

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN CON CAL  
VIVA Y CEMENTO PARA BASES CON  
PRESENCIA DE BOFEDALES, CARRETERA  
SANTA INÉS-PLAZAPATA, HUANCVELICA  
2021”**

**Presentado por:**

**BACH. KELY THALIA TORRES ILDEFONSO**

**BACH. MABEL VILCHEZ YAURI**

**Línea de Investigación Institucional:**

**Nuevas Tecnologías y Procesos**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERA CIVIL**

**Huancayo – Perú**

**2022**

# **FALSA PORTADA**

**ASESOR**

**ING. CHRISTIAN MALLAUPOMA REYES**

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres por su apoyo y soporte incondicional para el cumplimiento de cada uno de nuestros objetivos.

A las personas que a lo largo de estos años han aportado en nuestro crecimiento personal y profesional.

Bach. Torres Ildefonso Kely Thalia

Bach. Vilchez Yauri, Mabel

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestros padres que fueron nuestros mayores promotores durante este proceso, por confiar y creer en nosotros y en nuestras expectativas, a la vida por este nuevo logro y a todas las personas que fueron parte de este proyecto y creyeron en la realización de la misma.

Bach. Torres Ildfonso Kely Thalia

Bach. Vilchez Yauri, Mabel

## HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

---

Dr. Rubén Tapia Silguera  
Presidente

---

Ing. Carlos Alberto Gonzales Rojas  
Jurado

---

Ing. Nataly Lucia Córdova Zorrilla  
Jurado

---

Dr. Abel Alberto Muñoz Paucarmayta  
Jurado

---

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza  
Secretario Docente

## INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
INDICE DE CONTENIDO.....	vii
INDICE DE TABLAS .....	xii
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	xviii
CAPITULO I.....	20
EL PROBLEMA DE INVETIGACIÓN.....	20
1.1. Planteamiento del problema.....	20
1.2. Formulación del problema .....	22
1.2.1. Problema general.....	22
1.2.2. Problemas específicos .....	22
1.3. Justificación .....	22
1.3.1. Práctica o social.....	22
1.3.2. Científica o teórica .....	23
1.3.3. Metodológica.....	23
1.4. Delimitación.....	23

1.4.1. Delimitación espacial .....	23
1.4.2. Delimitación temporal .....	25
1.4.3. Delimitación económica.....	25
1.5. Limitaciones.....	25
1.6. Objetivos .....	26
1.6.1. Objetivo general .....	26
1.6.2. Objetivos específicos.....	26
CAPITULO II.....	27
MARCO TEÓRICO.....	27
2.1. Antecedentes .....	27
2.1.1. Nacionales .....	27
2.1.2. Internacionales.....	30
2.2. Marco conceptual.....	33
2.2.1. Suelo .....	33
2.2.2. Tipos de suelos .....	34
2.2.3. Clasificación de Suelo .....	35
2.2.4. Base .....	37
2.2.5. Base granular .....	37
2.2.6. Base estabilizada .....	38
2.2.7. Estabilización de suelos.....	38
2.2.8. Métodos de Estabilización.....	41

2.2.9. Estabilización con Cemento Portland.....	43
2.2.10. Estabilización con Cal .....	48
2.2.11. Propiedades del Suelo .....	53
2.2.12. Ensayos.....	54
2.3. Definición de términos .....	64
2.4. Hipótesis.....	67
2.4.1.  Hipótesis General .....	67
2.4.2. Hipótesis Especifica(s).....	67
2.5. Variables.....	67
2.5.1. Definición Conceptual de la Variable .....	67
2.5.2. Definición Operacional de la Variable.....	68
2.5.3. Operacionalización de la Variable.....	68
CAPITULO III.....	69
METODOLOGÍA .....	69
3.1. Método de investigación .....	69
3.2. Tipo de Investigación .....	70
3.3. Nivel de investigación.....	70
3.4. Diseño de la investigación.....	70
3.5. Población y muestra .....	71
3.5.1. Población .....	71
3.5.2. Muestra.....	71

3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	71
3.6.1.	Técnicas.....	71
3.6.2.	Instrumentos .....	72
3.7.	Procesamiento de la información .....	72
3.7.1.	FASE 1: Selección de materiales .....	72
3.7.2.	FASE 2: Adición de Cal viva y cemento .....	83
3.7.3.	Características físicos-químicos de la cal viva.....	85
3.7.4.	Propiedades físicos-químicos del cemento.....	86
3.8.	Técnicas y análisis de datos .....	87
3.8.1.	Pre campo .....	87
3.8.2.	Campo .....	87
3.8.3.	Gabinete.....	87
CAPITULO IV.....		88
RESULTADOS.....		88
4.1.	Descripción de los resultados.....	88
4.1.1.	Evaluación de la cal viva y el elemento de la estabilización de base.....	88
4.1.2.	Influencia de cal viva y el cemento en la resistencia a compresión .....	91
4.1.3.	Influencia de cal viva y el cemento en las propiedades del suelo mejorado	95
4.1.4.	Influencia de la cal viva y el cemento en el costo para la estabilización de	98
base		
4.2.	Contrastación de la hipótesis.....	103

4.2.1. Contrastación de hipótesis general .....	103
4.2.2. Hipótesis específica 1 .....	103
4.2.3. Hipótesis específica 2 .....	113
5.2.4 Hipótesis específica 3 .....	123
CAPITULO V .....	126
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	126
5.1. Análisis y discusión de resultados.....	126
CONCLUSIONES .....	128
RECOMENDACIONES .....	129
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	130
ANEXOS .....	135
ANEXO N°1: Matriz de consistencia .....	136
ANEXO N°2: Matriz de operacionalización de variables .....	137
Panel Fotográfico.....	136
Certificados de Ensayos.....	172
Certificados de calibración de equipos.....	214

## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> MATERIALES GRANULARES (35% O MENOS DEL TOTAL DE LA MUESTRA PASADA POR EL NÚM. 200) .....	36
<b>TABLA 2.</b> MATERIALES GRANULARES (35% O MENOS DEL TOTAL DE LA MUESTRA PASADA POR EL TAMIZ N°200.....	37
<b>TABLA 3.</b> REQUISITOS QUÍMICOS .....	45
<b>TABLA 4.</b> REQUISITOS FÍSICOS .....	46
<b>TABLA 5.</b> PÉRDIDA DE TESTIGOS A COMPRESIÓN .....	47
<b>TABLA 6.</b> DESCRIPCIÓN DE TESTIGOS .....	47
<b>TABLA 7.</b> LA REACCIÓN PUZOLÁNICA PUEDE CONTINUAR POR LARGO TIEMPO .....	49
<b>TABLA 8.</b> CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN TAMAÑO DE PARTÍCULAS. ....	54
<b>TABLA 9.</b> OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE.....	68
<b>TABLA 10.</b> RESULTADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA DE SUELO.....	74
<b>TABLA 11.</b> ESPECIFICACIONES PARA LAS SELECCIONES DEL MATERIAL PARA GRANULOMETRÍA .....	75
<b>TABLA 12.</b> FRACCIONES GRANULOMÉTRICAS OBTENIDAS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO....	76
<b>TABLA 13.</b> RESULTADO DEL ENSAYO LIMITE LIQUIDO .....	78
<b>TABLA 14.</b> RESULTADO DEL ENSAYO LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD .....	79
<b>TABLA 15.</b> RESULTADO DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO .....	80
<b>TABLA 16.</b> RESULTADO DE ENSAYO CBR SIN ESTABILIZAR.....	82
<b>TABLA 17.</b> CURVA DE CBR .....	82
<b>TABLA 18.</b> CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CAL .....	85
<b>TABLA 19.</b> CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA CAL .....	85
<b>TABLA 20.</b> PROPIEDADES FÍSICAS .....	86
<b>TABLA 21.</b> PROPIEDADES QUÍMICAS .....	86
<b>TABLA 22.</b> CONTROL DE COMPACTACIÓN SUELO-CEMENTO DE PUNTO 1 AL 8 .....	89
<b>TABLA 23.</b> CONTROL DE COMPACTACIÓN SUELO-CEMENTO DEL PUNTO 9 AL 13 .....	89
<b>TABLA 24.</b> CONTROL DE COMPACTACIÓN SUELO-CAL DE PUNTO 1 AL 8 .....	90
<b>TABLA 25.</b> CONTROL DE COMPACTACIÓN SUELO-CAL DE PUNTO 9 AL 12 .....	91
<b>TABLA 26..</b> RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS SUELO - CEMENTO .....	92
<b>TABLA 27.</b> RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS SUELO - CAL .....	93
<b>TABLA 28.</b> ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO, CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN .....	96
<b>TABLA 29.</b> ESTABILIZACIÓN CON CAL, CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN .....	97

<b>TABLA 30.</b> PRESUPUESTO DE LA ESTABILIZACIÓN CON 2% DE CEMENTO.....	98
<b>TABLA 31.</b> PRESUPUESTO DE LA ESTABILIZACIÓN CON 3% DE CEMENTO.....	99
<b>TABLA 32.</b> PRESUPUESTO DE LA ESTABILIZACIÓN CON 4% DE CEMENTO.....	99
<b>TABLA 33.</b> PRESUPUESTO DE LA ESTABILIZACIÓN CON 3% DE CAL.....	100
<b>TABLA 34.</b> PRESUPUESTO DE LA ESTABILIZACIÓN CON 4% DE CAL.....	100
<b>TABLA 35.</b> PRESUPUESTO DE LA ESTABILIZACIÓN CON 5% DE CAL.....	101
<b>TABLA 36.</b> PRESUPUESTO TOTAL DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO.....	101
<b>TABLA 37.</b> PRESUPUESTO TOTAL DE ESTABILIZACIÓN CON CAL.....	102
<b>TABLA 38.</b> PRUEBAS DE NORMALIDAD .....	105
<b>TABLA 39.</b> PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS.....	106
<b>TABLA 40.</b> ANOVA DE UN FACTOR .....	107
<b>TABLA 41.</b> PRUEBA DE POST DE TUKEY .....	108
<b>TABLA 42.</b> PRUEBAS DE NORMALIDAD EDAD DE LOS 7 DÍAS.....	109
<b>TABLA 43.</b> PRUEBA DE HOMOGENEIDAD.....	110
<b>TABLA 44.</b> ANOVA DE UN FACTOR .....	111
<b>TABLA 45.</b> PRUEBA DE POST HOC DE TUKEY .....	111
<b>TABLA 46.</b> RESULTADOS DE CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN .....	114
<b>TABLA 47.</b> PRUEBA DE NORMALIDAD .....	116
<b>TABLA 48.</b> HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS .....	117
<b>TABLA 49.</b> PRUEBA DE ANOVA DE UN FACTOR.....	117
<b>TABLA 50.</b> PRUEBA DE POST HOC DE TUKEY .....	118
<b>TABLA 51.</b> RESULTADOS DE CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN .....	119
<b>TABLA 52.</b> PRUEBA DE NORMALIDAD .....	120
<b>TABLA 53.</b> HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS.....	121
<b>TABLA 54.</b> ANOVA DE UN FACTOR .....	121
<b>TABLA 55.</b> PRUEBA DE POST HOC DE TUKEY .....	122

## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> UBICACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA.....	24
<b>FIGURA 2.</b> UBICACIÓN DEL DISTRITO DE SANTA ANA .....	24
<b>FIGURA 3.</b> UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA EN ESTUDIO.....	25
<b>FIGURA 4.</b> PROCESO PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DEL SUELO .....	40
<b>FIGURA 5.</b> PROCESO DE SELECCIÓN DEL TIPO DE ESTABILIZACIÓN.....	41
<b>FIGURA 6.</b> HERRAMIENTA MANUAL PARA LÍMITE LÍQUIDO.....	56
<b>FIGURA 7.</b> CARTA DE PLASTICIDAD .....	57
<b>FIGURA 8.</b> MOLDE CILÍNDRICO DE 4,0 PULG (MÉTODO “A”). .....	59
<b>FIGURA 9.</b> MOLDE CILÍNDRICO DE 4,0 PULG (MÉTODO “B”).....	59
<b>FIGURA 10.</b> MOLDE CILÍNDRICO DE 6,0 PULG (MÉTODO “C”).....	60
<b>FIGURA 11.</b> ESPECIFICACIÓN DE LA PRUEBA PROCTOR MODIFICADO .....	61
<b>FIGURA 12.</b> MOLDE DE CBR .....	63
<b>FIGURA 13.</b> CATEGORÍA DE LA SUBRASANTE .....	64
<b>FIGURA 14.</b> SECADO DE LA MUESTRA A TEMPERATURA DE 110°C.....	73
<b>FIGURA 15.</b> CUARTEO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DEL SUELO .....	74
<b>FIGURA 16.</b> DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL SUELO.....	76
<b>FIGURA 17.</b> CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA BASE.....	76
<b>FIGURA 18.</b> ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO .....	78
<b>FIGURA 19.</b> ENSAYO DE LIMITE PLÁSTICO .....	79
<b>FIGURA 20.</b> ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO .....	80
<b>FIGURA 21.</b> CURVA DE PROCTOR .....	80
<b>FIGURA 22.</b> ENSAYO DE SATURACIÓN CBR.....	81
<b>FIGURA 23.</b> ENSAYO DE PENETRACIÓN CBR .....	82
<b>FIGURA 24.</b> ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA SUELO-CEMENTO .....	92
<b>FIGURA 25.</b> ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA SUELO-CAL .....	93
<b>FIGURA 26.</b> ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA SUELO-CEMENTO Y SUELO-CAL A LA EDAD DE 3 DÍAS .....	94
<b>FIGURA 27.</b> ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA SUELO - CEMENTO Y SUELO-CAL A LA EDAD DE 7 DÍAS .....	95
<b>FIGURA 28.</b> ANÁLISIS COMPARATIVO, CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN SUELO-CEMENTO .....	96
<b>FIGURA 29.</b> ANÁLISIS COMPARATIVO, CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN SUELO-CAL .....	97
<b>FIGURA 30.</b> ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO .....	102

<b>FIGURA 31.</b> ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIZACIÓN CON CAL .....	103
FIGURA 32. MEDIA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE EDAD 3 DÍAS.....	108
<b>FIGURA 33.</b> MEDIA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE EDAD 7 DÍAS .....	112
<b>FIGURA 34.</b> MEDIA DE CBR CON EL 95% DE MDS .....	118
<b>FIGURA 35.</b> MEDIA DE CBR CON EL 100% DE MDS .....	122
<b>FIGURA 36.</b> PRUEBAS DE NORMALIDAD.....	124
<b>FIGURA 37.</b> PRUEBA DE HIPÓTESIS DE KRUSKALL WALLIS .....	124

## RESUMEN

El problema general de la presente investigación es: ¿De qué forma influye la cal viva y el cemento en la evaluación de estabilización de base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021?, por lo que se planteó como objetivo principal evaluar la estabilización con cal viva y cemento para bases con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés, para el desarrollo de esta investigación se consideraron teorías que nos permitieron incrementar conocimientos a ambas variables. La hipótesis a probar fue: La cal viva y el cemento influyen significativamente en la evaluación de estabilización de base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica, se empleó el método científico como metodología, enfoque cuantitativo, el tipo de investigación es aplicada, el nivel es descriptivo, explicativo, comparativo, el diseño de la investigación es experimental, considerando que el análisis es de carácter teórico. La población es la Carretera Santa Inés – Plazapata del tramo km. 128+000 al km. 134+000, y la muestra es del tipo no probabilístico, de carácter dirigido o por conveniencia. Las técnicas e instrumentos de recolección de datos se dieron mediante los ensayos ejecutados y fichas técnicas. Para el procesamiento y su posterior análisis se utilizó los softwares: SPSS – 25 y Excel, por lo cual la conclusión principal en base a los resultados conseguidos se determina que, con la dosificación indicada de cal viva y cemento, influye positivamente en la estabilización de base con presencia de bofedales de la carretera Santa Inés – Plazapata, Huancavelica. Generando un grado de compactación mayor al 95 % en el ensayo de densidad de campo en la carretera Santa Inés.

