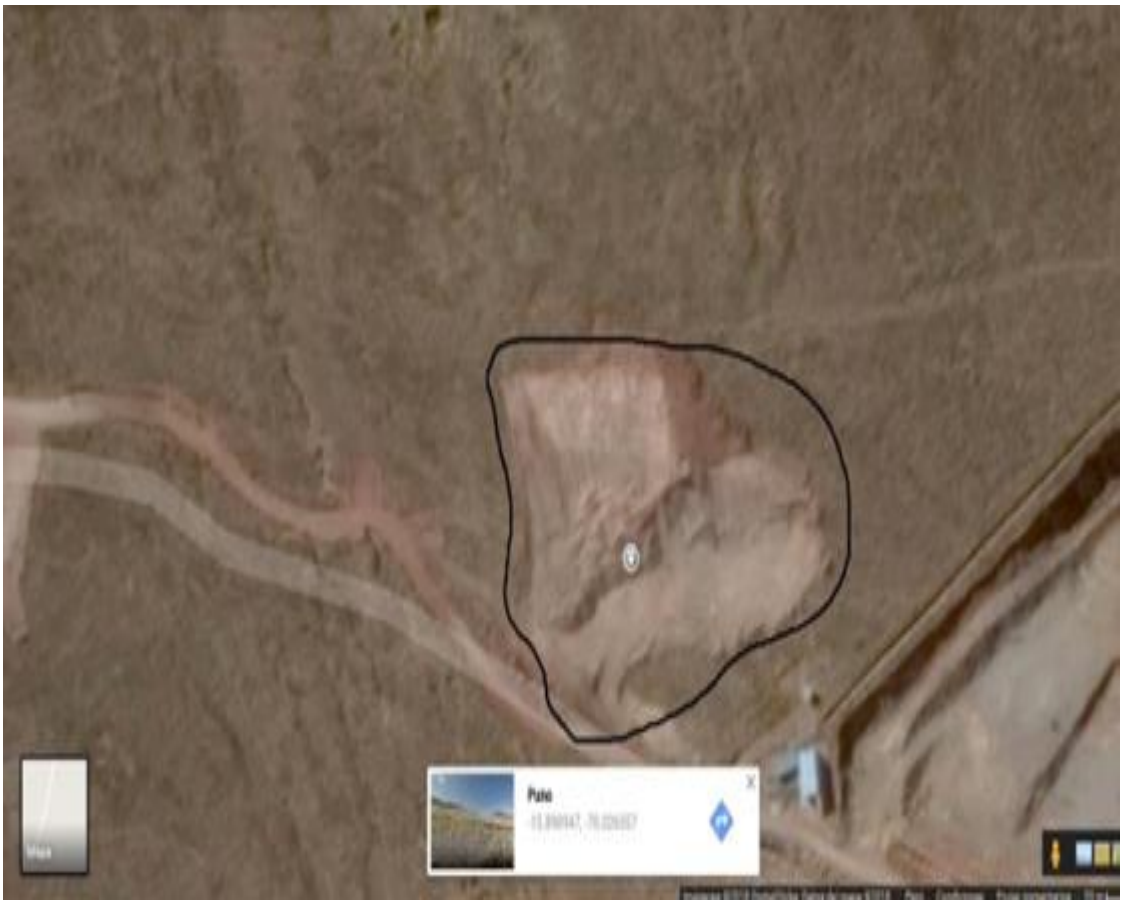
En el proyecto la urbe de fin de análisis sera formada por la pedrera de Puno en actual aprovechamiento.

Se recolectarán ejemplares de suelo tanto en su estado natural como estabilizado, determinándose la cantidad de manera no probabilística, considerando los distintos porcentajes de CV, cemento y cal a emplear. El fin de análisis será la

calera "Mi Perú", situada en Puno, donde se aplicará una mezcla de agregados químicos (CV, cemento y CaO) con el fin de hallar mejores resultados en el proyecto.

Figura 8

Mapa de Ubicación de la cantera ubicado en la Zona "Mi Perú" Puno



3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.3.1 Técnicas.

3.3.3.1 Observación

El método utilizado en la cogida de información será la fijación directa, la cual implica examinar detenidamente la anomalía o suceso, recopilar la indagación obtenida y registrarla en su posterior estudio.

3.3.3.2 Documentos y Registro:

Revisar y estudiar una amplia variedad de fuentes bibliográficas como textos, investigaciones, revistas, divulgaciones y normativas vinculadas al tema de investigación, las cuales sirven como referencia y orientación para el desarrollo del estudio.

Los documentos, registros y materiales constituyen una fuente de información fundamental que contribuye a comprender el fenómeno principal objeto de estudio.

3.3.2 Instrumentos.

En la cogida de información y la consecución de los hallazgos se utilizaron múltiples instrumentos y formatos normalizados en función del tipo de prueba, suministrados por el recinto de superficies, concreto y asfalto de la UANCV, Sede Puno.

3.4 Plan de recolección y procesamiento de datos.

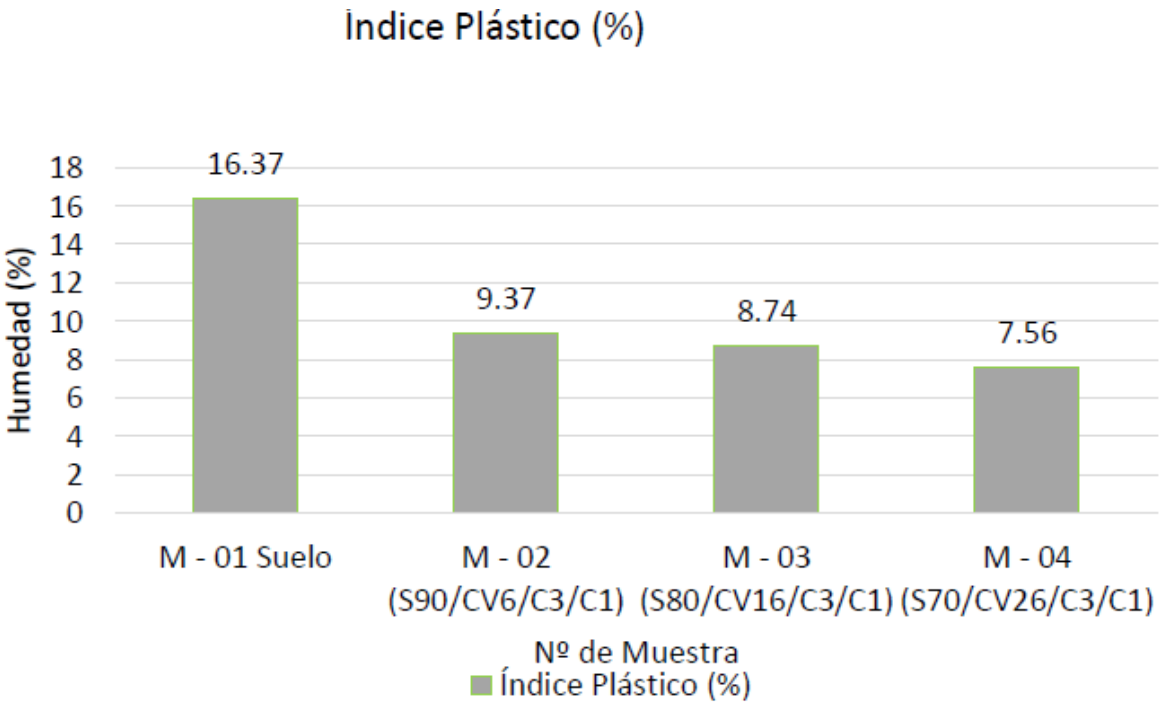
El desarrollo del proyecto inició con las labores de campo, donde se efectuó la recolección de muestras en la cantera. Posteriormente, dichas muestras fueron trasladadas al recinto de mecanismo de superficies, concreto y concreto de la EPIC de la UANCV, Sede Puno, para la realización de las pruebas correspondientes.

3.5 Validación y contrastación de hipótesis.

Después de determinar los bienes del Indicador Blando (IP) de la superficie en su etapa natural y superficie mezclado con varias proporciones de CV, concreto y cal, se puede ver un cotejo de los hallazgos obtenidos.

Figura 9

Análisis comparativo del Índice Plástico en el suelo GM



Ho: Hipótesis Nula.

Hi: Hipótesis Alternativa

Ho: El empleo de la mezcla de los equilibrios (CV – cal - cemento) no naja el Indicador Blando en superficie GM (Grava limosa).

Hi: El empleo de la mezcla de los equilibrios (CV – cal - cemento) baja el Indicador Blando en superficie GM (Grava limosa).

El método de equilibrio mixta (CV – cal - cemento) permite reducir el Índice de Plasticidad (IP) del elemento, pasando de 16.37% a 7.56%.

Según el examen efectuado a la Hipótesis Alternativa (Hi), la utilización conjunta de los equilibradores produce una optimización en el Indicador Blando del

suelo analizado.

Después de obtener los valores del CBR del suelo en su estado natural y de las mezclas con CV, cemento y cal, se presenta una comparación de los hallazgos, tales se muestran en el Gráfico 9.

Ho: Hipótesis Nula.

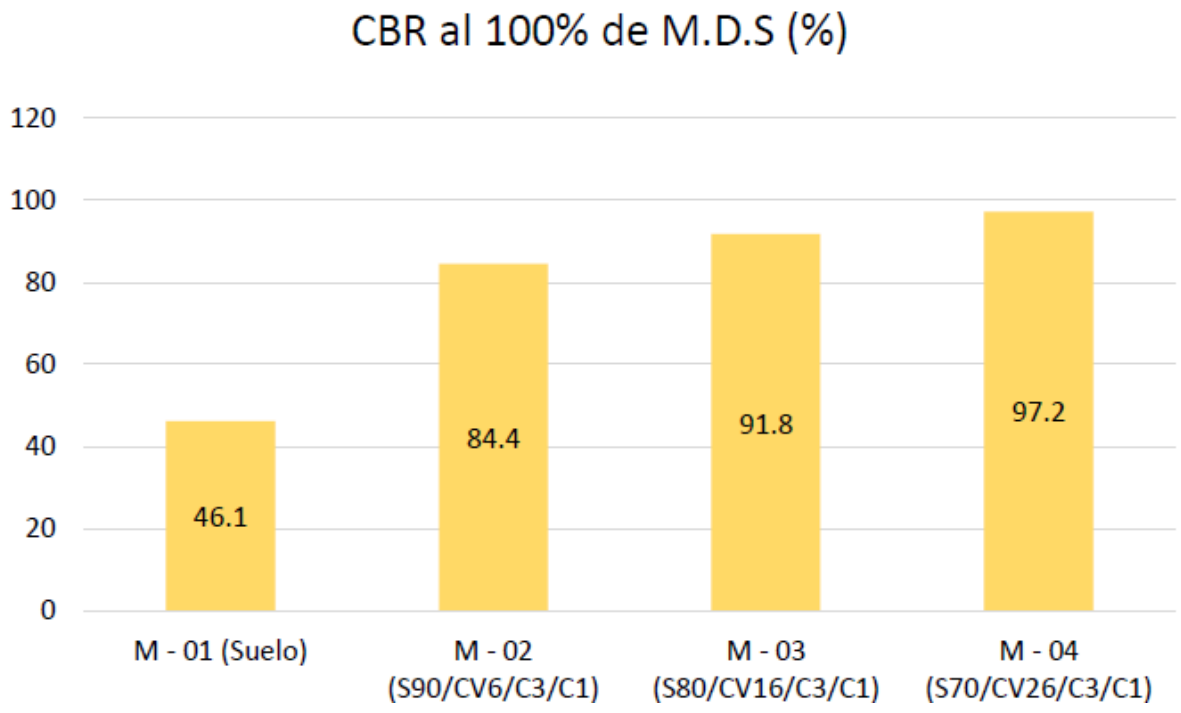
Hi: Hipótesis Alternativa.

Ho: El empleo de la mezcla de los equilibradores (CV – cal - cemento) no mejora el CBR y su firmeza en la superficie GM (Grava limosa).

Hi: El empleo de la mezcla de los equilibradores (CV – cal - cemento) perfecciona el CBR y su firmeza en la superficie GM (Grava limosa).

Figura 10

Análisis comparativo del CBR en el suelo GM



La aplicación de la técnica de estabilización mixta (ceniza volante – cemento – cal) contribuye a la mejora de la subrasante, comparándose el valor del CBR de la superficie con el de la superficie estabilizada. El CBR se incrementa de 46.16% a 97.2%.

Según el proyecto de la Hipótesis Alternativa (Hi), la aplicación conjunta de los equilibradores en las superficies de tipo grava limosa produce un aumento en su resistencia.

3.6 Materiales Investigados

Los elementos empleados en este proyecto incluyen el suelo proveniente de cantera, la CV, el cemento y la cal, además de las mezclas de estos en diversas simetrías.

A. *Material de Cantera.*

El ejemplar utilizado en el proyecto corresponde al elemento granular proveniente de la pedrera ubicada en el lugar denominada "Mi Perú – km 06+000", actualmente en proceso de aprovechamiento.

- **Ubicación:** a 6 Km al Norte de Puno.
- **Acceso:** posee un ingreso en las etapas del año, arrebatando la ruta Puno-Moquegua, con vía segura.
- **Situación legal:** La pedrera es de posesión privada.

Figura 11

Cantera KM 06+000 ubicado en la Zona ¨Mi Perú



B. *Ceniza Volante.*

El ejemplar de CV fue obtenido en el recinto termoeléctrica Ilo 21, ubicada en Moquegua, Ilo, a 347.5 km al norte de Puno por vía terrestre. Solo el Perú esgrime carbón como fuente de energía, generando una potencia efectiva de 141.83 MW. Sus operaciones comienzan con la venida de flotas de hasta 70,000 tonelajes que asaltan en su propio puerto de más de 1 km de longitud; una faja portadora facilita el traslado del material y las canchas de almacenamiento poseen una capacidad de 200,000 tonelajes de carbón (Pérez, 2012, p. 43).

Figura 12

Ceniza Volante



La ceniza volante constituye un sub-producto generado durante la ignición del carbón pulverizado, proceso común en las plantas termoeléctricas. Se presenta como un polvo fino compuesto esencialmente por sílice, alúmina y diversos óxidos alcalinos, caracterizándose por su ambiente puzolánica (Pérez, 2012, p.24).

La CV corresponde a la fracción más exquisita que se desprende de los gases de combustión en las plantas termoeléctricas. Esta es capturada entre la caldera y la chimenea por dispositivos especialmente hechos, como ciclones, filtros o precipitadores electrostáticos, o bien por la combinación de estos sistemas, tales se observan en el Gráfico 11. (Pérez, 2012, p.25).

La CV se empleó ampliamente en el equilibrio de superficies, sirviendo como complemento o sustituto parcial de la CaO o el cemento en aquellos terrenos que presentan deficientes características puzolánicas.

Aspecto Económico:

La CV es un subproducto generado en las plantas termoeléctricas, considerado como residuo, motivo por el cual presenta un costo reducido.

El precio de la CV en la CT asciende a 0.5 USD estadounidenses por tonelaje. Fundamenta un cambio de 1 USD equivalente a 3.28 soles, el costo por tonelaje es de S/ 1.64. Al convertirlo a kilogramos, equivale a S/ 0.00164 por kg, y al incluir los gastos de transporte, el costo total se estima en S/ 0.18 por Kg.

C. *Cemento.*

El tipo de cemento empleado corresponde al Rumi Portland Tipo IP, utilizado frecuentemente en edificaciones de cemento y labores de albañilería. Se recomienda

su aplicación en proyectos que demanden propiedades conforme a las especificaciones de la norma ASTM C-595 y la NTP 334.009.

Figura 13

Cemento Portland Tipo IP.



D. *Cal.*

La cal, de manera general, es un material formado por hidróxidos y óxidos de Ca y Mg, obtenido a partir del calcinamiento de sólidos calizos y dolomíticos.

La cal puede incluir SiO2, Al e Fe, dependiendo del material de origen. Durante las calcinaciones, los minerales formados por carbonatos de calcio y magnesio, en simetrías inconstantes como la condición y tipo del sólido, generan al aplicarse calor óxidos de calcio y/o Mg, que constituyen el elemento deseado, liberando CO2.

La cal utilizada en este estudio es de origen local, específicamente de la Municipalidad de San Román.

Figura 14

Cal



3.7 Estabilización de suelo - ceniza volante - cemento - cal

Es fundamental destacar que, al intentar equilibrar un suelo, se opta por el equilibrio químico. La ventaja de emplear una mezcla de estabilizadores radica en que un componente puede suplir las deficiencias del otro.

El método de equilibrio combinado con CV, cemento y cal en superficies granulares resulta provechoso. La CV aporta particularidades puzolánicas que optimizan las particularidades físicas y la firmeza del suelo, mientras que la cal mejora la trabajabilidad, disminuyendo principalmente la plasticidad para permitir una adecuada mezcla con el cemento, logrando así una firmeza significativa

La mezcla de superficie, CV, cemento y CaO se determinará en peso según las distintas simetrías señaladas en la Tabla 9, señalando la simetría de cada muestra y los símbolos correspondientes: S, CV, C y C.

Tabla 7

Proporción de Mezclas y Símbolos Referencias a cada Material

Material/ Muestra	Suelo (%)	Ceniza Volante (%)	Cemento (%)	Cal (%)	Simbología
Suelo	100	0	0	0	S
Muestra 01					
Muestra 02	90	6	3	1	S90/CV6/C3/C1
Muestra 03	80	16	3	1	S80/CV16/C3/C1
Muestra 04	70	26	3	1	S70/CV26/C3/C1

3.8 Ensayos de laboratorio realizados.

La etapa experimental incluyó la realización de pruebas tanto en el muestreo de superficie sin modificar (100% material de cantera) como en las combinaciones de suelo con agregados químicos (cemento, CV y cal) en sus dosificaciones establecidas. Se diseñó una estabilización combinada con la finalidad de optimizar los hallazgos.

Las pruebas de recinto correspondientes se ejecutaron en el Recinto de Mecánica de Superficies, Asfalto y Concreto de la EPIC de la UANCV, Filial Puno.

Los análisis se ejecutaron siguiendo las disposiciones del Instructivo de Experimentos de Materiales. Las experimentos y especificaciones aplicadas, como MTC (2016), son:

Ensayos Estándar:

- Granulometría por método de tamizado (ASTM D-422, MTC E107).
- Estipulación del contenido de relente (ASTM D-2216, MTC E108).
- Sistema Unificado de Categorización de Suelos - SUCS (ASTM D-2487).
- Límites de Consistencia de Atterberg: Límite Líquido (ASTM D-4318, MTC

E110); LP (MTC E111, ASTM D-4318); e Índice de Blandes (MTC E111, ASTM D-4318).

- Categorización de superficies por el sistema AASHTO (ASTM D-3282, M-145)

Ensayos especiales:

❖ California Bearing Ratio (CBR) ASTM D-1883, MTC – E132.

❖ Proctor Modificado ASTM D-1557, MTC – E115.

3.8.1 Ensayos Estándar.

A. Contenido de Humedad.

La finalidad del examen es establecer la proporción de H2O presente en un ejemplar de superficie, siguiendo la metodología descrita en las normas ASTM D 2216 y MTC E 108.

Descripción del Ensayo:

Se reconoce el peso del contenedor sin contenido, luego se añade la muestra húmeda y se realiza una nueva medición con la tara en la báscula. Después, se introduce en el horno a temple controlada por 24 horas. Cuando el material se ha enfriado al ambiente, se mide el peso del recipiente con el material seco, y con la discrepancia de masas se obtiene el porcentaje de relente (Gráfico 14).

Figura 15

Contenido de Humedad del Suelo



B. Análisis Granulométrico por Tamizado.

La clasificación granulométrica de una superficie permite cuantificar la cantidad relativa de sus diferentes fracciones, organizadas según su tamaño. Con base en la dimensión de los granos, se precisan los conceptos que aparecen en la Tabla 10 (MTC, 2014, pp. 30-31).

Tabla 8

Tipo y Tamaño de Partículas

Tipo de material		Tamaño de las partículas
Gravas		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm Arena media: 2.00 mm – 0.425 mm Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Nota. Extraída del MTC, 2014, p. 33. El análisis se ejecutó conforme a la metodología descrita en las reglas ASTM D 422 y MTC E 107

Descripción del Ensayo:

En primer lugar, se toma una cuarta parte del muestreo seco, se pesa y se

reconoce como porción representativa del material. A continuación, se procede a lavar el ejemplar con H2O a través del tamiz N.º 200 que el H2O drene limpia, recolectando las partículas retenidas en una bandeja para secarlas en horno a 110 °C. Tras el secado, se registra el peso del elemento seco. Después, se realiza el tamizado a mano con la batería de tamices, agitando la muestra con movimientos circulares. Se mide el peso acumulado en cada tamiz y, con estos valores, se categoriza la superficie (Ver Gráfico 15).

Figura 16

Procedimiento del Ensayo Granulométrico del Suelo



C. Límites de Atterberg.

Esta prueba se emplea para determinar la plasticidad de un suelo y así obtener

una aproximación de su clasificación.

- ***Limite Líquido.***

El propósito del fin neto es establecer el comprendido de H2O, sobredicho en porcentaje, en que la superficie transita de la etapa líquida al plástico. El análisis se efectúa de acuerdo con la metodología establecida en las reglas MTC E 110 y ASTM D (4318 MTC, 2016, p. 67).

Descripción del Ensayo:

Se extrae un modelo de 150 a 200 g de superficie que pasa la malla N.° 40 y se combina con H2O en un contenedor hasta formar una pasta homogénea y densa. Luego, se ubica una parte de la mezcla en el dispositivo de Casagrande hasta llenar 10 mm en el fondo y se allana con una llana. Con la herramienta ranuradora se crea un surco a lo largo del diámetro que conecta los puntos más alto y más bajo. A continuación, rodando la manija a una prontitud de 1,9 a 2,1 porrazos por s, se cuenta el número de impactos necesarios hasta que las dos mitades de la superficie hagan contacto. La sección que se unifica se seca en horno para establecer su porcentaje de relente (Ver Gráfico 16).

Figura 17

Ensayo de Limite Liquido



- ***Limite Plástico.***

El propósito del límite plástico es establecer el comprendido de H2O, representado en porcentaje, en que la superficie va de una etapa semisólida a blanda. La prueba se ejecutó de acuerdo con la metodología establecida en las normativas MTC E 111 y ASTM D 424.

Descripción del Ensayo:

Se extrae un ejemplar de alrededor de 20 g que atraviesa la malla Nº 40 y se

amasa con H2O hasta formar una bola. Posteriormente, se toma una porción de 1,5 a 2,0 g y se modela manualmente sobre una superficie de vidrio esmerilado hasta crear rollos de 3,2 mm de Ø (1/8"). Al surgir grietas en la superficie, se pesa la muestra para calcular su comprendido de relente (Ver Gráfico 17).

Figura 18

Ensayo de Limite Plástico



- ***Índice de Plasticidad.***

El IP se deduce como la discrepancia numérica entre el LP y el LL. Este indicador simboliza el intervalo de filtración en el cual la superficie mantiene una actuación plástica y posibilita su categorización.

3.8.2 Ensayos Especiales.

D. Proctor Modificado.

El análisis de Proctor Reformado abarca las técnicas de compresión de recinto empleadas para definir el vínculo entre el relente y el peso de unidad áspero de los terrenos tupidos (gráfica de compactación). El ensayo se desarrolló siguiendo las normativas ASTM D 1557 y MTC E 115 (MTC, 2016, p.105).

Descripción del Ensayo:

Para el procedimiento C se necesita una muestra de alrededor de 30 kg, que se seca en estufa para hacerla más manejable. Se separa una parte de 6 kg y se deposita en un recipiente, incorporando agua desde un 2% en relación con el peso del ejemplar, y mezclando hasta lograr una pasta igual. El material se divide en cinco capas iguales, y con un recipiente se vierte una porción en el cilindro, compactándola con el maza de desplome libre con 56 impactos en toda el área. Esta secuencia se repite con las otras cuatro capas. Una vez completada la compactación, se allana con una regla de metal al borde del molde. Luego se mide la masa de la muestra rociada con el molde, extrayendo muestras de la zona superior e inferior para su desecación en horno y determinación del porcentaje de humedad. Estos procesos se repiten para registrar un punto en el gráfico, realizándose al menos tres puntos más (Ver Gráfico 18).

E. California Bearing Ratio (CBR).

El propósito del examen CBR es calcular la firmeza al corte del terreno bajo situaciones específicas de filtracion y compactación. Este método permite calcular el índice de capacidad portante, basándose en valores de humedad y densidad controlados experimentalmente. El análisis se ejecutó de acuerdo con los protocolos descritos en las normativas MTC E 132 y ASTM D 1883.

Descripción del ensayo:

Tras establecer el comprendido de filtracion óptimo mediante el Proctor Modificado, se acondicionan tres especímenes secos de 6 kg cada uno en moldes CBR con sus respectivos aros de extensión. En un recipiente graduado se mide la

cuantía precisa de H2O óptima que se incorporará a los tres ejemplares. Cada una se mezcla con el H2O en una bandeja hasta lograr una distribución uniforme, dividiéndose posteriormente en cinco capas iguales. Se ubica un separador con papel de filtro en el interior del molde, se incorpora una porción de la mezcla y se compacta aplicando 12 impactos del martillo. Después se retira el anillo extensión y se allana la superficie con una regla de metal. Se invierte el molde, se coloca papel de filtro, se extrae el separador y se establece el peso del muestreo relente. A continuación, el molde se sitúa sobre las placas de metal en un recipiente con agua, en posición horizontal y nivelada, anotando la lectura inicial del indicador. Esta metodología se repite para los tres especímenes, incrementando la compactación a 25 impactos en el segundo y 56 impactos en el tercero. Se efectúan mediciones cada 24 horas durante un período de 96 horas. Después de retirar los moldes, se permite el drenaje del agua, se coloca cada molde en la prensa con la carga concerniente para ejecutar el ensayo de introducción, registrando las lecturas. Para finalizar, se toman muestras de los sectores superior e inferior para establecer el contenido de relente y se desarrollan los cálculos pertinentes (consultar Gráfico 19).

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 Presentación y análisis de resultados.

Se presentan y analizan las resultas de los análisis de recinto acerca de las características físico-mecánica del terreno en su condición natural (elemento de pedrera) y de la combinación de este con los agregados (cemento, CV y CaO).

4.1.1 Resultados de los Ensayos del material de Cantera en Estado Natural.

4.1.1.1 Contenido de Humedad

La determinación del comprendido de filtración se efectuó conforme a la normativa ASTM D 2216 – MTC E 108.

Tabla 9

Resultados del Contenido de Humedad del material de cantera

Material	Contenido de humedad
Material de Cantera	12.08 %

Se exhibe en la tabla 11 el % de filtración del elemento extirpado de la pedrera Km 06+000 "Mi Perú", que registra un 12,08% de comprendido de agua en el terreno en su condición natural.

4.1.1.2 Análisis Granulométrico por Tamizado.

El estudio de la repartición de dimensiones de partícula mediante tamizado se realizó conforme a los estándares ASTM D 422 y MTC E 104. El Gráfico 20 y en la Tabla 12 se manifiesta los resultados del análisis de granulometría y la curva de distribución granulométricas obtenida por tamizaje.

Tabla 10

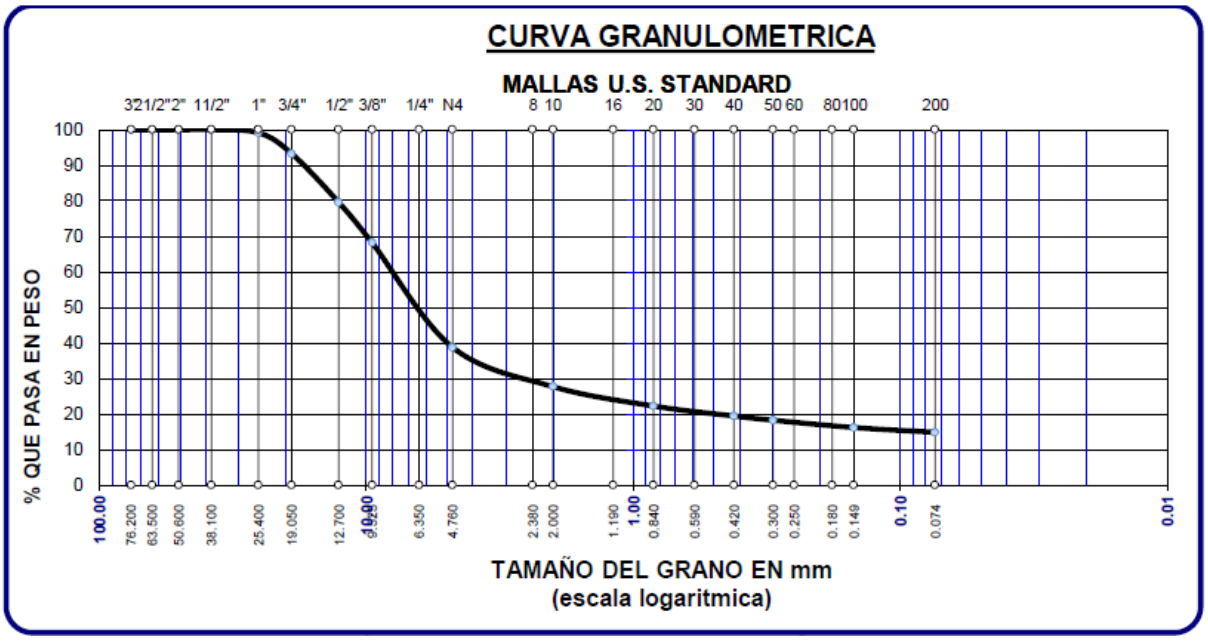
Análisis Granulométrico por Tamizado

Tamices		Peso	% Retenido	% Retenido	% Que
Ø	(mm)	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa
5"	127.00				
4"	101.60				
3"	76.20				
2"	50.80				
1 1/2"	38.10	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.40	25.37	0.85%	0.85%	99.15%
3/4"	19.050	176.49	5.88%	6.73%	93.27%
1/2"	12.700	411.27	13.71%	20.44%	79.56%
3/8"	9.525	339.87	11.33%	31.77%	68.23%
1/4"	6.350	0.00	0.00%	31.77%	68.23%
N.º 4	4.760	882.00	29.40%	61.17%	38.83%
Nº 8	2.380	0.00	0.00%	61.17%	38.83%
Nº 10	2.000	331.91	11.06%	72.23%	27.77%
Nº 16	1.190	0.00	0.00%	72.23%	27.77%
Nº 20	0.840	163.54	5.45%	77.68%	22.32%
Nº 30	0.590	0.00	0.00%	77.68%	22.32%
Nº 40	0.426	84.00	2.80%	80.48%	19.52%
Nº 50	0.297	35.53	1.18%	81.67%	18.33%
Nº 60	0.250	0.00	0.00%	81.67%	18.33%
Nº 80	0.177	0.00	0.00%	81.67%	18.33%
Nº 100	0.149	61.93	2.06%	83.73%	16.27%
Nº 200	0.074	39.98	1.33%	85.06%	14.94%
Fondo	0.01	448.10	14.94%	100.00%	0.00%
PESO INICIAL		3000.00			

La Tabla 12 muestra que el 38,83% del elemento es retenido por la malla N.º 4, el 27,77% logra pasar el tamiz N.º 10, el 19,52% consigue atravesar el tamiz N.º 40 y el 14,94% pasa a través del tamiz N.º 200.

Figura 19

Gráfico de Análisis Granulométrica por Tamizado



Se puede ver en el grafico 20 la distribución granulometría del material obtenido de la cantera situada en el kilómetro 06 + 000, en el área "Mi Perú", Provincia y Departamento de Puno.

Tabla 11

Resultados del Ensayo de Análisis Granulométrico

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	MUESTRA Material de cantera
Gravas (%)	61.17
Arenas (%)	23.90
Arcillas (%)	14.94

La Tabla 13 presenta la categorización del material de cantera de acuerdo con la dimensión de sus átomos, con un 61,17% de gravas, 23,90% de sílice y 14,94% de tierra.

4.1.1.3 Límite de Consistencia.

Tabla 12

Resultados del Límite de Consistencia del material de cantera en estado natural

Material / Muestra	Límites de Consistencia		
	Limite Liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice Plástico (%)
M - 01 (material de cantera)	44.91	28.54	16.37
Especificaciones Técnicas.	35 % máx.	Ninguno	4 – 9 %

Se puede ver que en la tabla 14 el agregado de calera Km 06+000, en la localidad "Mi Perú", registra un límite fluido de 44,91% y un rango de plasticidad de 16,37%. De acuerdo con la normativa técnica, el límite líquido máximo aceptable es 35% y el índice de plasticidad debe oscilar entre 4% y 9%. En consecuencia, los valores obtenidos demuestran que el material no satisface los estándares de condición fijados por la EG-2013 para la edificación de capas de afirmado.

4.1.1.4 Clasificación de Suelos.

La categorización del agregado de la calera Km 06+000 "Mi Perú" mediante el sistema SUCS se llevó a cabo como la normativa ASTM D 2487, en tanto que la simbolización por el método AASHTO se ejecutó de acuerdo con la normativa ASTM D 3282.

Tabla 13

Resultados de la Clasificación del material de cantera

Material	Clasificación SUCS		Clasificación AASHTO	
	Grupo	Material	Grupo	Material
Suelo material de cantera	GM	Gravas limosas	A – 2 - 7	Grava y Arena Limosa o arcillosa.

La Tabla 15 muestra que, de acuerdo con la codificación SUCS, el agregado de la calera Km 06 + 000 "Mi Perú" se identifica como una superficie GM; en cambio, según el sistema AASHTO, se clasifica en el conjunto A-2-7, lo cual señala un material constituido por arena y grava con contenido arcilloso o limoso.

4.1.1.5 Ensayo de Proctor Modificado.

Se exponen los hallazgos del análisis de Compactación Proctor Reformado aplicado al agregado de la calera Km 06 + 000 "Mi Perú" en su condición natural. Esta prueba, realizada según los estándares ASTM D 1557 y MTC E 115, posibilita establecer las densidades secas máximas y el contenido de agua ideal del terreno.

Tabla 14

Resultados del Ensayos de Proctor Modificado del material de cantera en estado natural

Material/ Muestra	Proctor Modificado	
	Optimo Contenido de Humedad %	Máxima Densidad Seca gr/cm^3
M - 01 Material de cantera	10.18	2.081

La Tabla 16 muestra que las Densidades secas máximas alcanzada es de 2.081 g/cm³ y su Comprendido de Relente óptimo es del 9.40%.

4.1.1.6 Ensayo CBR.

La prueba de CBR se ejecutó conforme con los estándares ASTM D 1883 y MTC E 132, exponiéndose los datos obtenidos para el agregado de la calera Km 06 + 000 "Mi Perú" en su condición nativo.

Tabla 15

Resultados del Ensayos de Proctor Modificado del material de cantera en estado natural

Material/ Muestra	CBR al 95% de M.D.S (%)	CBR al 100% de M.D.S (%)
M – 01 material de cantera	33.10%	46.10%
Especificaciones técnicas	40% min.	40% min.

La Tabla 17 exhibe los hallazgos de la prueba CBR del agregado de la calera Km 06 + 000 "Mi Perú" en etapa nativo. El CBR al 100% de las Densidades Máximas Secas es de 46,10%, valor que excede el mínimo exigido por la EG-2013 para la construcción de asegurados; no obstante, el CBR al 95% está por debajo de los parámetros de calidad fijados por dicha normativa, por lo cual el material se califica como no adecuado.

4.1.2 Resultados de los ensayos del material de cantera estabilizado.

4.1.2.1 Límite de Consistencia.

Para establecer los valores del LP y LI, los ensayos se realizaron conforme a las normas MTC E 110 - E 111 y ASTM D4318.