**Palabra clave:** Estabilización, compresión simple, base, resistencia

## ABSTRACT

The general problem of this research is: How does quicklime and cement influence the evaluation of base stabilization with the presence of wetlands on the Santa Inés - Plazapata highway, Huancavelica 2021, so the main objective was to evaluate the stabilization with quicklime and cement for bases with the presence of wetlands on the Santa Inés highway, for the development of this research theories that allowed us to increase knowledge of both variables were considered. The hypothesis to be tested was: quicklime and cement have a significant influence on the evaluation of base stabilization with the presence of wetlands on the Santa Inés - Plazapata highway, Huancavelica, the scientific method is used as methodology, quantitative approach, the type of research is applied, the level is descriptive, explanatory, comparative, the research design is experimental, considering that the analysis is of a theoretical nature. The population is the Santa Inés - Plazapata Highway from km. 128+000 to km. 134+000, and the sample is of the non-probabilistic type, directed or by convenience. The data collection techniques and instruments used were tests and technical data sheets. For the processing and subsequent analysis, the following software was used: SPSS - 25 and Excel, therefore, the main conclusion based on the results obtained is that, with the indicated dosage of quicklime and cement, it has a positive influence on the stabilization of the base with the presence of wetlands on the Santa Inés-Plazapata Road, Huancavelica. Generating a degree of compaction greater than 95% in the field density test on the Santa Inés Road.

**Keyword:** Stabilization, simple compression, base, endurance

# INTRODUCCIÓN

La presente investigación lleva por título: Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases con presencia de bofedales, carretera Santa Inés-Plazapata, Huancavelica 2021, inicia evidenciada con la problemática existente en cuanto a la calidad de la infraestructura vial en nuestro país. Según Hiroshi, y como para muchos, el control de calidad de la infraestructura vial es un aspecto relevante para el crecimiento económico y social (2017). Entonces, de lo descrito, esta investigación se centra en evaluar la base del tramo del Km 128+000 al Km 134+000, siendo este tramo perteneciente a la carretera Santa Inés – Plazapata, donde se evidencia la presencia de bofedales; los cuales se encuentran colindantes a la vía. Estos bofedales influyen directamente en el deterioro de la vía por la presencia de humedad y compuestos de material orgánico, por lo cual se propone la estabilización con cal viva y cemento, siendo estos componentes los que nos permiten evaluar y comparar los costos, la diferencia de resistencias y ventajas que aportan cada uno respectivamente, realizando la evaluación mediante los diversos ensayos en campo y laboratorio. Por ende; por las características del estudio, la investigación es de tipo aplicada, nivel descriptivo, comparativo explicativo. Las técnicas utilizadas son la observación directa y los ensayos. Así también los instrumentos utilizados son las fichas técnicas y guías.

Para un mejor entendimiento y comprensión, la investigación fue estructurada en los siguientes capítulos:

**Capítulo I.-** Planteamiento del problema, en este apartado se desarrolla la descripción, delimitación y formulación del problema, las justificaciones de la investigación, finalmente los objetivos generales y específicos de la investigación.

**Capítulo II.-** Marco teórico, se describen los antecedentes (nacionales e internaciones), y las bases teóricas utilizadas, así como el marco conceptual.

**Capítulo III.-** Metodología, en este apartado se desarrolla la metodología de la investigación, se explica las técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados en la elaboración de la tesis y de la forma cómo se desarrolla el procesamiento de la información.

**Capítulo IV.-** Resultados, se describen los resultados desarrollados en función a los problemas, objetivos e hipótesis presentados, así como la verificación de las hipótesis.

**Capítulo V.** - Análisis y discusión de resultados, en este apartado se desarrolla la discusión de los resultados obtenidos en la investigación en función a los antecedentes nacionales e internacionales presentados, finalmente se presenta las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planteamiento del problema

Según Hiroshi, es importante tener una buena infraestructura vial para el crecimiento económico, por a ello indica que: “La inversión realizada en transporte afecta de manera positiva en el desarrollo del PBI” (2017), debido a ello el sector de transporte y comunicaciones recibe mayor porcentaje de la inversión pública en nuestro país, destinado para la construcción de nuevas carreteras, mantenimiento y preservación de carreteras existentes; ya que, cuando se reduce el tiempo de viaje, se reducen los gastos de producción y mejora los accesos a distintos mercados (DURANGO Agudelo, 2016)

Los planes que se vienen dando sobre infraestructura vial en nuestro país se dirige hacia la estabilización de suelos con la finalidad de tener mejores resultados respecto a la resistencia y durabilidad de pavimentos, cumpliendo los parámetros del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Dentro de la variedad en la estabilización de suelos se encuentra la estabilización mecánica de suelos, por sustitución de suelos y combinación de suelos; estos solo necesitan la compactación de suelos de préstamo ya existentes. Así también existe la estabilización con la adición de agentes que estabilizan en diferentes magnitudes esto dependiendo de las características del suelo, estos estabilizadores pueden ser la cal, el cemento, escoria, cloruros, productos asfálticos entre otros.

En la actualidad, parte de las grandes dificultades encontradas en la construcción de pavimentos en nuestro país incide en el mal control de calidad y la capacidad portante

del suelo, esto se debe a la influencia directa y/o indirecta de factores naturales en la vía, los cuales generan secuelas en el proceso de ejecución y los costos se elevan. Es por ello que se busca dar soluciones inmediatas a esta problemática, en esta investigación se plantea la estabilización de la base mediante la adición de cal viva y cemento respectivamente.