Tabla 16

Resultados de Limites de Consistencia

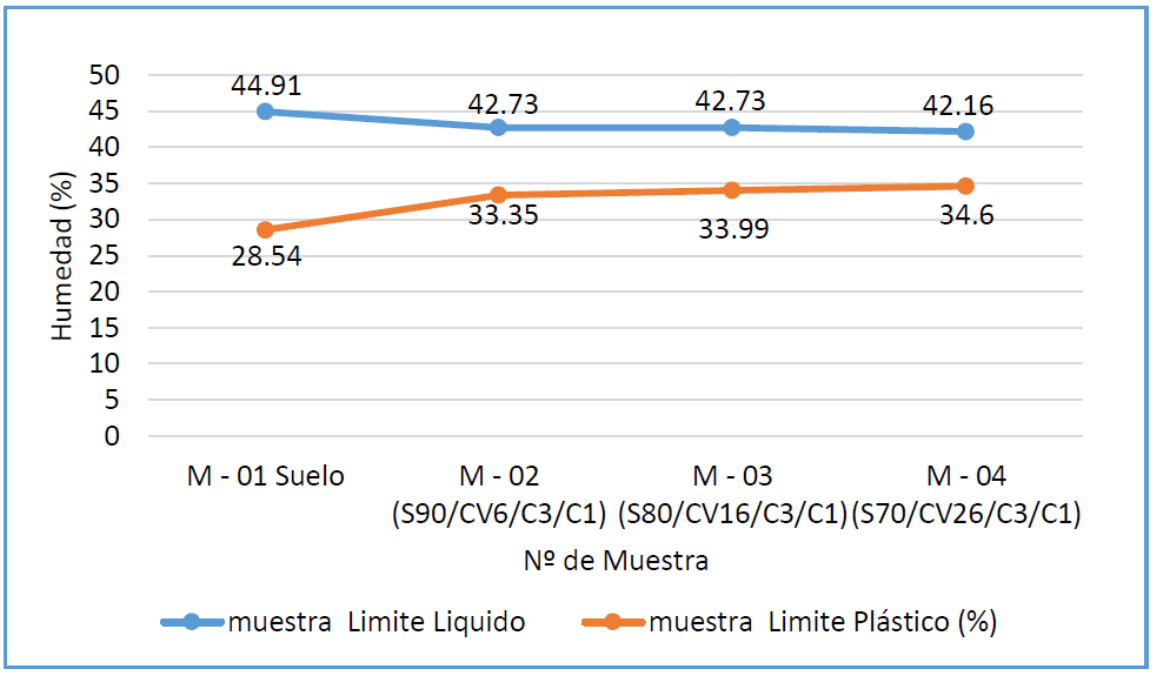
Material / Muestra	Límites de Consistencia		
	Limite Liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice Plástico (%)
M - 01 (s)	44.91	28.54	16.37
M - 02 (S90/CV6/C3/C1)	42.73	33.35	09.37
M - 03 (S80/CV16/C3/C1)	42.73	33.99.	08.74
M - 04 (S70/CV26/C3/C1)	42.16	34.60	07.56
Especificaciones Técnicas.	35 % máx.	Ninguno	4 – 9 %

Se ´puede ver en la tabla 18 M-01 (material de la calera Km 06+000 "Mi Perú" GM) exhibe un límite fluido de 44,91%, un límite dúctil de 28,54% y un índice de plasticidad de 16,37%. De acuerdo con los estándares técnicos, el límite líquido máximo aceptable es 35% y el índice plástico debe oscilar entre 4% y 9%, por lo que esta muestra no satisface los parámetros de calidad. La Muestra M-02, tratada con 6% de ceniza volante, 1% de cal y 3% de cemento, muestra un límite fluido de 44,91%, límite plástico de 33,35% e índice plástico de 9,37%. La Muestra M-03, que contiene

16% de ceniza volante, 3% de cemento y 1% de cal, registra un límite líquido de 42,73%, un límite dúctil de 33,99% y un rango de plasticidad de 8,74%. Por último, la Muestra M-04, con 26% de CV, 1% de cal y3% de cemento, exhibe un límite fluido de 42,16%, un límite dúctil de 34,6% y un rango de plasticidad de 7,56%.

Figura 20

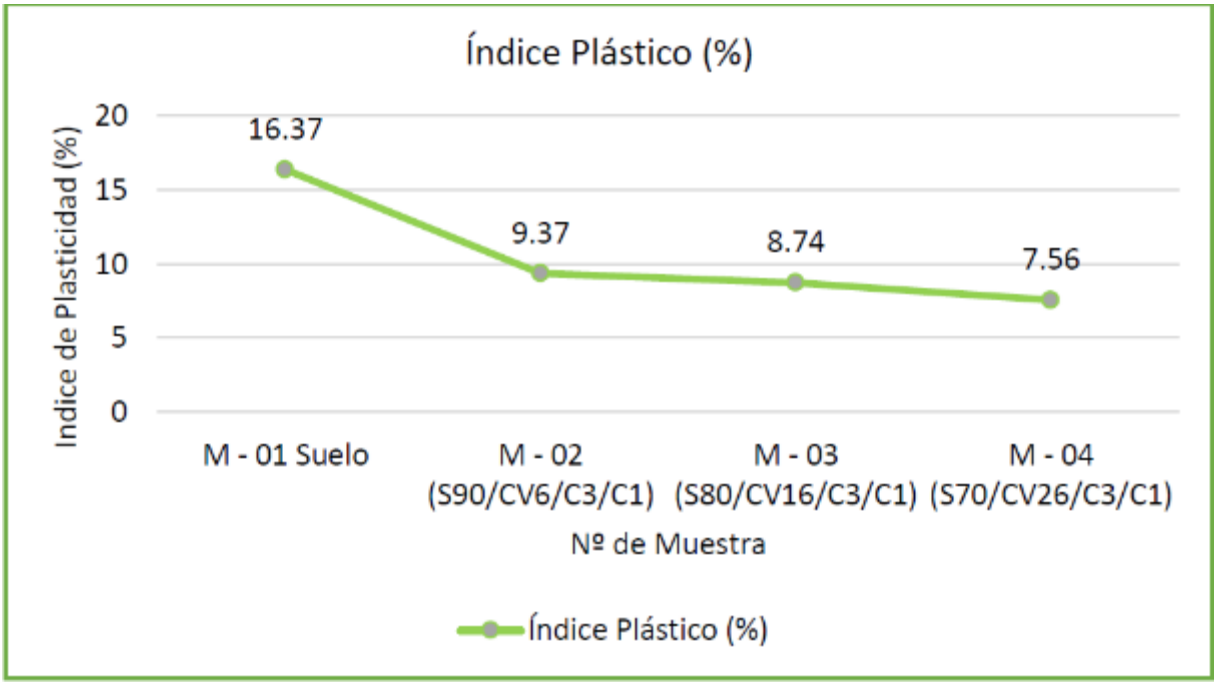
Variación del Limite Líquido, Limite Plástico del material de cantera sin estabilizado y estabilizado con la adición de ceniza volante, cemento y cal



Se puede ver en la gráfica 21 que el agregado de la calera (GM) tratado con la mezcla de cemento, CV y CaO muestra una reducción del LL y un acrecentamiento del LP. Los datos demuestran que la estabilización consigue someter la flexibilidad del suelo de la calera hasta valores de 42,16% de LL y 34,6% de LP.

Figura 21

Variación del Índice de Plasticidad del material de cantera sin estabilizar y estabilizado con la adición de ceniza volante-cemento-cal



El Gráfico 22 presenta la evolución del índice de plasticidad (IP), que disminuye desde el 16,37% del GM hasta 9,37%, 8,74% y 7,54% después del procesamiento con ceniza volante, cal y cemento. De acuerdo con los estándares técnicos, el IP exigido debe oscilar entre 4% y 9%. Los datos obtenidos demuestran que las muestras M-03 y M-04, con IP de 8,74% y 7,56%, satisfacen los parámetros de condición de la EG-2013 para asegurados. Se determina que las estabilizaciones reducen el IP y optimiza la manejabilidad del suelo al limitar su plasticidad.

4.1.2.2 Ensayo de Proctor Modificado.

La prueba de Proctor Reformado se efectuó conforme a las normativas MTC E 115 y ASTM D 1557, aplicándose al agregado de la calera Km 06+000 “Mi Perú” tanto en estado nativo como afianzado con la mezcla de cemento, CV y cal. Este ensayo permitió establecer las densidades secas máximas y el comprendido óptimo de

humedad.

La Tabla 19 muestra que el peso unitario seco máximo del material aumenta cuando se incorpora cemento, ceniza volante y cal al muestreo en estado nativo. Igualmente, se nota que el porcentaje de humedad cambia, reduciéndose conforme se eleva la cantidad de CV.

Tabla 17

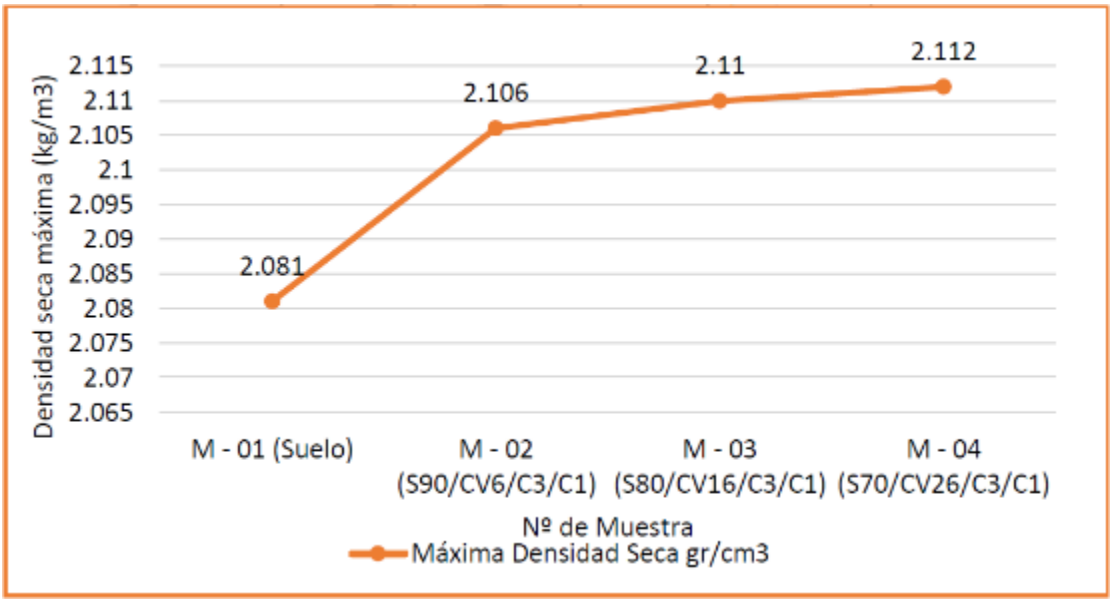
Resultados del Ensayos de Proctor Modificado

Material/ Muestra	Proctor Modificado	
	Optimo Contenido de Humedad %	Máxima Densidad Seca gr/cm^3
M - 01 (s)	10.18	2.08
M - 02 (S90/CV6/C3/C1)	9.84	2.11
M - 03 (S80/CV16/C3/C1)	9.73	2.11
M - 04 (S70/CV26/C3/C1)	9.69	2.11

Se puede ver en el grafico 23 un aumento en las Densidades Secas Máximas de: 2.081 g/cm^3 a 2.112 g/cm^3 mediante el proceso de estabilizaciones.

Figura 22

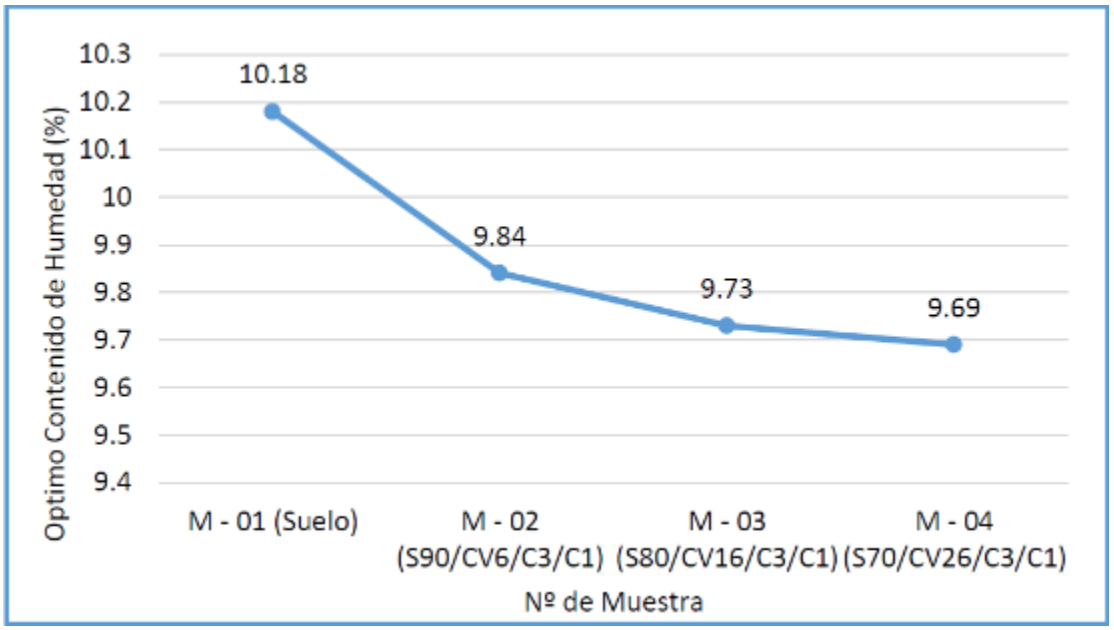
Máxima Densidad Seca del material de cantera sin estabilizado y estabilizado con la adición de ceniza volante-cemento-cal



El Gráfico 24 evidencia que el comprendido de relente óptimo se reduce mediante el proceso de estabilización, pasando de 10,18% a 9,69%.

Figura 23

Contenido de Humedad Optimo del material de cantera sin estabilizado y estabilizado con la adición de ceniza volante-cemento-cal



El Gráfico 23 demuestra un acrecentamiento progresivo del Peso Unitario Seco Máximo. Este cambio es causado por las reacciones químicas de la ceniza volante, el cemento y la CaO, que causan una consecuencia cementante en el terreno de la cantera. De igual modo, el Gráfico 24 presenta una disminución en el porcentaje de humedad ideal.

4.1.2.3 Ensayo CBR.

Se puede ver en la tabla 20 hallazgos de diversión de la prueba CBR. La muestra natural de cantera (M-01) registra una expansión del 0.12% tras 4 días de saturación. Las muestras estabilizadas M-02, M-03 y M-04 muestran expansiones significativamente menores, de 0.01% y 0.02% respectivamente.

Tabla 18

Resultado de la Expansión en %

Material/ Muestra.	Expansión (%)
M – 01 (s)	0.12
M – 02 (S90/CV6/C3/C1)	0.01
M – 03 (S80/CV16/C3/C1)	0.02
M – 04 (S70/CV26/C3/C1)	0.02

La prueba de CBR se realizó conforme a los protocolos descritos en las normativas MTC E 132 y el ASTM D 1883. La Tabla 19 muestra los valores del CBR al 95% de las Densidades Secas Máximas y al 100% de esta para cada composición. En ella se constata que el valor del CBR experimenta un aumento, pasando de un 46.10% en el material de cantera natural hasta alcanzar un 97.2% en las mezclas

estabilizadas.

Tabla 19

Resultados del Ensayo de CBR

Material/ Muestra.	CBR al 95% de M.D.S (%)	CBR al 100% de M.D.S (%)
M – 01 (s)	33.10	46.10
M – 02 (S90/CV6/C3/C1)	63.80	84.4
M – 03 (S80/CV16/C3/C1)	52.70	91.8
M – 04 (S70/CV26/C3/C1)	64.20	97.2
Especificaciones Técnicas	40% min.	40% min.

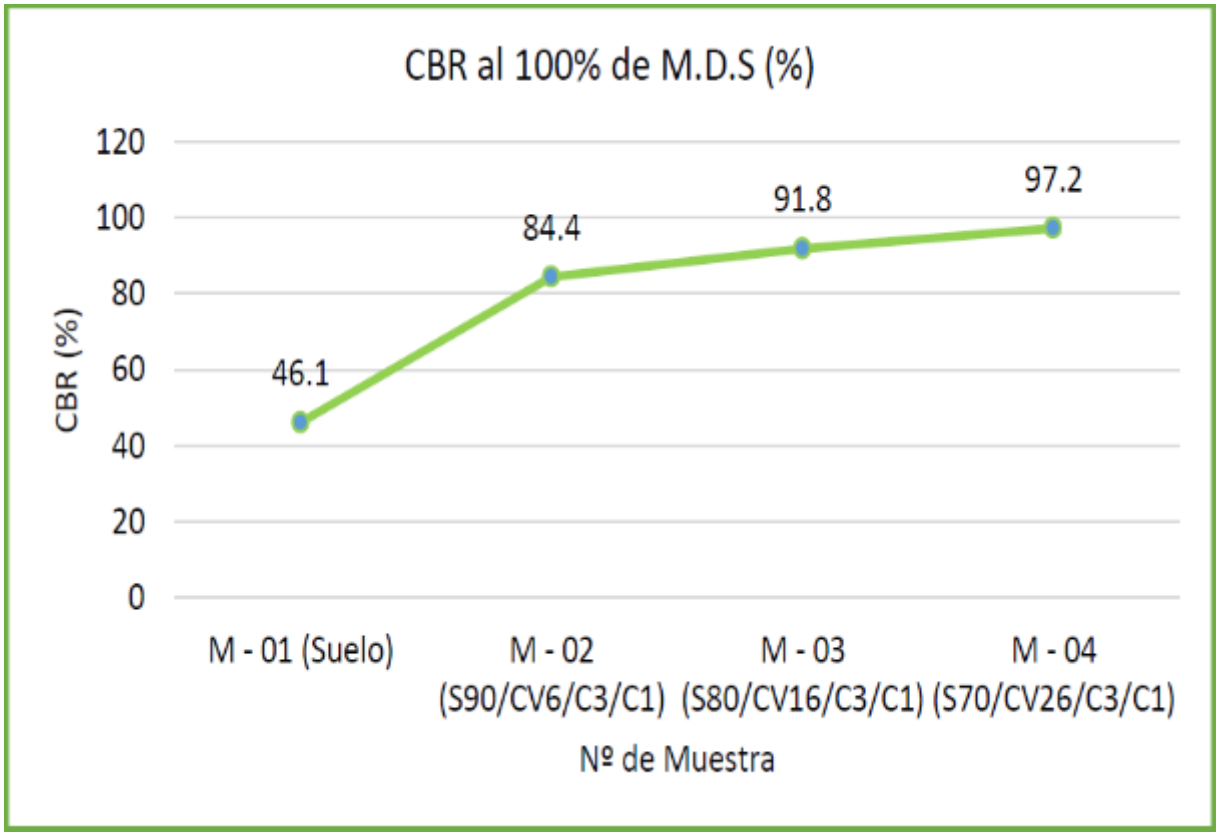
La tabla 21 manifiesta los hallazgos del agregado de canteras Km 06 + 000 "Mi Perú". La muestra M-01 registra un CBR al 95% de la M.D.S. de 33.10%, valor que no satisface el requisito mínimo del 40% establecido. Por el contrario, las muestras estabilizadas M-02, M-03 y M-04 muestran valores de CBR de 63.80%, 52.70% y 64.20% respectivamente, cumpliendo así con las especificaciones de condición del EG-2013 para la formación de asegurados.