La capacidad portante del suelo se ve afectada por el contenido de humedad y el contenido orgánico que contenga la base, es por ello que en el tramo (Km. 128+000 al Km. 134+000) de la carretera Nacional PE-28D (Santa Inés - Plazapata) se han identificado zonas de bofedales, los cuales perjudican la capacidad portante del suelo en cuestión. Estos tramos son considerados zonas de riesgo por dos factores: primero, existe presencia de bofedales, los cuales inciden directamente en el porcentaje de humedad presente en el tramo mencionado; segundo, el porcentaje de material orgánico debido a los bofedales, siendo estos dos elementos los que principalmente afectan al valor de la capacidad portante de la vía ( $CBR < 6\%$ ). Se sabe teóricamente que el ensayo para determinar las cargas máximas que puede resistir el suelo es el CBR (Californian Bearing Ratio).

Debido a ello, cuando se tiene suelos con malas características y con un  $CBR < 6\%$ , se procede con la sustitución, la estabilización o el mejoramiento de estos mediante diferentes procesos. Por lo que se debe evitar asentamientos o que el material de las diferentes capas que conformen la vía se contamine. Dentro de estos suelos se encuentran: los limos, mezclas de limo, arena y grava, limos de alta plasticidad, arcillas con plasticidad media y alta, (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018).

En la presente investigación se evalúa distintos parámetros, entre los cuales: la resistencia en la estabilización de la base mediante las pruebas de CBR, aplicado a los testigos de suelo-cemento y suelo-cal compactado, asimismo evaluar el grado de compactación del suelo estabilizado a través de la prueba de densidad de campo en la estabilización de una vía con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés en el tramo (Km. 128+000 al Km. 134+000) de la vía Nacional PE-28D (Santa Inés - Plazapata).

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿De qué manera influye la cal viva y el cemento en la evaluación de estabilización de la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿De qué manera influye la cal viva y el cemento en la resistencia a compresión simple en la estabilización de la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés-Plazapata, Huancavelica 2021?
- ¿Cómo influye la cal viva y el cemento en las propiedades del suelo en la estabilización de la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés-Plazapata, Huancavelica 2021?
- ¿En qué medida influye el uso de cal viva y de cemento en el costo de la estabilización de la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Práctica o social**

Según (BERNAL, 2010) menciona: “Según la problemática estudiada una investigación genera aportes prácticos tanto directos como indirectos”

Siendo así la justificación social del presente proyecto de investigación favorecerá en la búsqueda de soluciones alternativas más económicas para el mejoramiento de carreteras que conectan nuestro país, a través de la estabilización con cal viva y cemento. “De todas las soluciones para mejorar las propiedades del suelo todas han sufrido modificaciones desde las más básicas hasta las más modernas, gracias a los avances tecnológicos se pueden usar nuevos métodos y poder estabilizar el suelo con materiales tales como la cal viva y el cemento.”

### **1.3.2. Científica o teórica**

se entiende por justificación científica o teórica cuando: “se genera un nuevo aporte científico, conceptos novedosos, teorías y nuevas formas de tratar las dificultades ingenieriles, así como también generar y adaptar nuevas teorías de acuerdo al contexto, generalizar y resolver las ambigüedades para poder aplicar estos en futuros proyectos o generar nuevas investigaciones.” (CCANTO MALLMA, 2010)

Siendo así, la justificación científica del presente proyecto de tesis sirve como antecedente para próximas investigaciones acerca de la estabilización y mejora de una base mediante la adición de otros componentes al suelo , ya que la finalidad fue de establecer variación de las propiedades y el costo que conlleva el mejoramiento de la base que comprende el tramo del km 128+000 al 134+000 pertenecientes a la carretera Santa Inés - Plazapata, que se produce con la utilización de la estabilización con cal viva y cemento.

### **1.3.3. Metodológica**

El presente proyecto de investigación propone una metodología a fin de justificar a través de la aplicación de una técnica adecuada para la estabilización de base con cal viva y cemento, teniendo en cuenta que la metodología es aplicada en los puntos críticos de la carretera con presencia de bofedales, para garantizar una mejor capacidad portante lo que conlleva a la mejora de la infraestructura vial.

## **1.4. Delimitación**

### **1.4.1. Delimitación espacial**

Esta investigación se realiza en la carretera Nacional PE-28D (Santa Inés - Plazapata), tramo (km. 128+000 al km. 134+000), Distrito de Santa Ana, Provincia de Huancavelica, Departamento de Huancavelica.

**Figura 1.** Ubicación del departamento de Huancavelica



**Figura 2.** Ubicación del distrito de Santa Ana



**Figura 3.** Ubicación geográfica de la zona en estudio



#### **1.4.2. Delimitación temporal**

Esta investigación planteada como proyecto se delimitó el plazo de 04 meses de investigación comprendido desde marzo de 2021 hasta junio de 2021.

#### **1.4.3. Delimitación económica**

La tesis fue ejecutada por medios personales, no hubo patrocinio de alguna entidad estatal o privada.