Los hallazgos del agreagdo de cantera (M-01) muestran un CBR al 100% de la M.D.S. de 46.10%, valor que satisface el requisito mínimo del 40% establecido en las especificaciones técnicas. Por su parte, las muestras estabilizadas M-02, M-03 y M-04 presentan valores de CBR significativamente superiores (84.40%, 91.80% y 97.20% respectivamente), cumpliendo todas ampliamente con los estándares del EG-

2013 para la conformación de afirmados.

Figura 24

CBR del material de cantera sin estabilizado y estabilizado con la adición de ceniza volante-cemento-cal



El Gráfico 25 demuestra que la estabilización incrementa significativamente la resistencia del CBR al 100% de la M.D.S. Las muestras M-02, M-03 y M-04, con valores de 84.4%, 91.8% y 97.2% respectivamente, cumplen con los estándares de la normativa EG-2013 para la construcción de bases granulares. Se determina que el tratamiento de estabilización incrementa el valor CBR a partir 46.1% (material de cantera GM) hasta 97.2%, usando una mezcla acomodada por 70% material de cantera, 26% CV, 1% cal y 3% cemento, por lo cual el material se considera adecuado para su aplicación en superficies.

4.2 Análisis e interpretación de los resultados finales.

El presente examen analiza el efecto de la mezcla de cemento, CV y cal como agente estabilizador en el material proveniente de la cantera km 06+000 "Mi Perú", localizada en el Departamento y Provincia de Puno, conforme a los objetivos planteados en esta investigación.

La Tabla 12 enseña que el agregado de cantera cumple con la clasificación granulométrica A-1 para pavimentos. Por su parte, la Tabla 13 presenta la composición del material: 61.17% de cascajos, 23.9% de arenas y 14.94% de finos (arcilla y limo).

El Estudio Granulométricos por Cernido de calera km 06+000 "Mi Perú", presentado en la Tabla 16, determinó que el material se clasifica como GM (Grava Limosa) según el sistema SUCS y como A-2-7 Arena Limosa y Grava o Arcillosa) según el sistema AASHTO. Para la evaluación como subrasante, esta clasificación se califica de Regular a Insuficiente. En consecuencia, este suelo resulta apropiado para ser estabilizado mediante la mezcla de ceniza volante, cal y cemento.

Los hallazgos del ensayo de LC (Tabla 18, Gráficos 21 y 22) revelan que ninguna de las muestras cumple con el requisito técnico del EG-2013 para afirmados de Límite Líquido máximo del 35%. No obstante, la estabilización reduce el Límite Líquido de 44.91% a 42.16% (disminución del 2.75%), al tiempo que el LP se incrementa de forma progresiva de 28.54% a 34.6% (aumento del 6.06%). Como resultado, el rango de Plasticidad se reduce de 16.37% a 7.56% (disminución del 8.81%), cumpliendo las muestras M-03 y M-04 con el intervalo exigido de 4% a 9%. Se determina que la estabilización optimiza notablemente la manejabilidad del material al disminuir su plasticidad.

El Gráfico 23 presenta un aumento gradual del peso unitario seco máximo en función del % de incorporación de ceniza volante, cal y cemento, evolucionando de 2.081 kg/cm³ a 2.112 kg/cm³, lo que equivale a un incremento de 0.031 kg/cm³. Esta tendencia genera una disminución concurrente de la compresibilidad y las permeabilidades del material.

Se puede ver en la gráfica 24 que, al aumentar el % de la mezcla de CV, cal y cemento, el comprendido de relente inapreciable se reduce.

Conforme con la Tabla 21, el GM en su estado nativo existente un CBR al 95% de la M.D.S. de 33.10%, incumpliendo el requisito mínimo del 40%. No obstante, las muestras estabilizadas M-02, M-03 y M-04 muestran valores de CBR de 63.80%, 52.70% y 64.20% respectivamente, las cuales satisfacen las especificaciones del EG-2013 para asegurados. Mediante el proceso de estabilizaciones, el CBR al 95% de la M.D.S. se acrecienta desde 33.10% hasta 64.20%, lo que representa una mejora del 31.10%.

La Tabla 21 y el Gráfico 25 muestran que el agregado de cantera natural (M-01) presenta un CBR al 100% de la M.D.S. de 46.10%, valor que cumple con el requisito mínimo del 40% establecido en las especificaciones técnicas. Por su parte, las muestras estabilizadas M-02, M-03 y M-04 alcanzan valores de CBR de 84.40%, 91.80% y 97.20% respectivamente, satisfaciendo todas las exigencias de la normativa EG-2013 para asegurados. Mediante el proceso de estabilizaciones, el CBR al 100% de la M.D.S. se acrecienta a partir de 46.10% hasta 97.20%, lo que representa una mejora del 51.10%. Se ultima que las estabilizaciones adelanto significativamente la firmeza del agregado de cantera.

CONCLUSIONES

PRIMERA: La mezcla de cemento, cal y ceniza volante actúa como un agente estabilizador seguro en el material de cantera (GM), reduciendo significativamente los efectos de plasticidad. Esta mejora se puede ver en la reducción del Índice de Plasticidad, que alcanza valores de 7.63% para el muestreo M-03 y 8.81% para la M-04.

SEGUNDA: El procesamiento de estabilizaciones con la mezcolanza de ceniza volante, cal y cemento optimiza las características de firmeza del material de calera (GM), produciendo un aumento en el índice CBR de 38.3% para la M-02, 45.7% para la M-03 y 51.1% para la M-04. Al mismo tiempo, incrementa las densidades secas máximas en 0.025 kg/m³ (M-02), 0.029 kg/m³ (M-03) y 0.031 kg/m³ (M-04).

TERCERA: Los ensayos realizados determinaron que la proporción óptima corresponde a la muestra compuesta por 70% de agregado de cantera, 3% de cemento, 26% de ceniza volante y 1% de cal, la cual genera resultados excelentes. Esta composición incrementa las resistencias del agregado Grava Limosa desde 46.1% hasta 97.2% en el ensayo CBR al 100% de la M.D.S., cumpliendo con las descripciones técnicas del EG-2013 para subrasante y subbase mejorada de pavimentos.

CUARTA: Este estudio evaluó desiguales ritmos de ceniza volante (6%, 16%, 26%) para estabilizaciones mixtas. Para este tipo de estabilizaciones se consideró un contenido de cemento entre 3-4% y cal entre 1-2%. En el estudio se empleó específicamente 3% de caliza para incrementar la firmeza y 1% de cal para reducir las plasticidades. Utilizando los mínimos % de cemento y cal especificados, se obtuvieron hallazgos satisfactorios.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se sugiere esgrimir el agregado de la calera Km 06+000 de la localidad "Mi Perú" tratado con la mezcla de cemento, CV y CaO para su uso en subrasantes y capas de sub-centro de pavimentos, puesto que mediante el procesamiento de estabilizaciones se alcanzaron hallazgos positivos que optimizan las características mecánicas del agregado y satisfacen los estándares de condición para asegurados definidos en la norma EG-2013.

SEGUNDA: Se sugiere extender el estudio sobre este método de estabilización combinada, incluyendo demás aditivos químicos y diversas formulaciones (cemento-ceniza volante, cal-CV y CaO-cemento), con la finalidad de crear nuevas opciones para el mejoramiento de terrenos en obras de carreteras.

TERCERA: En el presente estudio se afianzó una superficie tipo Grava Limosa (GM), obteniéndose resultados satisfactorios. Se recomienda extender la investigación a otros tipos de superficies con distintas características plásticas para optimizar sus patrimonios mecánicos.

CUARTA: Se sugiere incrementar el contenido de cal por encima del 1% cuando se trabaje con materiales de mayor plasticidad, y aumentar el porcentaje de cemento más allá del 3% cuando se requieran niveles superiores de firmeza.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Alvarez Pabón, J. (2013). *Estabilización de la Base de Pavimento. Colombia: Asociación Colombiana de Fabricantes de Cemento* Obtenido de https://shre.ink/oTa7

Anonimo. (s.f.). Cenizas volantes generadas en centrales termoeléctricas de carbón. Obtenido de https://shre.ink/oTaL

Bañón Blázquez, L., & Beviá García, J. (2000). *Manual de Carreteras* (Vol. 2). Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A. Obtenido de http://hdl.handle.net/10045/1787

Braja M., D. (2014). *Elementos de la Ingenieria Geotecnica (4ª edicion).* Mexico: Cengage Learning.

Cañar Tiviano, E. (2016). *Estudio semejante de la capacidad de carga y mejoramiento de suelos finos arcillosos* y *arenosos* mezclados *con residuos de combustión de carbón (Trabajo de investigación de grado).* Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Obtenido de https://shre.ink/oTaA

Criado Sanz, M., Palomo Sanchez, A., & Fernández Jiménez, A. (2006). Compuestos cementantes novedosos obtenidos a partir de cenizas volantes. Influencia de los aditivos en las propiedades reológicas. España: Publicación del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Nº 413.

Fajardo Cuesta, H., & Vasquez Jara, M. (2014). *Estabilización de superficies.* Obtenido de Prezi: https://shre.ink/oTa5

Gonzáles Guerra, A. (2014). *"Refuerzo estructural de superficies arcillosos mediante el uso de cal y ceniza volante" (Tesis de pregrado).* Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014).

Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2005). *Mecanica de Superficies:* Fundamentos *de la Mecanica de Superficies.* (Vol. I). Mexico: LIMUSA, S.A.

M.C. ALONSO. (1995). *Aplicaciones de los desechos de cenizas volantes en el sector de la construcción. Madrid: Centro de Ciencias de la Edificación* Eduardo Torroja.

Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras.* Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

Montejo Fonseca, A. (2008). *Ingeniería de Pavimentos.* Bogotá: Universidad catolica de Colombia.

Morales Zuluaga, D. (2015). *Aprovechamiento de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su aplicación en vías sin pavimentar".* Medellin: Universidad de Medellin.

MTC. (2013). *Manual de Carreteras- Especificaciones Técnicas Totales para* Construcción - *EG-2013.* Lima, Perú: Ministerio de Trasportes y Comunicaciones. Obtenido de https://shre.ink/oTao

MTC. (2014). *"*Manual *de Carreteras" Superficies, Geologia, Geotecnia y Pavimentos* Lima , Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

MTC. (2016). *Manual de Ensayos de Materiales.* Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

MTC. (2018). *Glosario de Términos.* Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Palli Apaza, E. E. (2015). *Manual elemental para el mejoramiento de terrenos con cal en vías de tráfico reducido en San Román. (Trabajo de Grado), Universidad Nacional del Altiplano*., Puno, Puno. Obtenido de https://shre.ink/oTat

Pérez Collantes, R. d. (2012). *Mejoramiento de superficies arcillosos mediante cenizas de carbón para su aplicación como subrasante reforzada y/o capa de sub-base en pavimentos. (Tesis de Maestría), Universidad Nacional de Ingeniería*, Perú, Lima. Obtenido de https://shre.ink/oTax

Rico Rodríguez, A., & Del Castillo, H. (2005). *La Ingeniería de superficies en las* vias *terrestres 2: carreteras, ferrocarriles y autopistas.* Mexico: Limusa S.A. Obtenido de Casa del Libro

Suarez Diaz, J. (s.f.). *Estabilización de superficies.* (U. I. Santander, Ed.) Obtenido de https://shre.ink/oTaM

ANEXOS

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXO 01

MATRIZ DE CONSISTENCIA

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Matriz de consistencia

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA VOLANTE, CEMENTO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA SUBRASANTE MEJORADA EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE PUNO					
PROBLEMA	**OBJETIVOS**	**HIPOTESIS**	**VARIABLES**	**INDICADORES**	**METODOLOGIA**
Pregunta general: ¿Cómo es el comportamiento de la ceniza volante, cemento y cal como material estabilizante de suelos? **Preguntas específicas:** ¿Cuál es el efecto de la combinación de la ceniza volante, cemento y cal con el suelo? ¿Qué propiedades mecánicas presenta un suelo estabilizado con ceniza volante, cemento y cal? ¿Cuáles serán las proporciones adecuadas de la ceniza volante, cemento y cal con el suelo a estudiar??	**Objetivo general:** Evaluar el comportamiento de la aplicación de ceniza volante, cemento y cal para la estabilización de suelos y su empleo como material de subrasante mejorada. **Objetivos específicos:** Evaluar el efecto de la combinación de la ceniza volante, cemento y cal con el suelo a estudiar. Determinar las propiedades mecánicas del suelo que pueden ser mejoradas con el proceso de estabilización. Determinar las proporciones adecuadas de la ceniza volante, cemento y cal en un suelo para encontrar el valor optimo que cumpla con los requisitos para una sub rasante mejorada.	**Hipótesis general:** El material extraído de la cantera estabilizado con ceniza volante, cemento y cal mejora sus propiedades físico-mecánicas para su uso como material de sub rasante mejorada. **Hipótesis especificas:** La adición de ceniza volante, cemento y cal en el suelo disminuye los efectos de expansión, plasticidad y humedad. La ceniza volante, cemento y cal al ser empleado como material estabilizador mejora la resistencia de los suelos. La adición de ceniza volante, cemento y cal, como una estabilización mixta en una proporción del 10% al 30% en suelos cumple con los requerimientos para una subrasante mejorada.	**Variable independiente:** Material Extraído de la cantera **Variable dependiente:** Características mecánicas y físicas del material tratado mediante la aplicación de ceniza volante, cal y cemento.	- Dosificación de CV, cemento y cal (%) Proporción de mezcla Contenido de humedad. -Propiedades físico mecánicas del suelo.	**Tipo:** Aplicada **Enfoque:** Cuantitativo **Nivel:** Explicativo **Método:** Cuasi-experimental **Población:** Suelos de canteras y vías de la región Puno**.** **Muestra:** Muestras de suelo de la cantera "Mi Perú" – Puno, en estado natural y estabilizado, con diferentes porcentajes de ceniza volante, cemento y cal.

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXO 02

ENSAYOS DE LABORATORIO

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LL-225-2025

Expediente	: S-0279-2025
Solicitante	: GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Dirección	: JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Instrum. de Medición	: TAMIZ
Marca	: GRANOTEST
Modelo	: NO INDICA
Serie	: 58623
Identificación	: NO INDICA
Nº Tamiz	: 2"
Procedencia	: COLOMBIA
Lugar de Calibración	: LAB. DE LONGITUD AG4 INGENIERIA & METROLOGIA
Fecha de Calibración	: 2025-09-01
Fecha de Emisión	: 2025-09-01

Método de Calibración Empleado

Determinación de la abertura y diametro del alambre del tamiz, por el método de medición directa, utilizando reticulas micrometricas. Se tomo como referencia la Norma ASTM E11-20 (Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves).

Condiciones Ambientales:

	Inicial		Final	
Temperatura	20.2	°C	20.1	°C
Humedad Relativa	54	%	54	%

Observaciones

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

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de valores de un mismo punto.

Los resultados indicados en el presente documento son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

Luggi Asenjo G.
Jefe de Metrologia

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "LONGITUD"

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del Instituto Nacional de Calidad - INACAL en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de Referencia	Reticula Micrometrica	LLA-319-2023
Patron de Referencia	Pie de Rey - Vernier	1AD-1143-2023

RESULTADOS DE MEDICIÓN

MEDICIONES DEL ARO TAMIZ

DIAMETRO : 203.53 mm

ALTURA INTERNA : 47.34 mm

MEDICIONES DE LA MALLA

MEDICIONES PARA LA ABERTURA

	VALOR NOMINAL (mm)	PROMEDIO (mm)	ERROR mm	TOLERANCIA mm	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	50	49.98	-0.02	1.34	10.5
VERTICAL		49.60	-0.40	2.06	10.5

MEDICIONES PARA EL DIAMETRO

	VALOR NOMINAL (mm)	PROMEDIO (mm)	ERROR mm	TOLERANCIA mm +/-	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	5.00	4.87	-0.13	0.70	10.5
VERTICAL		4.88	-0.12	0.70	10.5



INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guia para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.
La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.
La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "LONGITUD"

Luggi Aserio G.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LL-226-2025

Expediente	: S-0280-2025
Solicitante	: GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Dirección	: JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Instrum. de Medición	: TAMIZ
Marca	: GRANOTEST
Modelo	: NO INDICA
Serie	: 58348
Identificación	: NO INDICA
Nº Tamiz	: 11/2"
Procedencia	: COLOMBIA
Lugar de Calibración	: LAB. DE LONGITUD AG4 INGENIERIA & METROLOGIA
Fecha de Calibración	: 2025-09-01
Fecha de Emisión	: 2025-09-01

Método de Calibración Empleado

Determinación de la abertura y diametro del alambre del tamiz, por el método de medición directa, utilizando reticulas micrometricas. Se tomo como referencia la Norma ASTM E11-20 (Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves).

Condiciones Ambientales:

	Inicial		Final	
Temperatura	20.3	°C	20.2	°C
Humedad Relativa	56	%	56	%

Observaciones

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

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de tres valores de un mismo punto.
Los resultados indicados en el presente documento son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.
AG4 INGENIERIA & METROLOGIA, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.
El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGÍA "LONGITUD"

Luggi Ascuña G.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del Instituto Nacional de Calidad - INACAL en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de Referencia	Reticula Micrometrica	LLA-319-2025
Patron de Referencia	Pie de Rey - Vernier	1AD-1143-2025

RESULTADOS DE MEDICIÓN

MEDICIONES DEL ARO TAMIZ

DIAMETRO : 203.39 mm

ALTURA INTERNA : 48.37 mm

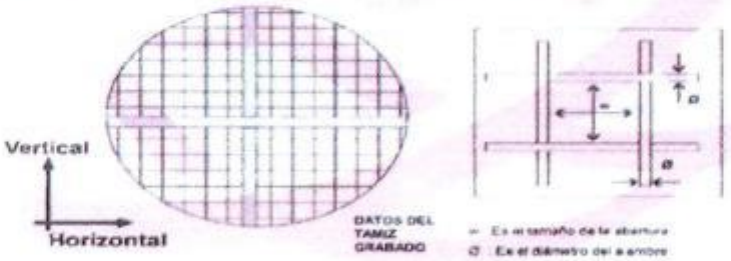
MEDICIONES DE LA MALLA

MEDICIONES PARA LA ABERTURA

	VALOR NOMINAL (mm)	PROMEDIO (mm)	ERROR mm	TOLERANCIA mm	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	37.5	37.37	-0.13	1.01	10.5
VERTICAL		37.50	0.00	1.67	10.5

MEDICIONES PARA EL DIAMETRO

	VALOR NOMINAL (mm)	PROMEDIO (mm)	ERROR mm	TOLERANCIA mm +/-	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	4.50	4.49	-0.01	0.70	10.5
VERTICAL		4.48	-0.02	0.70	10.5



INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.
La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.
La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Luigg Asencio G.
Jefe de Metrología

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "LONGITUD"

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LL-227-2025

Expediente	: S-0281-2025
Solicitante	: GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Dirección	: JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Instrum. de Medición	: TAMIZ
Marca	: GRANOTEST
Modelo	: NO INDICA
Serie	: 57193
Identificación	: NO INDICA
N° Tamiz	: 1"
Procedencia	: COLOMBIA
Lugar de Calibración	: LAB. DE LONGITUD AG4 INGENIERIA & METROLOGIA
Fecha de Calibración	: 2025-09-01
Fecha de Emisión	: 2025-09-01

Método de Calibración Empleado

Determinación de la abertura y diametro del alambre del tamiz, por el método de medición directa, utilizando reticulas micrometricas. Se tomo como referencia la Norma ASTM E11-20 (Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves).

Condiciones Ambientales:

	Inicial		Final	
Temperatura	20.4	°C	20.4	°C
Humedad Relativa	56	%	56	%

Observaciones

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

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de valores de un mismo punto.

Los resultados indicados en el presente documento son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGÍA "LONGITUD"

Luggi Asencio G.
Jefe de Metrologia

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del Instituto Nacional de Calidad - INACAL en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de Referencia	Reticula Micrometrica	LLA-319-2025
Patron de Referencia	Pie de Rey - Vernier	1AD-1143-2025

RESULTADOS DE MEDICIÓN

MEDICIONES DEL ARO TAMIZ

DIAMETRO : 203.49 mm

ALTURA INTERNA : 47.91 mm

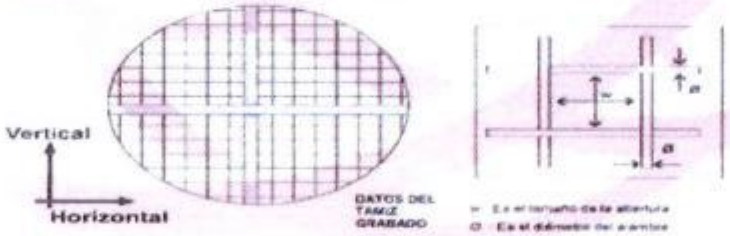
MEDICIONES DE LA MALLA

MEDICIONES PARA LA ABERTURA

	VALOR NOMINAL (mm)	PROMEDIO (mm)	ERROR mm	TOLERANCIA mm	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	25.0	25.13	0.13	0.68	10.5
VERTICAL		25.10	0.10	1.24	10.5

MEDICIONES PARA EL DIAMETRO

	VALOR NOMINAL (mm)	PROMEDIO (mm)	ERROR mm	TOLERANCIA mm +/-	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	3.55	3.74	0.19	0.55	10.5
VERTICAL		3.75	0.20	0.55	10.5



INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.
La incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.
La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA LONGITUD

Luggi Asenjo G.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LL-228-2025

Expediente	: S-0282-2025
Solicitante	: GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Dirección	: JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Instrum. de Medición	: TAMIZ
Marca	: GRANOTEST
Modelo	: NO INDICA
Serie	: 59130
Identificación	: NO INDICA
Nº Tamiz	: 3/4"
Procedencia	: COLOMBIA
Lugar de Calibración	: LAB. DE LONGITUD AG4 INGENIERIA & METROLOGIA
Fecha de Calibración	: 2025-09-01
Fecha de Emisión	: 2025-09-01

Método de Calibración Empleado

Determinación de la abertura y diametro del alambre del tamiz, por el método de medición directa, utilizando reticulas micrometricas. Se tomo como referencia la Norma ASTM E11-20 (Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves).

Condiciones Ambientales:

	Inicial		Final	
Temperatura	20.5	°C	20.5	°C
Humedad Relativa	56	%	56	%

Observaciones

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

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de valores de un mismo punto.

Los resultados indicados en el presente documento son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "LONGITUD"

Luigg Asencio G.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del Instituto Nacional de Calidad - INACAL en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de Referencia	Reticula Micrometrica	LLA-319-2025
Patron de Referencia	Pie de Rey - Vernier	1AD-1143-2025

RESULTADOS DE MEDICIÓN

MEDICIONES DEL ARO TAMIZ

DIAMETRO : 203.49 mm

ALTURA INTERNA : 50.11 mm

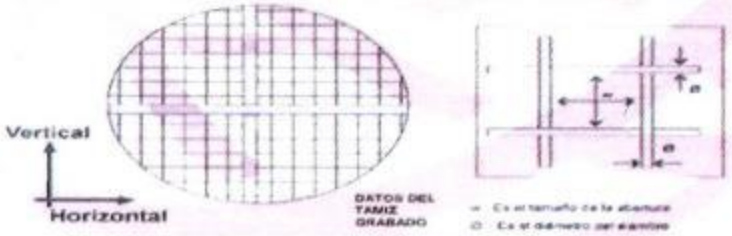
MEDICIONES DE LA MALLA

MEDICIONES PARA LA ABERTURA

	VALOR NOMINAL (mm)	PROMEDIO (mm)	ERROR mm	TOLERANCIA mm	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	19.0	18.87	-0.13	0.52	10.5
VERTICAL		18.86	-0.14	1.01	10.5

MEDICIONES PARA EL DIAMETRO

	VALOR NOMINAL (mm)	PROMEDIO (mm)	ERROR mm	TOLERANCIA mm +/-	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	3.15	3.42	0.27	0.45	10.5
VERTICAL		3.43	0.28	0.45	10.5



INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guia OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Gula para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.
La incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.
La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Luiggi Asencio G.
Jefe de Metrología

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA LONGITUD

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LL-229-2025

Expediente	: S-0283-2025
Solicitante	: GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Dirección	: JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Instrum. de Medición	: TAMIZ
Marca	: GRANOTEST
Modelo	: NO INDICA
Serie	: 55727
Identificación	: NO INDICA
Nº Tamiz	: 1/2"
Procedencia	: COLOMBIA
Lugar de Calibración	: LAB. DE LONGITUD AG4 INGENIERIA & METROLOGIA
Fecha de Calibración	: 2025-09-01
Fecha de Emisión	: 2025-09-01

Método de Calibración Empleado

Determinación de la abertura y diametro del alambre del tamiz, por el método de medición directa, utilizando reticulas micrometricas. Se tomo como referencia la Norma ASTM E11-20 (Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves).

Condiciones Ambientales:

	Inicial		Final	
Temperatura	20.4	°C	20.4	°C
Humedad Relativa	56	%	56	%

Observaciones

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

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de valores de un mismo punto.

Los resultados indicados en el presente documento son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA LONGITUD

Luiggi Asehio G.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del Instituto Nacional de Calidad - INACAL en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de Referencia	Reticula Micrometrica	LLA-319-2025
Patron de Referencia	Pie de Rey - Vernier	1AD-1143-2025

RESULTADOS DE MEDICIÓN

MEDICIONES DEL ARO TAMIZ

DIAMETRO : 203.66 mm

ALTURA INTERNA : 49.07 mm

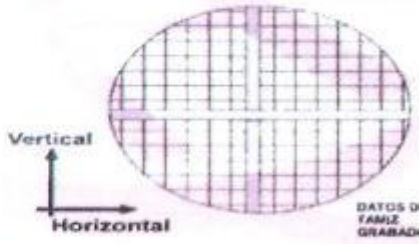
MEDICIONES DE LA MALLA

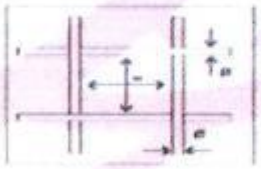
MEDICIONES PARA LA ABERTURA

	VALOR NOMINAL (mm)	PROMEDIO (mm)	ERROR mm	TOLERANCIA mm	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	12.5	12.56	0.06	0.35	10.5
VERTICAL		12.41	-0.09	0.75	10.5

MEDICIONES PARA EL DIAMETRO

	VALOR NOMINAL (mm)	PROMEDIO (mm)	ERROR mm	TOLERANCIA mm +/-	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	2.50	2.69	0.19	0.40	10.5
VERTICAL		2.70	0.20	0.40	10.5





INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guia OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guia para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.
La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo
La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Luiggi Asencio G.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LL-230-2025

Expediente	: S-0284-2025
Solicitante	: GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Dirección	: JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Instrum. de Medición	: TAMIZ
Marca	: GRANOTEST
Modelo	: NO INDICA
Serie	: 57032
Identificación	: NO INDICA
N° Tamiz	: 3/8"
Procedencia	: COLOMBIA
Lugar de Calibración	: LAB. DE LONGITUD AG4 INGENIERIA & METROLOGIA
Fecha de Calibración	: 2025-09-01
Fecha de Emisión	: 2025-09-01

Método de Calibración Empleado

Determinación de la abertura y diametro del alambre del tamiz, por el método de medición directa, utilizando reticulas micrometricas. Se tomo como referencia la Norma ASTM E11-20 (Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves).

Condiciones Ambientales:

	Inicial		Final	
Temperatura	20.5	°C	20.4	°C
Humedad Relativa	56	%	55	%

Observaciones

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

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de valores de un mismo punto.

Los resultados indicados en el presente documento son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "LONGITUD"

Luiggi Asanjo G.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del Instituto Nacional de Calidad - INACAL en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de Referencia	Reticula Micrometrica	LLA-319-2025
Patron de Referencia	Pie de Rey - Vernier	1AD-1143-2025

RESULTADOS DE MEDICIÓN

MEDICIONES DEL ARO TAMIZ

DIAMETRO : 203.56 mm

ALTURA INTERNA : 48.58 mm

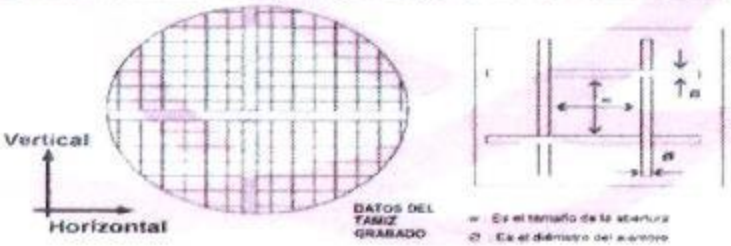
MEDICIONES DE LA MALLA

MEDICIONES PARA LA ABERTURA

	VALOR NOMINAL (mm)	PROMEDIO (mm)	ERROR mm	TOLERANCIA mm	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	9.5	9.43	-0.07	0.27	10.5
VERTICAL		9.40	-0.10	0.61	10.5

MEDICIONES PARA EL DIAMETRO

	VALOR NOMINAL (mm)	PROMEDIO (mm)	ERROR mm	TOLERANCIA mm +/-	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	2.24	2.38	0.14	0.34	10.5
VERTICAL		2.40	0.16	0.36	10.5



INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guia para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.
La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.
La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Luggi Asencios
Jefe de Metrología

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "LONGITUD"

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LL-231-2025

Expediente	: S-0285-2025
Solicitante	: GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Dirección	: JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Instrum. de Medición	: TAMIZ
Marca	: GRANOTEST
Modelo	: NO INDICA
Serie	: 55707
Identificación	: NO INDICA
Nº Tamiz	: Nº 4
Procedencia	: COLOMBIA
Lugar de Calibración	: LAB. DE LONGITUD AG4 INGENIERIA & METROLOGIA
Fecha de Calibración	: 2025-09-01
Fecha de Emisión	: 2025-09-01

Método de Calibración Empleado

Determinación de la abertura y diametro del alambre del tamiz, por el método de medición directa, utilizando reticulas micrometricas. Se tomo como referencia la Norma ASTM E11-20 (Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves).

Condiciones Ambientales:

	Inicial		Final	
Temperatura	20.4	°C	20.4	°C
Humedad Relativa	55	%	55	%

Observaciones

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

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de valores de un mismo punto.

Los resultados indicados en el presente documento son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA LONGITUD

Luggi Asenjo G.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del Instituto Nacional de Calidad - INACAL en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de Referencia	Reticula Micrometrica	LLA-319-2025
Patron de Referencia	Pie de Rey - Vernier	1AD-1143-2025

RESULTADOS DE MEDICIÓN

MEDICIONES DEL ARO TAMIZ

DIAMETRO : 203.60 mm

ALTURA INTERNA : 48.93 mm

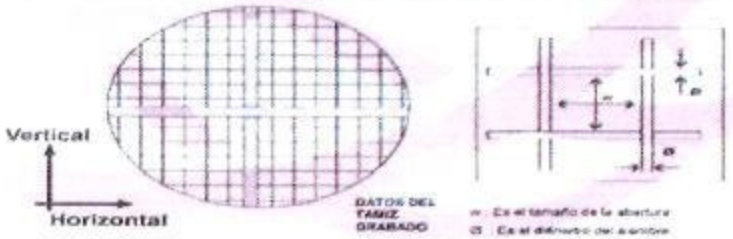
MEDICIONES DE LA MALLA

MEDICIONES PARA LA ABERTURA

	VALOR NOMINAL (mm)	PROMEDIO (mm)	ERROR mm	TOLERANCIA mm	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	4.75	4.80	0.05	0.14	10.5
VERTICAL		4.76	0.01	0.37	10.5

MEDICIONES PARA EL DIAMETRO

	VALOR NOMINAL (mm)	PROMEDIO (mm)	ERROR mm	TOLERANCIA mm +/-	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	1.60	1.61	0.01	0.30	10.5
VERTICAL		1.58	-0.02	0.30	10.5



INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guia para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.
La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.
La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Luiggi Asencio G.
Jefe de Metrología

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA LONGITUD

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LL-232-2025

Expediente	: S-0286-2025
Solicitante	: GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Dirección	: JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Instrum. de Medición	: TAMIZ
Marca	: GRANOTEST
Modelo	: NO INDICA
Serie	: 58116
Identificación	: NO INDICA
Nº Tamiz	: Nº 10
Procedencia	: COLOMBIA
Lugar de Calibración	: LAB. DE LONGITUD AG4 INGENIERIA & METROLOGIA
Fecha de Calibración	: 2025-09-01
Fecha de Emisión	: 2025-09-01

Método de Calibración Empleado

Determinación de la abertura y diametro del alambre del tamiz, por el método de medición directa, utilizando reticulas micrometricas. Se tomo como referencia la Norma ASTM E11-20 (Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves).

Condiciones Ambientales:

	Inicial		Final	
Temperatura	20.3	°C	20.3	°C
Humedad Relativa	54	%	54	%

Observaciones

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

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de valores de un mismo punto.
Los resultados indicados en el presente documento son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.
AG4 INGENIERIA & METROLOGIA, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.
El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA · LONGITUD ·

Luggi Asenjo G.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del Instituto Nacional de Calidad - INACAL en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de Referencia	Reticula Micrometrica	LLA-319-2025
Patron de Referencia	Pie de Rey - Vernier	1AD-1143-2025

RESULTADOS DE MEDICIÓN

MEDICIONES DEL ARO TAMIZ

DIAMETRO : 203.50 mm

ALTURA INTERNA : 50.56 mm

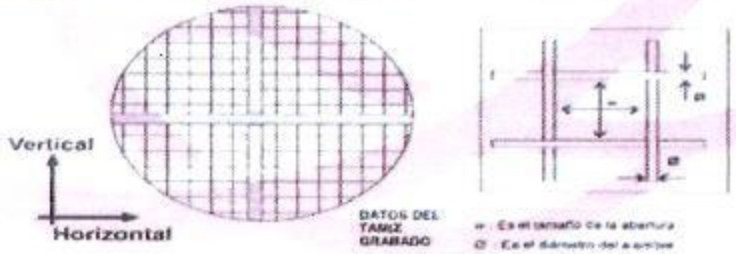
MEDICIONES DE LA MALLA

MEDICIONES PARA LA ABERTURA

	VALOR NOMINAL (mm)	PROMEDIO (mm)	ERROR mm	TOLERANCIA mm	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	2.00	2.05	0.04	0.06	10.5
VERTICAL		2.04	0.04	0.20	10.5

MEDICIONES PARA EL DIAMETRO

	VALOR NOMINAL (mm)	PROMEDIO (mm)	ERROR mm	TOLERANCIA mm +/-	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	0.90	0.88	-0.02	0.13	10.5
VERTICAL		0.96	0.06	0.14	10.5



INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.
La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.
La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Luiggi Asenjo C.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LL-233-2025

Expediente	: S-0287-2025
Solicitante	: GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Dirección	: JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Instrum. de Medición	: TAMIZ
Marca	: GRANOTEST
Modelo	: NO INDICA
Serie	: 58312
Identificación	: NO INDICA
Nº Tamiz	: Nº 20
Procedencia	: COLOMBIA
Lugar de Calibración	: LAB. DE LONGITUD AG4 INGENIERIA & METROLOGIA
Fecha de Calibración	: 2025-09-01
Fecha de Emisión	: 2025-09-01

Método de Calibración Empleado

Determinación de la abertura y diametro del alambre del tamiz, por el método de medición directa, utilizando reticulas micrometricas. Se tomo como referencia la Norma ASTM E11-20 (Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves).