### **1.5. Limitaciones**

No se encontró libros ni artículos científicos acerca de estabilización de suelos con cal y cemento, asimismo la pandemia COVID-19 debido a que no nos permitió movilizarnos para la recopilación de la información

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Evaluar la influencia de la estabilización con cal viva y cemento en bases con presencia de bofedales carretera Santa Inés – Plazapata, Huancavelica 2021.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- Determinar de qué manera influye la cal viva y el cemento en la resistencia a compresión simple en la estabilización de la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés, Plazapata-Huancavelica 2021.
- Identificar como influye la cal viva y cemento en las propiedades del suelo en la estabilización de la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés, Plazapata-Huancavelica 2021.
- Evaluar en qué medida influye la cal viva y el cemento en el costo de la estabilización de la base con presencia de los bofedales en la carretera Santa Inés-Plazapata, Huancavelica 2021.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. Nacionales**

GARCIA (2015), en su investigación titulado “Determinación en la resistencia de la subrasante agregando cal estructural en un suelo limo arcilloso del sector 14 en Mollepampa” para de lograr el Título Profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Privada del Norte de Cajamarca, y se planteó como objetivo, determinar la resistencia de la subrasante al agregar cal en el suelo limo arcilloso en el sector 14 de Mollepampa, la metodología empleada fue el diseño experimental, se tiene como unidad de estudio el suelo limo arcilloso del sector 14, como resultado se obtuvo en el suelo natural el LL=39.36%, LP=28.11%, IP=11.26% Densidad Max. Seca=1.898, OCH=10.70%, CBR=5.20%, según los ensayos se puede afirmar que el uso de cal para las proporciones de 2%, 4%, 6% y 8% aumenta la resistencia de la subrasante teniendo como suelo un limo arcillosos así como la reducción en los valores de límites de Atterberg y expansión, El CBR se incrementa progresivamente a un 95% en la máxima densidad seca a 0.1 y 0.2, finalmente se concluyó en que la hipótesis planteada para este trabajo es verdadero, y el uso de cal para los porcentajes de cal antes planteado incrementa la resistencia de la subrasante del suelo.

CUADROS (2016), en el trabajo de investigación titulada: “Mejoramiento de las propiedades físico y mecánicas de la subrasante en la vía afirmada de la red vial de la región Junín mediante estabilización química con óxido de calcio en el 2016” para conseguir el Título Profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Peruana los Andes, en el cual se tiene como objetivo general la determinación de la influencia de la estabilización química utilizando diferentes proporciones de óxido de calcio para el mejoramiento de las propiedades físico y mecánicas de la subrasante de la vía afirmada en la región Junín, se empleó como metodología principal el método científico, sien del tipo aplicada y tecnológica, es de nivel descriptivo y explicativo, se tiene como diseño el tipo experimental y el enfoque de las investigación es cuantitativo; esto permitió determinar la influencia del óxido de calcio como un estabilizante químico y su optima concentración en el suelo, en los resultados se consiguió que a una concentración del 1% en peso la máxima densidad seca es 1.62, a un óptimo contenido de humedad de 15.40% y a una concentración del 3% de adición de cal en peso la máxima densidad seca es 1.57 con un óptimo contenido de humedad de 15.60%, finalmente se concluyó para la estabilización química con óxido de calcio incide positivamente en las propiedades físico y mecánicas de la subrasante, con lo cual se obtuvo un porcentaje óptimo para una concentración del 3%, reduciendo los límites de Atterberg, para el caso del índice de plasticidad vario de 19.08 a 4.17 posterior a su estabilización, así también aumenta el valor del CBR de 4.85% a 15.64% posterior a su estabilización, finalmente se demuestra la estabilización por combinación de suelos reduciendo costos en un 44.41%

VELAZQUEZ (2018) en su investigación titulada: “Influencia del cemento portland de tipo I para la estabilización de suelos arcillosos de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector de la Molina” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Cajamarca, fijó como objetivo general evaluar la incidencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcillosos de la subrasante de la avenida Dinamarca en la Molina, la investigación es del tipo aplicada de nivel explicativo y que se desarrolló experimentalmente, se busca relacionar el comportamiento de las variables dependientes (índice de plasticidad, índice de contracción y CBR)

respecto a la variable independiente (porcentaje de cemento), como resultado obtuvo en función a la dosificación de 0% de cemento portland Tipo I en el CH=18.90, DSM=1.615, CBR(100% DSM de penetración)=1.44, CBR(95% MDS de penetración =1.30, Hinchamiento= 6.61 de los 1%, 3%, 5% de cemento portland Tipo I el resultado más favorable es en la adición del 3% obteniendo CH=17.04, DMS=1.708, CBR(100% DSM de penetración)=7.70 CBR(95% MDS de penetración =6.63, Hinchamiento= 4.70, finalmente concluyó que la influencia del cemento Portland Tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca en el sector de la Molina, se obtuvo la reducción del índice de plasticidad e índice de contracción y el aumento del índice de CBR.

AYBAR (2019) en la investigación titulada: “Estabilización química del suelo arcilloso con cal para el uso como subrasante en vías terrestre de la localidad de Villa Rica para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas en Lima, estableció como objetivo general para optimizar la capacidad de soporte en la subrasante, utilizando la estabilización química del suelo en estudio con la concentración óptima de cal, la investigación es del tipo aplicada, cuantitativa, se utilizó un diseño experimental, como resultado se obtuvo valores para la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad del suelo a diferentes concentraciones de cal utilizando el ensayo de Proctor Modificado, método A. La máxima densidad seca obtenida fue 1.85 g/cm<sup>3</sup> y el óptimo contenido de humedad es de 13.40%, finalmente se concluye que para los siguientes parámetros del suelo se obtuvo los siguientes resultados: para el índice de plasticidad se obtuvo 13%, para la gravedad específica se obtuvo 2.63 con un porcentaje de grava de 8.43%, porcentaje de arena de 23.15% y para finos 68.42%.