Condiciones Ambientales:

	Inicial		Final	
Temperatura	20.4	°C	20.5	°C
Humedad Relativa	55	%	55	%

Observaciones

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

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de valores de un mismo punto.
Los resultados indicados en el presente documento son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.
AG4 INGENIERIA & METROLOGIA, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.
El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

Luggi Asenjo G
Jefe de Metrología

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA LONGITUD

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del Instituto Nacional de Calidad - INACAL en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de Referencia	Reticula Micrometrica	LLA-319-2025
Patron de Referencia	Pie de Rey - vernier	1AD-1143-2025

RESULTADOS DE MEDICIÓN

MEDICIONES DEL ARO TAMIZ

DIAMETRO : 203.42 mm

ALTURA INTERNA : 50.55 mm

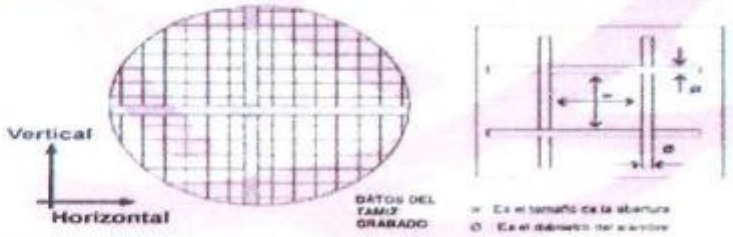
MEDICIONES DE LA MALLA

MEDICIONES PARA LA ABERTURA

	VALOR NOMINAL (µm)	PROMEDIO (µm)	ERROR µm	TOLERANCIA µm	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	869.83	872.55	2.72	26.2	10.5
VERTICAL		918.17	48.34	114	10.5

MEDICIONES PARA EL DIAMETRO

	VALOR NOMINAL (mm)	PROMEDIO (mm)	ERROR mm	TOLERANCIA mm +/-	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	0.5	0.47	-0.03	0.07	10.5
VERTICAL		0.53	0.03	0.08	10.5



INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.
La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.
La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Luggi Asenjo G.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LL-234-2025

Expediente	: S-0288-2025
Solicitante	: GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Dirección	: JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Instrum. de Medición	: TAMIZ
Marca	: GRANOTEST
Modelo	: NO INDICA
Serie	: 59214
Identificación	: NO INDICA
Nº Tamiz	: Nº 40
Procedencia	: COLOMBIA
Lugar de Calibración	: LAB. DE LONGITUD AG4 INGENIERIA & METROLOGIA
Fecha de Calibración	: 2025-09-01
Fecha de Emisión	: 2025-09-01

Método de Calibración Empleado

Determinación de la abertura y diametro del alambre del tamiz, por el método de medición directa, utilizando reticulas micrometricas. Se tomo como referencia la Norma ASTM E11-20 (Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves).

Condiciones Ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura	20.5 °C	20.6 °C
Humedad Relativa	55 %	55 %

Observaciones

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

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de valores de un mismo punto.
Los resultados indicados en el presente documento son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.
AG4 INGENIERIA & METROLOGIA, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.
El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "LONGITUD"

Luiggi Asencios
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del Instituto Nacional de Calidad - INACAL en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de Referencia	Reticula Micrometrica	LLA-319-2025
Patron de Referencia	Pie de Rey - Vernier	1AD-1143-2025

RESULTADOS DE MEDICIÓN

MEDICIONES DEL ARO TAMIZ

DIAMETRO : 203.61 mm

ALTURA INTERNA : 50.60 mm

MEDICIONES DE LA MALLA

MEDICIONES PARA LA ABERTURA

	VALOR NOMINAL (µm)	PROMEDIO (µm)	ERROR µm	TOLERANCIA µm	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	425	427.46	2.46	14	10.5
VERTICAL		448.78	23.78	73	10.5

MEDICIONES PARA EL DIAMETRO

	VALOR NOMINAL (mm)	PROMEDIO (mm)	ERROR mm	TOLERANCIA mm +/-	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	0.28	0.26	-0.02	0.04	10.5
VERTICAL		0.32	0.04	0.04	10.5



INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.
La incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.
La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Luigg Asencio G
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LL-235-2025

Expediente	: S-0289-2025
Solicitante	: GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Dirección	: JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Instrum. de Medición	: TAMIZ
Marca	: GRANOTEST
Modelo	: NO INDICA
Serie	: 57835
Identificación	: NO INDICA
Nº Tamiz	: Nº 100
Procedencia	: COLOMBIA
Lugar de Calibración	: LAB. DE LONGITUD AG4 INGENIERIA & METROLOGIA
Fecha de Calibración	: 2025-09-01
Fecha de Emisión	: 2025-09-01

Método de Calibración Empleado

Determinación de la abertura y diametro del alambre del tamiz, por el método de medición directa, utilizando reticulas micrometricas. Se tomo como referencia la Norma ASTM E11-20 (Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves).

Condiciones Ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura	20.5 °C	20.5 °C
Humedad Relativa	55 %	55 %

Observaciones

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

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de valores de un mismo punto.
Los resultados indicados en el presente documento son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.
AG4 INGENIERIA & METROLOGIA, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.
El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

Luiggi Asenjo G.
Jefe de Metrología

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA LONGITUD

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del Instituto Nacional de Calidad - INACAL en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de Referencia	Reticula Micrometrica	LLA-319-2025
Patron de Referencia	Pie de Rey - Vernier	1AD-1143-2025

RESULTADOS DE MEDICIÓN

MEDICIONES DEL ARO TAMIZ

DIAMETRO : 203.55 mm

ALTURA INTERNA : 50.77 mm

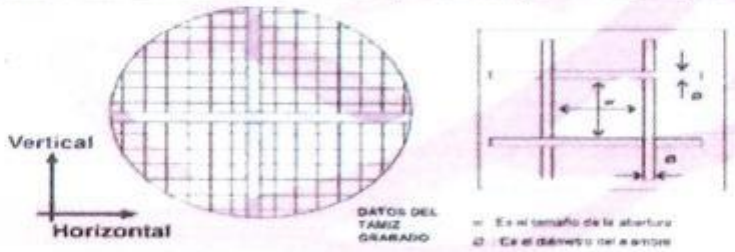
MEDICIONES DE LA MALLA

MEDICIONES PARA LA ABERTURA

	VALOR NOMINAL (µm)	PROMEDIO (µm)	ERROR µm	TOLERANCIA µm	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	150	150.66	0.66	6.0	10.5
VERTICAL		161.78	11.78	38.0	10.5

MEDICIONES PARA EL DIAMETRO

	VALOR NOMINAL (mm)	PROMEDIO (mm)	ERROR mm	TOLERANCIA mm +/-	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	0.10	0.11	0.01	0.02	10.5
VERTICAL		0.11	0.01	0.02	10.5



INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.
La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.
La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Luiggi Asencios
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LL-236-2025

Expediente	: S-0290-2025
Solicitante	: GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Dirección	: JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Instrum. de Medición	: TAMIZ
Marca	: GRANOTEST
Modelo	: NO INDICA
Serie	: 56538
Identificación	: NO INDICA
Nº Tamiz	: Nº 200
Procedencia	: COLOMBIA
Lugar de Calibración	: LAB. DE LONGITUD AG4 INGENIERIA & METROLOGIA
Fecha de Calibración	: 2025-09-01
Fecha de Emisión	: 2025-09-01

Método de Calibración Empleado

Determinación de la abertura y diametro del alambre del tamiz, por el método de medición directa, utilizando reticulas micrometricas. Se tomo como referencia la Norma ASTM E11-20 (Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves).

Condiciones Ambientales:

	Inicial		Final	
Temperatura	20.5	°C	20.4	°C
Humedad Relativa	55	%	55	%

Observaciones

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

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de valores de un mismo punto.
Los resultados indicados en el presente documento son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.
AG4 INGENIERIA & METROLOGIA, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.
El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "LONGITUD"

Luiggi Asenjo G.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del Instituto Nacional de Calidad - INACAL en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de Referencia	Reticula Micrometrica	LLA-319-2025
Patron de Referencia	Pie de Rey - Vernier	1AD-1143-2025

RESULTADOS DE MEDICIÓN

MEDICIONES DEL ARO TAMIZ

DIAMETRO : 203.64 mm

ALTURA INTERNA : 51.14 mm

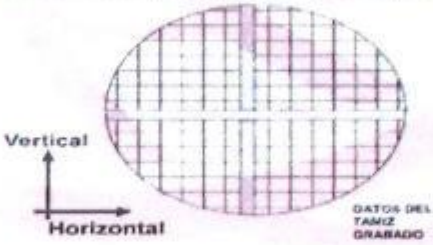
MEDICIONES DE LA MALLA

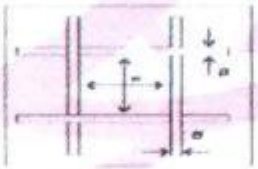
MEDICIONES PARA LA ABERTURA

	VALOR NOMINAL (µm)	PROMEDIO (µm)	ERROR µm	TOLERANCIA µm	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	75	75.35	0.34	3.7	10.5
VERTICAL		77.99	2.99	26.0	10.5

MEDICIONES PARA EL DIAMETRO

	VALOR NOMINAL (mm)	PROMEDIO (mm)	ERROR mm	TOLERANCIA mm +/-	INCERTIDUMBRE (µm)
HORIZONTAL	0.05	0.05	-0.01	0.01	10.5
VERTICAL		0.06	0.01	0.01	10.5





a : Es el tamaño de la abertura
Ø : Es el diámetro del tamiz

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.
La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.
La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Luggi Abanto G.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACION

LM-237-2025

Expediente	S-0291-2025
Solicitante	**GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.**
Dirección	**JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA**
Equipo de Medición	**BALANZA NO AUTOMÁTICA**
Marca	**OHAUS**
Modelo	**R21PE30ZH**
Serie	**8341130557**
Identificación	**NO INDICA**
Procedencia	**NO INDICA**
Capacidad Máxima	**30000 g**
División de escala (d)	**1 g**
División de verificación (e)	**10 g**
Tipo	**ELECTRONICA**
Ubicación	**LAB. DE ENSAYOS SOLICITANTE**
Fecha de Calibración	2025-09-01

Método de Calibración

Comparación Directa. Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII. PC - 001 del SNM-INDECOPI, Tercera Edición enero 2010.

Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	14.6 °C	14.5 °C
Humedad Relativa	43 %	42 %

Sello

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "MASA"

Fecha de emisión

2025-09-01

Jefe de Metrología

Luiggi Asenjo G.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CERTIFICADO DE CALIBRACION

LM-237-2025

Observaciones

Los Errores Máximos Permitidos (emp) mostrados en este documento corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III según NMP:003:2009 - 2da Edición

Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

Automático; el límite inferior (capacidad mínima) de medida para esta balanza no debe ser menor a 20 g

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patron de referencia	Pesa de 20 Kg	1AM-0292-2025
Patron de referencia	Pesa de 10 Kg	1AM-0291-2025
Patron de referencia	Pesa de 5 Kg	LM-C-107-2025
Patron de referencia	Pesa de 2 Kg	LM-C-105-2025
Patron de referencia	Juego de pesas	0005-CLM-2025 // 0040-LM-2025

INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste de cero	TIENE	Escala	NO TIENE
Oscilación Libre	TIENE	Cursor	NO TIENE
Plataforma	TIENE	Nivelación	TIENE
Sistema de traba	TIENE		

Fecha de Calibración	2025-09-01
Identificación de la balanza	NO INDICA
Ubicación de la balanza	LAB. DE ENSAYOS SOLICITANTE JAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JUL

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA MASA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACION

LM-237-2025

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



VISTA FRONTAL

N°	Determinación del Eo				Determinación del Error corregido Ec					
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	emp (g)
1	10	10	0.3	0.2	10,000	10,001	0.2	1.3	1.1	20
2		10	0.3	0.2		10,001	0.2	1.3	1.1	
3		10	0.3	0.2		10,001	0.2	1.3	1.1	
4		10	0.3	0.2		10,001	0.2	1.3	1.1	
5		10	0.3	0.2		10,001	0.2	1.3	1.1	

emp	Error Máximo Permitido
I	Indicación del instrumento
E	Error encontrado
Ec	Error corregido
Eo	Error en cero
ΔL	Carga incrementada

Los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de Capacidad Máxima: 30000 g, División de verificación (e): 10 g y clase de exactitud III, según Norma Metrológica: Instrumento de Funcionamiento No Automático NMP:003:2009 - 2da Edición, es:

Intervalo			emp
0 g	a	5000 g	10 g
5000 g	a	20000 g	20 g
20000 g	a	30000 g	30 g

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

$$\text{Lectura corregida} = R + 0.000009320 \times R$$

$$\text{Incertidumbre Expandida} = 2 \times \sqrt{0.2500\ g^2 + 0.00000000006314 \times R^2}$$

R Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración.

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "MASA"

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACION

LM-237-2025

Resultados de la Medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Carga L1= 15,000 g		
I (g)	ΔL (g)	E (g)
15,000	0.3	0.2
15,000	0.3	0.2
15,000	0.3	0.2
15,000	0.3	0.2
15,000	0.3	0.2
15,000	0.3	0.2
15,000	0.3	0.2
15,000	0.3	0.2
15,000	0.3	0.2
15,000	0.3	0.2
Δ Emáx (g)		0.0
emp (g)		20

Carga L2= 30,000 g		
I (g)	ΔL (g)	E (g)
29,999	0.3	-0.8
29,999	0.3	-0.8
29,999	0.3	-0.8
29,999	0.3	-0.8
29,999	0.3	-0.8
29,999	0.3	-0.8
29,999	0.3	-0.8
29,999	0.3	-0.8
29,999	0.3	-0.8
29,999	0.3	-0.8
Δ Emáx (g)		0.0
emp (g)		30

ENSAYO DE PESAJE

Carga (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				emp
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	±(g)
10	10	0.3	0.2						
20	20	0.3	0.2	0.0	20	0.3	0.2	0.0	10
100	99	0.3	-0.8	-1.0	100	0.3	0.2	0.0	10
500	500	0.3	0.2	0.0	499	0.3	-0.8	-1.0	10
1,000	1,000	0.3	0.2	0.0	1,000	0.3	0.2	0.0	10
5,000	4,999	0.3	-0.8	-1.0	5,000	0.3	0.2	0.0	10
10,000	10,001	0.3	1.2	1.0	10,000	0.3	0.2	0.0	20
15,000	15,000	0.3	0.2	0.0	14,999	0.3	-0.8	-1.0	20
20,000	19,999	0.3	-0.8	-1.0	19,999	0.3	-0.8	-1.0	20
25,000	24,999	0.3	-0.8	-1.0	24,999	0.3	-0.8	-1.0	30
30,000	29,999	0.3	-0.8	-1.0	29,999	0.3	-0.8	-1.0	30

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA MASA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACION

LM-238-2025

Expediente	S-0291-2025
Solicitante	**GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.**
Dirección	**JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA**
Equipo de Medición	**BALANZA NO AUTOMÁTICA**
Marca	**JR**
Modelo	**WEIGHT/PCS**
Serie	**NO INDICA**
Identificación	**BZ-011**
Procedencia	**NO INDICA**
Capacidad Máxima	**1000 g**
División de escala (d)	**0.01 g**
División de verificación (e)	**0.1 g**
Tipo	**ELECTRONICA**
Ubicación	**LAB. DE ENSAYOS SOLICITANTE**
Fecha de Calibración	2025-03-01

Método de Calibración

Comparación Directa. Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII. PC - 001 del SNM-INDECOPI, Tercera Edición enero 2010.

Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	14.5 °C	14.4 °C
Humedad Relativa	42 %	43 %

Sello

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "MASA"

Fecha de emisión

2025-09-01

Jefe de Metrología

Luiggi Asenjo G.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACION

LM-238-2025

Observaciones

Los Errores Máximos Permitidos (emp) mostrados en este documento corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III según NMP:003:2009 - 2da Edición

Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

Automático; el límite inferior (capacidad mínima) de medida para esta balanza no debe ser menor a 0.2 g

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patron de referencia	Juego de pesas	0005-CLM-2023 // 0040-LM-2023

INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste de cero	TIENE	Escala	NO TIENE
Oscilación Libre	TIENE	Cursor	NO TIENE
Plataforma	TIENE	Nivelación	TIENE
Sistema de traba	TIENE		

Fecha de Calibración	**2025-09-01**
Identificación de la balanza	**BZ-011**
Ubicación de la balanza	LAB. DE ENSAYOS SOLICITANTE AHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JU

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "MASA"

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CERTIFICADO DE CALIBRACION

LM-238-2025

Resultados de la Medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Carga L1= 500.00 g		
I (g)	ΔL (g)	E (g)
499.98	0.01	-0.02
499.98	0.01	-0.02
499.98	0.01	-0.02
499.98	0.01	-0.02
499.98	0.01	-0.02
499.98	0.01	-0.02
499.98	0.01	-0.02
499.98	0.01	-0.02
499.98	0.01	-0.02
499.98	0.01	-0.02
Δ Emáx (g)		0.00
emp (g)		0.3

Carga L2= 1,000.00 g		
I (g)	ΔL (g)	E (g)
1,000.00	0.01	-0.01
1,000.00	0.01	-0.01
1,000.00	0.01	-0.01
1,000.00	0.01	-0.01
1,000.00	0.01	-0.01
1,000.00	0.01	-0.01
1,000.00	0.01	-0.01
1,000.00	0.01	-0.01
1,000.00	0.01	-0.01
1,000.00	0.01	-0.01
Δ Emáx (g)		0.00
emp (g)		0.3

ENSAYO DE PESAJE

Carga (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				emp
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	±(g)
0.10	0.09	0.01	-0.02						
0.20	0.19	0.01	-0.02	0.00	0.19	0.01	-0.02	0.00	0.1
1.00	1.01	0.01	0.01	0.02	0.99	0.01	-0.02	0.00	0.1
10.00	10.00	0.01	-0.01	0.01	9.98	0.01	-0.02	-0.01	0.1
50.00	49.99	0.01	-0.01	0.00	49.99	0.01	-0.01	0.00	0.1
100.00	99.98	0.01	-0.02	-0.01	99.99	0.01	-0.02	0.00	0.2
200.00	199.98	0.01	-0.03	-0.01	199.98	0.01	-0.03	-0.01	0.2
300.00	299.99	0.01	-0.01	0.00	299.98	0.01	-0.02	-0.01	0.3
500.00	499.98	0.01	-0.02	-0.01	499.97	0.01	-0.03	-0.02	0.3
800.00	799.97	0.01	-0.03	-0.02	799.98	0.01	-0.02	-0.01	0.3
1,000.00	999.99	0.01	-0.01	0.00	999.99	0.01	-0.01	0.00	0.3

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "MASA"

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

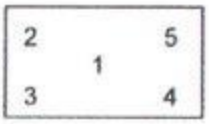
LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACION

LM-238-2025

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



VISTA FRONTAL

N°	Determinación del Eo				Determinación del Error corregido Ec					
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	emp (g)
1	0.10	0.10	0.01	-0.01	300.00	299.99	0.01	-0.01	-0.01	0.3
2		0.10	0.01	-0.01		299.99	0.01	-0.01	-0.01	
3		0.10	0.01	-0.01		299.99	0.01	-0.01	-0.01	
4		0.10	0.01	-0.01		299.99	0.01	-0.01	-0.01	
5		0.10	0.01	-0.01		299.99	0.01	-0.01	-0.01	

emp	Error Máximo Permitido
I	Indicación del instrumento
E	Error encontrado
Ec	Error corregido
Eo	Error en cero
ΔL	Carga incrementada

Los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de Capacidad Máxima: 1000 g, División de verificación (e): 0.1 g y clase de exactitud III, según Norma Metrológica: Instrumento de Funcionamiento No Automático NMP:003:2009 - 2da Edición, es:

Intervalo			emp
0 g	a	50 g	0.1 g
50 g	a	200 g	0.2 g
200 g	a	1000 g	0.3 g

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

$$\text{Lectura corregida} = R + 0.00001263 \times R$$

$$\text{Incertidumbre Expandida} = 2 \times \sqrt{0.0000500\ g^2 + 0.0000000000335 \times R^2}$$

R Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "MASA"

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LL-239-2025

Expediente	:	S-0292-2025
Solicitante	:	GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Dirección	:	JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Equipo de Medición	:	HORNO ELECTRICO
Marca	:	PYS EQUIPOS
Modelo	:	STHX-1A
Procedencia	:	CHINA
Código de Ident.	:	NO INDICA
Número de Serie	:	15743
Temperatura de trabajo	:	110 °C ± 10 °C
Ventilación	:	FORZADA
Ubicación	:	LAB. DE ENSAYOS SOLICITANTE
Lugar de Calibración	:	JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Fecha de Calibración	:	2025-09-01
Fecha de Emisión	:	2025-09-01

Nombre	Marca	Modelo	Código de Identificación	Alcance de Indicación	División mínima	Tipo de Indicación
Termometro controlador	AutComp	TCD	NO INDICA	225°C	0.1°C	Digital

Método de Calibración Empleado

Calibrado por el método de comparación según el PC-018 "Procedimiento para la Calibración o Caracterización de Medios Isotermos con Aire como Medio Termostático" 2da edición, 2009.

Observaciones

- (*) Identificación grabada en una etiqueta adherida en el instrumento.
- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA TEMPERATURA

Luiggi Asencios G.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LT-239-2025

Condiciones Ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	14.5	14.7
Humedad (%)	43	45

Resultados de la calibración:

CALIBRACIÓN PARA 110 °C ± 10 °C

TIEMPO (min.)	T ind. (°C) Termómetro del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICION (° C)										T prom. (°C)	Tmax-Tmin. (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	109.9	113.9	114.0	114.3	112.8	112.5	116.5	112.0	111.6	112.1	111.5	113.1	5.0
02	109.9	113.8	114.1	114.1	113.4	112.4	116.5	111.8	111.2	111.9	111.8	113.1	5.3
04	109.9	113.7	114.1	114.2	113.4	112.8	116.5	115.2	111.7	115.3	115.2	114.2	4.8
06	110.0	113.8	114.0	114.2	113.4	112.9	116.8	112.1	111.6	112.2	112.1	113.3	5.2
08	110.1	113.8	114.0	114.2	113.4	112.8	116.8	112.8	111.8	112.9	112.8	113.5	5.0
10	110.2	113.6	113.8	114.6	113.5	112.9	116.5	113.2	111.7	113.3	111.6	113.5	4.9
12	110.1	113.6	114.0	114.4	113.5	112.8	116.7	112.4	111.9	112.5	112.4	113.4	4.8
14	110.1	113.7	114.0	114.0	113.5	112.9	116.2	112.1	111.9	112.2	112.1	113.3	4.3
16	110.1	113.5	113.8	114.0	113.3	112.6	117.2	112.1	111.9	112.2	112.1	113.3	5.3
18	110.0	113.5	113.7	113.9	113.2	112.7	116.5	112.1	111.4	112.2	112.1	113.1	5.1
20	109.8	113.5	113.7	113.8	113.3	112.4	117.1	112.3	111.6	112.4	111.5	113.2	5.6
22	109.9	113.4	113.7	114.1	113.6	112.1	116.7	112.2	111.6	112.3	112.2	113.2	5.1
24	109.8	113.4	113.6	113.9	113.5	112.7	116.2	112.0	111.5	112.1	112.0	113.1	4.7
26	109.8	113.2	113.6	113.9	113.5	112.6	113.8	112.1	111.5	112.2	112.1	112.9	2.4
28	109.8	113.3	113.6	114.0	113.7	112.7	116.7	112.3	111.9	112.4	112.3	113.3	4.8
30	109.9	113.1	113.7	114.3	113.4	112.8	117.7	112.4	111.8	112.5	111.7	113.3	6.0
32	110.0	113.3	113.6	114.1	113.6	113.3	116.3	112.0	112.1	112.1	112.0	113.2	4.3
34	110.0	113.3	113.5	114.1	113.6	112.9	116.8	112.2	112.3	112.3	112.2	113.3	4.6
36	110.0	113.6	113.6	113.9	113.4	113.1	117.2	112.8	112.1	112.9	112.6	113.5	5.1
38	110.0	113.6	113.6	114.1	113.8	113.0	117.4	112.1	112.2	112.2	112.1	113.4	5.3
40	110.1	113.6	113.7	114.2	113.7	113.0	116.7	112.5	112.1	112.6	112.0	113.4	4.7
42	110.0	113.5	113.9	114.5	113.8	113.2	116.9	112.4	112.1	112.5	112.4	113.5	4.8
44	110.1	113.6	113.8	114.3	113.8	113.3	117.0	112.6	112.1	112.7	112.6	113.6	4.9
46	110.2	113.6	113.7	114.0	113.5	112.9	117.1	112.4	112.3	112.5	112.4	113.4	4.8
48	110.2	113.5	113.9	114.0	113.9	113.3	117.2	112.6	112.1	112.7	112.6	113.6	5.1
50	110.1	113.5	113.9	114.0	113.7	112.5	116.8	112.6	112.4	112.7	112.3	113.4	4.5
52	110.1	113.4	113.8	114.3	113.6	113.0	117.0	112.0	112.4	112.1	112.0	113.4	5.0
54	110.1	113.6	113.7	114.4	113.4	113.0	117.0	112.9	112.3	113.0	112.9	113.6	4.7
56	110.0	113.6	113.7	114.1	113.6	112.7	117.4	112.9	112.2	113.0	112.9	113.6	5.2
58	110.0	113.4	113.7	114.1	113.8	112.9	117.3	112.6	112.4	112.7	112.6	113.6	4.9
60	110.0	113.5	113.6	114.1	113.5	112.9	117.1	112.6	112.3	112.7	112.6	113.5	4.8
T.PROM	110.0	113.5	113.8	114.1	113.5	112.8	116.8	112.5	111.9	112.6	112.3	113.4	
T.MAX	110.2	113.9	114.1	114.6	113.9	113.3	117.7	115.2	112.4	115.3	115.2		
T.MIN	109.8	113.1	113.5	113.8	112.8	112.1	113.8	111.8	111.2	111.9	111.5		

Luigi Asenjo
Jefe de Metrología

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA TEMPERATURA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LT-239-2025

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de referencia	Termometro de indicación Digital con sensores	LT-005-2023
Patron de referencia	Termometro de indicación digital	LT-211-2023

PARÁMETRO	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	117.7	0.3
Mínima Temperatura Medida	111.2	0.3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	3.9	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	4.8	0.3
Estabilidad	± 1.95	0.04
Uniformidad	6	0.3

T.PROM.: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T.prom. : Promedio de la temperatura en las diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX : Temperatura máxima
T.MIN. : Temperatura mínima
DTT. : Desviación de Temperatura en el tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo " DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termometro propio del medio isotermo: **0.6 °C**

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La estabilidad es considerada igual a ±1/2 máx. DTT.

Luiggi Asenjo G.
Jefe de Metrología

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA TEMPERATURA

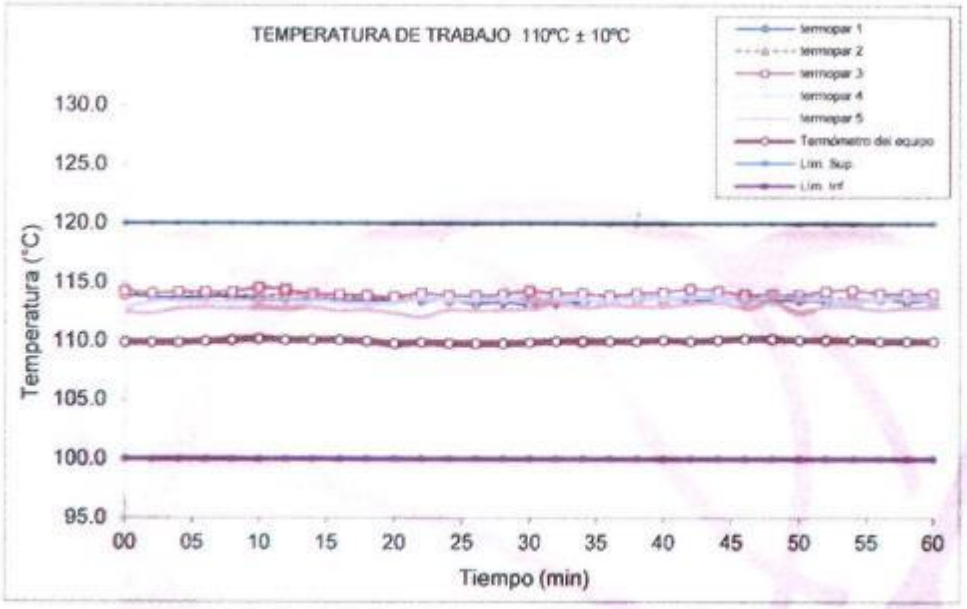
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

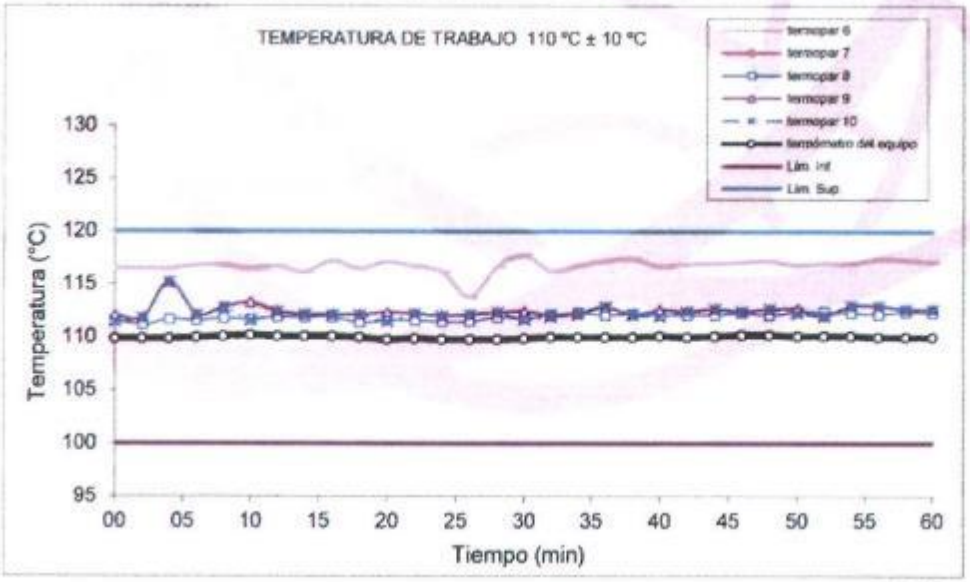
01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LT-239-2025





Luiggi Asenjo G.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

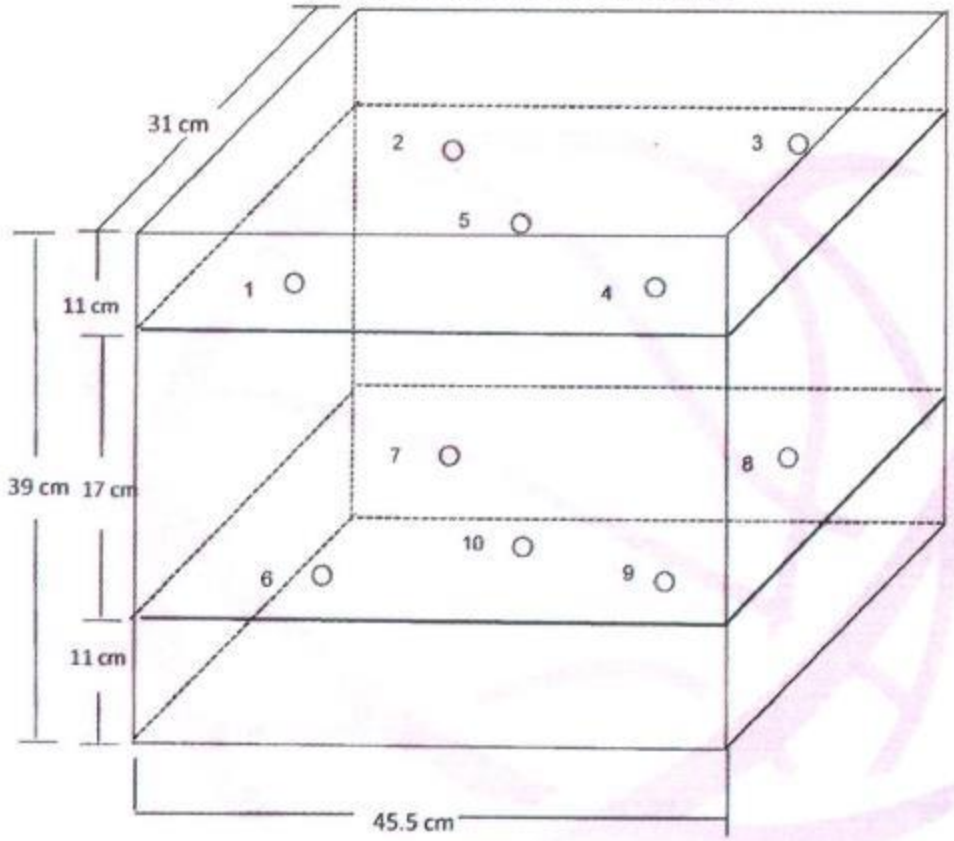
OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LT-239-2025

DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



Los termopares 5 y 10 estan ubicados en el centro de los planos inferior y superior.

Los termopares del 1 - 4 / 2 - 3 y 6 - 9 / 7 - 8 estan ubicados a 9 cm de las paredes laterales.

Los termopares del 1 - 4 y 6 - 10 estan ubicados a 10 cm y a 12 cm respectivamente de la parte superior e inferior del horno tal como se muestra en el dibujo.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA TEMPERATURA

Luiggi Asenjo C.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LL-240-2025

Expediente	: S-0293-2025
Solicitante	: GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Dirección	: JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Instrumento de Medición	: COPA CASA GRANDE
Marca	: CHDD
Modelo	: D67-F
Serie	: NO INDICA
Identificación	: LG-001
Procedencia	: NO INDICA
Contador	: ANALOGO
Lugar de Calibración	: LAB. DE ENSAYOS SOLICITANTE
Ubicación	: JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Fecha de Calibración	: 2025-09-01
Fecha de Emisión	: 2025-09-01

Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó por comparación directa uasando un tacometro y un Cronometro Patrón certificados. empleando el método de comparación entre las indicaciones de lectura del equipo Casagrande a calibrar versus las revoluciones por minuto medidas con el tacómetro patrón en un tiempo determinado.
Tomando Como referencia la Norma ASTM D 4318 y el Manual de Ensayos de Materiales (EM2000) Determinacion de Limite Liquido de los Suelos MTC E 110 - 2000.

Condiciones Ambientales:

	Inicial		Final	
Temperatura	14.6	°C	14.6	°C
Humedad Relativa	42	%	42	%

Observaciones:

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- Base endurecida Cumple con su referencia a rebote Seco

Los resultados indicados en el presente documentos son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.
AG4 INGENIERIA & METROLOGIA. No se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.
El usuario es responsable de la recalibracion de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

Luiggi Asencios
Jefe de Metrología

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "LONGITUD"

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

PATRONES DE REFERENCIA:

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del Instituto Nacional de Calidad - INACAL en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de referencia	Pie de rey Patrón	1AD-1143-2025

RESULTADOS

APARATO DE LIMITE LIQUIDO

	Descripción		Dimensiones			
			Metrico	Tolerancia	Ingles	Tolerancia
			(mm)	(mm)	(in)	(in)
Conjunto de la cazuela	Radio de la copa	A	54.854	54 ±0.5	2.16	0.020
	Espesor de la copa	B	2.264	2 ±0.1	0.09	0.004
	Profundidad de la copa	C	26.414	27 ±0.5	1.04	0.020
Base	Copa desde la guia del elevador hasta la base	N	46.072	47 ±1	1.81	0.039
	Espesor	K	46.35	50 ±2	1.82	0.08
	Largo	L	146.76	150 ±2	5.78	0.08
	Ancho	M	123.85	125 ±2	4.88	0.08

RANURADOR

Espesor	a	9.95	0.1	0.39	0.004
Borde Cortante	b	2.518	0.1	0.10	0.004
Ancho	c	16.058	0.1	0.63	0.004

Incertidumbre

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con las Guías OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100: 2008) y OIML G1-104-en: 2009 (JCGM 104: 2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las Mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La Incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un actor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Luigi Asenjo G.
Jefe de Metrología

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA LONGITUD

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LL-241-2025

Expediente	:	S-0294-2025
Solicitante	:	GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Dirección	:	JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Instrumento de Medición	:	MOLDE PROCTOR MODIFICADO
Marca	:	NO INDICA
Modelo	:	NO INDICA
Serie	:	NO INDICA
Identificación	:	MM-02
Procedencia	:	NO INDICA
Lugar de Calibración	:	LAB. DE ENSAYOS SOLICITANTE
Ubicacion	:	JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Fecha de Calibración	:	2025-09-01
Fecha de Emisión	:	2025-09-01

METODO DE CALIBRACION EMPLEADO:

Mediciones directas tomando como referencia la norma ASTM D 1557. Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³(2,700 kN-m/m³))¹. y el manual de ensayo de materiales (EM 2000), MTC E115 - 2000 COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTLIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA.