BECERRA & HERRERA (2019) en la investigación titulado: “Estabilización de arcilla, arenas y afirmados, utilizando cementos Pacasmayo Víaforte y Mochica Qhuna” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Señor de Sipán, cuyo objetivo general planteado fue realizar la estabilización de arcillas, arenas y afirmados a diferentes concentraciones de cementos Pacasmayo Víaforte, Mochica y Qhuna en la región de Lambayeque,

la investigación es de tipo cualitativa, la investigación fue experimental, como resultado se obtuvo que al agregar el cemento Qhuna a una concentración de 7% su resistencia es superior a la resistencia mínima de 18 kg/cm<sup>2</sup>, en caso del cemento Mochica se utilizó el 10% y 13 % para Víaforte así mismo respecto a la resistencia utilizando los cementos Qhuna, Mochica y Víaforte en 13 % tiende a bajar, al agregar cemento Qhuna en un 7% la resistencia es superior a 18kg/cm<sup>2</sup>, finalmente la investigación concluyó que mediante la aplicación del ensayo estándar para obtener la resistencia a compresión de cilindros de cemento en suelos moldeados se obtuvo que utilizando el cemento Qhuna como adición se obtiene mejores resistencias que con el cemento Mochica y Víaforte ya que tiene un mejor comportamiento mecánico.

### **2.1.2. Internacionales**

ALTAMIRANO & DIAZ (2015) en el trabajo de investigación titulado: “Estabilización de suelos con cohesión utilizando cal en las Vías de la comunidad de San Isidro de Pegón, Potosí Rivas” para obtener el título profesional de Ingeniería Civil en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, cuyo objetivo es la estabilización de la cohesión de suelos con cal hidratada en la vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, con una mezcla de cal hidratada, el muestreo se realizó en la comunidad de San Isidro, mediante la excavación de calicatas de un metro cuadrado para profundidades que van de 1 a 2 metros, como resultado obtuvo que el suelo antes de ser estabilizado tuvo un LL= 54, LP= 28, densidad máxima= 1.512, HO= 21 y al ser estabilizado con 3% de cal se obtuvo LL=47, LP=33, IP=14, densidad máxima=1.548, HO=28, finalmente se concluye en el incremento de la humedad requerida, se mejoró la plasticidad y densidad de compactación por la reacción de características exotérmicas ocasionada por la reacción de cal y arcilla.

GOMEZ, GIULIN & GALLARDO (2016) , en el trabajo de investigación titulado: “Variación de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos compresibles estabilizados con material cementante” desarrollado en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de la República Colombiana, cuyo objetivo principal fue estabilizar con material cementante, realizando una preparación de composiciones de suelo en combinación con material

cementante de cal y cemento en concentraciones en peso de 2% a 6% para la cal y de 2% a 16% para el caso del cemento, para lo cual la metodología de la investigación usada fue la selección de insumos para la elaboración de muestras de ensayo, para establecer las dosificaciones en las mezclas suelo cementantes considerando un programa de ensayos de laboratorio como resultado se obtuvo que para las muestras de suelo cemento hay un aumento de 1370%, respecto a la resistencia para una concentración de 6% hay un aumento de 1830% en mezclas suelo cemento a una concentración 16%, finalmente se concluyó para suelos arcillosos compresibles estos ensayos son un método efectivo que se ven reflejados en los resultados en los cuales el suelo en contacto con el material cementante reduce su índice de plasticidad a 20% y 24%, y se consigue un aumento en el índice CBR entre 500 y 1300%, también hay un aumento del ángulo de fricción en un 160% y el incremento de la resistencia a la compresión confinada en un 1400% frente a las condiciones iniciales del suelo.

CASTILLO (2017), en el trabajo de investigación titulado: “Estabilización de suelos arcillosos de macas con índices de CBR menores al 5% y de límites líquidos superiores al 100% para emplearlos como subrasante en carreteras” para obtener el grado de magister en ingeniería vial y transportes en la Universidad de Cuenca de Ecuador, que tuvo como objetivo primordial estabilizar el suelo arcilloso mediante cal viva en el km 3+000 del paso lateral de macas con índice de CBR menor al 5% y límites líquidos mayores al 100% para emplearlo como subrasante para pavimentos flexibles, la metodología se basó en el muestreo del suelo de la subrasante en el kilómetro 3+000 del paso lateral de Macas, se escogió este tramo debido a que se reportó valores altos respecto al límite líquido, en cuestión de resultados se notó la disminución en los límites líquido, límite plástico e índice de contracción, caso contrario aumenta el valor de CBR para una concentración de 16% de cal, concluyó que los suelos afectados por el secado, debido al ambiente o al horno, ya sea debido al porcentaje de humedad obtenido este varía su comportamiento como por ejemplo el límite plástico, debido a que se redujo este valor de un 118.13% hasta un valor 0%, así también el sometido a proceso de secado a temperatura ambiente o el horno debajo del 60% de humedad modifica su comportamiento mecánico. Si por algún motivo se vuelve a saturar la muestra de suelo es poco

probable que vuelva a contener elevados porcentajes de humedad como en su estado natural como 145% o 185%. Las muestras al ser secadas previamente y son sometidas a compactación a humedades aproximadas de 75% no pueden soportar estas energías, caso contrario para muestras no secadas inferiores a humedades del 60% y son sometidas a compactación pueden soportar procesos de compactación sin tener deformación a humedades cercanas de 90%.