RESULTADOS DE MEDICION:

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en las siguientes páginas del presente documento.

OBSERVACIONES:

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

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de valores de un mismo punto.
Los resultados indicados en el presente documento son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.
AG4 INGENIERIA & METROLOGIA, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documentos.
El usuario es responsable de la recalibracion de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA

Luggi Asencio G.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del Instituto Nacional de Calidad - INACAL en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

PATRONES DE REFERENCIA

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de referencia	Pie de rey	1AD-1143-2023

CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial		Final	
Temperatura	14.3	°C	14.3	°C
Humedad Relativa	42	%	42	%

RESULTADOS DE MEDICION

Diametro promedio Medido (mm)	Incertidumbre (mm)	Desviación mínima y máximo permitido (mm)
152.50	0.03	151.7 a 153.1

Altura promedio Medido (mm)	Incertidumbre (mm)	Desviación mínima y máximo permitido (mm)
116.37	0.03	115.9 a 116.9

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guia OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo

La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "LONGITUD"

Luiggi Asenjo G.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LL-242-2025

Expediente	:	S-0295-2025
Solicitante	:	GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Dirección	:	JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Instrumento de Medición	:	MARTILLO PROCTOR MODIFICADO
Marca	:	NO INDICA
Modelo	:	NO INDICA
Serie	:	NO INDICA
Identificación	:	MM-01
Procedencia	:	NO INDICA
Lugar de Calibración	:	LAB. DE ENSAYOS SOLICITANTE
Ubicacion	:	JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Fecha de Calibración	:	2025-09-01
Fecha de Emisión	:	2025-09-01

METODO DE CALIBRACION EMPLEADO

Mediciones directas tomando como referencia la norma ASTM D 1557. Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³(2,700 kN-m/m³))¹. y el manual de ensayo de materiales (EM 2000), MTC E115 - 2000 COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTLIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA.

RESULTADOS DE MEDICION

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en las siguientes páginas del presente documento.

OBSERVACIONES

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

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de valores de un mismo punto.
Los resultados indicados en el presente documento son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.
AG4 INGENIERIA & METROLOGIA, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documentos.
El usuario es responsable de la recalibracion de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

Luigi Apaza G.
Jefe de Metrología

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA LONGITUD

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del Instituto Nacional de Calidad - INACAL en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

PATRONES DE REFERENCIA

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de referencia	Pie de rey Patrón	1AD-1143-2023
Patron de referencia	Cinta Metrica Patrón	1AD-1145-2023

CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial		Final	
Temperatura	14.4	°C	14.5	°C
Humedad Relativa	42	%	42	%

RESULTADOS DE MEDICION

Peso promedio Medido (g)	Incertidumbre (kg)	Desviación minima y máximo permitidos (g)
4,520	0.003	4,530 a 4,550

Altura de caida promedio Medido (mm)	Incertidumbre (mm)	Desviación minima y máximo permitidos (mm)
457.12	0.4	455,6 a 458,8

Diámetro promedio Medido (mm)	Incertidumbre (mm)	Desviación minima y máximo permitidos (mm)
50.76	0.02	50,67 a 50,93

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "LONGITUD"

Luiggi Asenjo G.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LF-243-2025

Expediente	:	S-0296-2025
OBJETO DE PRUEBA	:	**MAQUINA DE ENSAYOS MARSHALL Y CBR**
Capacidad	:	**5 000 kgf**
Dirección de carga	:	**Ascendente**
FABRICANTE	:	**METROTEST**
Modelo	:	**MA-75**
Serie	:	**160**
Indicador Digital *(modelo // Serie)*	:	**HIGH WEIGHT / 315-X6 / 0215478**
Celda de Carga *(modelo // Serie)*	:	**SG-ST // J160927921**
Ubicación	:	**JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA**
Codigo Identificacion	:	**NO INDICA**
Procedimiento de Calibracion	:	**El método utlizado fue de comparación directa aplicando Fuerza Indicada Constante.**
Inspección general	:	**La prensa se encuentra en buen estado de funcionamiento**
Intervalo calibrado	:	**De 500 a 5000 kgf 10% al 100%**
Solicitante	:	**GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.**
Dirección	:	**JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA**
PATRON(ES) UTILIZADO(S)	:	**Tipo / Modelo CELDA DE CARGA** **Certif. de calibr. INF-LE 201-22 PUCP**
Unidades de medida	:	**Sistema Internacional de Unidades (SI)**
FECHA DE CALIBRACION	:	2025/09/01
FECHA DE EMISION	:	2025/09/01

FIRMAS AUTORIZADAS

Jefe de Metrologia
Luiggi Asenjo G.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA FUERZA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224 | 997 045 343 | 961 739 849 | 955 851 191 | ventasag4ingenieria@gmail.com | ventas@ag4im.com | www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LF-243-2025

Método de calibración : FUERZA INDICADA CONSTANTE

Condiciones Ambientales

Temperatura Ambiente Inicial ºC	14.6	Temperatura Ambiente Final ºC	14.7
Humedad Relativa Inicial %HR	44	Humedad Relativa Final %HR	44

DATOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA : 49.03 kN Resolución: 0.001 kN Dirección de la carga: Ascendente

Indicación de la máquina (Fi)			Indicaciones del patrón (series de mediciones)				
			0°	120°	No aplica	240°	Accesorios
%	kN	kgf	kN	kN	kN	kN	kN
10	4.90	500	4.85	4.84	No aplica	4.88	No aplica
20	9.81	1 000	9.76	9.76	No aplica	9.77	No aplica
30	14.71	1 500	14.67	14.67	No aplica	14.80	No aplica
40	19.61	2 000	19.59	19.59	No aplica	19.70	No aplica
50	24.52	2 500	24.51	24.51	No aplica	24.61	No aplica
60	29.42	3 000	29.44	29.42	No aplica	29.52	No aplica
70	34.32	3 500	34.35	34.35	No aplica	34.33	No aplica
80	39.23	4 000	39.27	39.27	No aplica	39.31	No aplica
90	44.13	4 500	44.21	44.18	No aplica	44.21	No aplica
100	49.03	5 000	49.11	49.08	No aplica	49.09	No aplica
Indicación después de carga :			0.00	0.00	0.00	0.00	No aplica

ESCALA : 049.03 kN Incertidumbre expandida % 0.096

Indicación de la máquina (Fi)			Cálculo de errores relativos				Resolución
			Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Accesorios	
%	kN	kgf	q (%)	b (%)	v (%)	Acces. (%)	a (%)
10	4.90	500	**0.95**	0.69	No aplica	No aplica	0.02
20	9.81	1 000	0.45	0.14	No aplica	No aplica	0.01
30	14.71	1 500	-0.04	**0.87**	No aplica	No aplica	0.01
40	19.61	2 000	-0.08	0.57	No aplica	No aplica	0.01
50	24.52	2 500	-0.10	0.40	No aplica	No aplica	0.00
60	29.42	3 000	-0.13	0.31	No aplica	No aplica	0.00
70	34.32	3 500	-0.05	0.07	No aplica	No aplica	0.00
80	39.23	4 000	-0.14	0.10	No aplica	No aplica	0.00
90	44.13	4 500	-0.16	0.08	No aplica	No aplica	0.00
100	49.03	5 000	-0.12	0.06	No aplica	No aplica	0.00

Error de cero fo (%)	0,000	0,000	0,000	No aplica	Err máx (0) = 000

FIRMAS AUTORIZADAS

Jefe de Metrología
Luiggi Asenjo G.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA FUERZA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LF-243-2025

CLASIFICACIÓN DE **MAQUINA DE ENSAYOS MARSHALL Y CBR**

ESCALA 5 000 kgf

Error de exactitud	**0.95** %	Error de cero	0
Error de repetibilidad	**0.87** %	Error por accesorios	0 %
Error de Reversibilidad	No aplica	Resolución	0.01 En el 20 %

La calibración se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system, 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.

El factor de conversión utilizado para los calculos fue: (kN) a (N) = 1 000, tomado del documento NIST SPECIAL PUBLICATION 811: Guie for the use of the International System of Units (SI) - Anexo B8.

TRAZABILIDAD

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L., asegura el mantenimiento y la trazabilidad de sus patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido calibrados por la Pontifica Universidad Catolica de Peru.

OBSERVACIONES .

1. Los cartas de calibración sin las firmas no tienen validez .

2.El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (ISO 7500-1).

3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (ISO 7500-1).

4.Este documento expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.

5. Los resultados contenido parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos .

6. La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con las Guias OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100: 2008) y OIML G1-104-en: 2009 (JCGM 104: 2009) "Guia para la expresión de la incertidumbre en las Mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.
La Incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un actor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

FIRMAS AUTORIZADAS

Jefe de Metrologia
Luiggi Asenjo G.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CFT-244-2025

Solicitante	: GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Dirección	: JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Instrum. de Medición	: MÁQUINA DE LOS ANGELES
Marca	: PINZUAR
Modelo	: PC-117
Serie	: 1345
Procedencia	: COLOMBIA
Identificación	: NO INDICA
Cap. Max.	: 99999 Vueltas
Fecha de Calibración	: 2025-09-01
Fecha de Emisión	: 2025-09-01

Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó por comparación entre las indicaciones de lectura del indicador digital de la máquina los angeles con el tacómetro patrón, se uso tambien una balanza calibrada para el peso de las esferas, tomando como referencia el manual de ensayo de materiales (EM 2000) ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS MTC E 207 - 2000 Y LA NORMA ASTM C 131 - 1 Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine1.

Incertidumbre:

La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

Condiciones Ambientales:

	Inicial		Final	
Temperatura	20,9	°C	20,9	°C
Humedad Relativa	48	%HR	48	%HR

Observaciones:

- La máquina dispone de 12 esferas de fierro los cuales han sido verificadas en su peso y diámetro.
- Las mediciones mostradas en el cuadro de resultados es de un promedio de tres lecturas
- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.

(*) Código asignado por AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA

Luiggi Acosta C.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224 | 997 045 343 | 961 739 849 | 955 951 191 | ventasag4ingenieria@gmail.com | ventas@ag4im.com | www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de referencia	Tacómetro	T's-0184-2024
Patron de referencia	Pie de rey	L-0458-2024

INDICACIÓN TACÓMETRO PATRON (RPM)	INCERTIDUMBRE (RPM)
31.47	1

Resutados de Medicion:

	DIAMETROS DE LAS ESFERAS (mm) 46.38 mm - 47.63 mm Lectura 1	DIAMETROS DE LAS ESFERAS (mm) 46.38 mm - 47.63 mm Lectura 2	PROMEDIO (mm)	INCERTIDUMBRE (mm)
1	46.68	46.67	46.68	0.03
2	46.68	46.69	46.69	0.03
3	46.64	46.63	46.64	0.03
4	46.66	46.64	46.65	0.03
5	46.56	46.55	46.56	0.03
6	46.74	46.71	46.73	0.03
7	46.67	46.65	46.66	0.03
8	46.64	46.65	46.65	0.03
9	46.68	46.62	46.65	0.03
10	46.67	46.69	46.68	0.03
11	46.66	46.72	46.69	0.03
12	46.66	46.68	46.67	0.03

	PESO DE LAS ESFERAS (g) 390 g - 445 g ± 1g	INCERTIDUMBRE (g)
1	415.54	0.1
2	415.83	0.1
3	416.74	0.1
4	416.13	0.1
5	416.94	0.1
6	416.08	0.1
7	416.20	0.1
8	416.74	0.1
9	416.73	0.1
10	416.64	0.1
11	415.40	0.1
12	416.39	0.1
Masa Total	4995.36	

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA

Luiggi Arenas G.
Jefe de Metrologia

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CF-245-2025

OBJETO DE PRUEBA:	MAQUINA PARA ENSAYOS DE CONCRETO
Rangos	101972.0 kgf
Dirección de carga	Ascendente
FABRICANTE	PYS EQUIPOS
Modelo	STYE-2000
Serie	170251
Panel *(Modelo // Serie)*	NO INDICA
Capacidad	1000 kN
Codigo Identificacion	NO INDICA
Norma utilizada	ASTM E4; ISO 7500-1
Intervalo calibrado	Escala (s) 101 972 kgf De 10 000 a 100 000 kgf
Temperatura de prueba °C	Inicial 22.6 Final 22.5
Inspección general	La prensa se encuentra en buen estado de funcionamiento
Solicitante	GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Dirección	JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17 RES. COLLASUYO I E -
Ciudad	PUNO
PATRON(ES) UTILIZADO(S)	CELDA DE CARGA
	Código MF-02 // C-0208
	Certif. de calibr. INF-LE 050-20A PUCP
Unidades de medida	Sistema Internacional de Unidades (SI)
FECHA DE CALIBRACION	2025/09/01
FECHA DE EMISION	2025/09/01

FIRMAS AUTORIZADAS

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA

Jefe de Metrología
Luiggi Asenjo C.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224 997 045 343 961 739 849 955 851 191 ventasag4ingenieria@gmail.com ventas@ag4im.com www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CF-245-2025

Método de calibración : FUERZA INDICADA CONSTANTE

DATOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA : 1000.0 kN Resolución: 0.10 kN Dirección de la carga: Ascendente
101 972 kgf 10 kgf Factor de conversión: 0.0098 kN/kgf

Indicación de la máquina (Fi)			Indicaciones del instrumento patrón				
			0°	120°	No aplica	240°	Accesorios
%	kN	kgf	kN	kN	kN	kN	kN
10	98.07	10 000	97.1	96.9	No aplica	97.9	No aplica
20	196.13	20 000	195.2	195.1	No aplica	196.0	No aplica
30	294.20	30 000	293.7	293.6	No aplica	294.3	No aplica
40	392.27	40 000	392.1	392.0	No aplica	392.7	No aplica
50	490.33	50 000	490.7	490.7	No aplica	491.2	No aplica
60	588.40	60 000	587.8	588.1	No aplica	588.4	No aplica
70	686.46	70 000	685.0	685.1	No aplica	685.4	No aplica
80	784.53	80 000	782.3	782.3	No aplica	782.4	No aplica
Indicación después de carga :			0.00	0.00	0.00	0.00	No aplica

ESCALA : 1000.00 kN Incertidumbre del patrón: 0.086 %

Indicación de la máquina (Fi)			Cálculo de errores relativos				Resolución
			Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Accesorios	
%	kN	kgf	q (%)	b (%)	v (%)	Acces. (%)	a (%)
10	98.07	10 000	**0.79**	**0.97**	No aplica	No aplica	0.10
20	196.13	20 000	0.36	0.47	No aplica	No aplica	0.05
30	294.20	30 000	0.12	0.25	No aplica	No aplica	0.03
40	392.27	40 000	-0.01	0.18	No aplica	No aplica	0.03
50	490.33	50 000	-0.11	0.11	No aplica	No aplica	0.02
60	588.40	60 000	0.05	0.12	No aplica	No aplica	0.02
70	686.46	70 000	0.19	0.05	No aplica	No aplica	0.01
80	784.53	80 000	0.28	0.02	No aplica	No aplica	0.01
Error de cero fo (%)			0,000	0,000	0,000	No aplica	Err máx.(0) = 000

FIRMAS AUTORIZADAS

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGÍA

Jefe de Metrología
Luiggi Asenjo FUERZA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CF-245-2025

CLASIFICACIÓN DE **MAQUINA PARA ENSAYOS DE CONCRETO**

Errores relativos máximos absolutos hallados

ESCALA 101972.0 kgf

Error de exactitud	**0.79 %**	Error de cero	0
Error de repetibilidad	**0.97 %**	Error por accesorios	0 %
Error de Reversibilidad	No aplica	Resolución	0.05 En el 20 %

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma ISO 7500-I, la máquina de ensayos se clasifica:

ESCALA 101 972 kgf Ascendente

TRAZABILIDAD

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L., asegura el mantenimiento y la trazabilidad de sus patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido calibrados por la Pontifica Universidad Catolica de Peru.

OBSERVACIONES .

1. Los cartas de calibración sin las firmas no tienen validez .

2.El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (ISO 7500-1).

3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (ISO 7500-1).

4.Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.

5. Los resultados contenido parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos .

FIRMAS AUTORIZADAS

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA

Jefe de Metrología
Luiggi Asenjo Guerra

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224 997 045 343 961 739 849 955 851 191 ventasag4ingenieria@gmail.com ventas@ag4im.com www.ag4ingenieria.com

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital [X] Fecha de entrega: 10/04/2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: LUIS JOSELITO JAVIER CHINO
Dirección: Av. Tambopata s/n – Cojata – Huancané – Puno
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 02172255
Teléfono: 994986119 email: tazmania.cj.2@gmail.com
Nombres y Apellidos:
Dirección:
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:
Teléfono: email:
Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL
Asesor: Mg. RAMIRO AMÍLCAR BOLAÑOS CALDERON
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:
Trabajo de Investigación [ ] Tesis [X] Trabajo de Suficiencia Profesional [ ] Trabajo Académico [ ]
Título: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA VOLANTE, CEMENTO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA SUBRASANTE MEJORADA EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE PUNO

Palabras claves, (3 a 5 términos): Cemento, ceniza volante, estabilización, cal.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV [1,2]?

1, 2

[1] Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.
[2] Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/
OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

2. Referencia de tesis:

☐	Bachiller	X	Titulo	☐	2da Especialidad	☐	Maestría	☐	Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- [X] Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- [ ] Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a):_____
- [ ] No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comérciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- [ ] Sí autorizo
- [X] No autorizo

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/
OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral**. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☐ Internacional

☒ Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

Firma de Autor	huella digital	10 – ABRIL – 2026
		Fecha

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/
OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/