PARRA (2018), en el trabajo de investigación titulado: “Estabilización del suelo con cal y ceniza volante” en el trabajo de grado de la Universidad Católica de Colombia en Bogotá, que tiene como objetivo principal estabilizar químicamente el suelo con adición de cal y ceniza a diferentes concentraciones con la finalidad de obtener la dosificación ideal del agente estabilizante, teniendo consideración de la resistencia a la compresión y a la tracción, se utilizó la metodología según la investigación y el desarrolló mediante la caracterización de materiales como el caolín o arcilla blanca, cal viva, ceniza volante y asimismo procediendo con la dosificación de los materiales en un 0%, 2%, 4%, 6%, 8% para poder determinar su comportamiento mecánico a compresión y tracción, y por ello se obtuvo como resultado la comparación de todos los ensayos elaborados el comportamiento inverso para las dosificaciones de material como la cal y la ceniza, quiere decir que del 0% al 4% se tiene comportamiento similar en los materiales, pero para el 2%, la cal se encuentra mínimamente arriba de la ceniza, es importante tener en cuenta que a medida que se incrementa el porcentaje se observa que para una concentración del 4% la ceniza está más elevada que la cal, y para una concentración del 6%, la rigidez de la cal incrementa considerablemente mientras la de la ceniza disminuye abruptamente. Es así que se podría mencionar que estos materiales se comportan de manera variable a tracción por lo cual se podría decir que estos materiales tienden a equilibrarse para una concentración de 8% a diferentes cargas, finalmente se concluye mediante por los resultados provenientes de los ensayos de tracción y compresión es posible comparar los dos materiales estabilizantes, en donde se puede notar el efecto del porcentaje de la adición de cal viva, fue evidente el incremento de la resistencia en las muestras de prueba lo que permitió darnos cuenta de la variabilidad del material estabilizante químico para suelos con alto contenido de arcilla. En conclusión, tanto el esfuerzo máximo

como la rigidez tienden a crecer en el caso de la cal viva por la reacción ocasionada con el agua, lo que sostiene la idea de que este material indudablemente es una opción ideal para el tratamiento de suelos, especialmente por el factor económico y su fácil manipulación.

García Toro (2019) en el trabajo de investigación que lleva por título: “Estudio de la técnica de estabilización suelo cemento en vías terciarias en Colombia que tiene un alto contenido de Caolín”, en su trabajo para obtener el Título de Ingeniero Civil, cuyo objetivo principal es observar el comportamiento tanto físico y mecánico en una mezcla de suelo y cemento en laboratorio a través de ensayos que dan respuesta a la carga monotónica con la finalidad de encontrar los valores en la resistencia para un suelo fino tipo caolín y su adaptación a vías de tipo terciarias de igual composición, la metodología empleada para obtener la información requerida se fundamenta en base a datos de Science Direct en la cual se tiene varios términos clave para su entendimiento. Los resultados nos dan a conocer la modificación del índice de plasticidad que comienza con 15.1% sin cemento y se reduce hasta 12.75% con una concentración del 12% de cemento, por lo cual se puede decir que el cemento provoca que el caolín pase de un estado plástico a una velocidad mayor que al de la fragua de la mezcla. Se puede concluir que el caolín de características similares a un suelo fino es de frágil comportamiento ante la falta de agua, por lo que se equilibra al agregar 12% de cemento debido a que incremento los enlaces entre partículas, así como su resistencia. Por consiguiente, se infiere que la saturación del material es un problema ya que el suelo sin ningún tipo de aditivo se desintegra, disminuyendo sus propiedades respecto a su resistencia mecánica, así mismo el suelo con adición de cemento a una concentración superior al 8% se reduce hasta en un 50 %.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Suelo**

El suelo, es parte superficial de la corteza terrestre en el que se puede transmitir esfuerzos ya que sirve de soporte en construcciones en las vías de transporte, si este no cuenta con calidad adecuada para su desempeño como

soporte, se requiere realizar el mejoramiento para que sea más resistente y duradero (LOPEZ CHAVEZ, 2021 pág. 10).

Así también se puede definir como un tipo de agregado no cementado de partículas minerales y compuestos orgánicos en estado descompuesto con adherencia de líquido y gas en los espacios vacíos entre las partículas sólidas. El suelo sirve como material para la elaboración de proyectos ingenieriles. (Das19)

### **2.2.2. Tipos de suelos**

#### **A. Suelos granulares**

##### **- Gravas**

Se refiere al material que es de origen proveniente de la fragmentación de las rocas afectado por agentes atmosféricos que tienen diámetros superiores a 2 mm, para el sistema unificado de clasificación SUCS. Por características el material suele ubicarse en la ribera de los ríos, también se pueden encontrar en las depresiones de terrenos afectados por el desgaste de las aristas producto del transporte de los ríos, por lo que consiguen algunos sus características redondeadas. (Das19)

##### **- Arenas**

Se les denomina materiales compuesto por granos finos que provienen de la disgregación de rocas, así como trituración artificial, su tamaño puede variar según la norma AASTHO de 2 mm a 0.05 mm, y para la norma SUCS va de 4.75 mm y 0.075 mm de diámetro. Por lo general este material proviene del mismo depósito de las gravas. La arena que proviene del río posee fragmentos considerables de grava y arcillas. Cuando este material se encuentra limpio y seco no se puede contraer, por lo general las arenas no tienen plasticidad. Este material en estado limpio y seco, no se contrae, las arenas no son plásticas, tienen compresibilidad baja, pero se comprimen de manera instantánea ante la aplicación de una carga sobre su superficie. (Das19)

#### **B. Suelos Finos**

- **Limos**

Está formado por partículas finas que en general tienen poca o carecen de plasticidad, pueden ser de características inorgánicas producido en canteras, así como también pueden ser orgánicos, los cuales se ubican en los ríos y poseen características plásticas de baja permeabilidad y elevada compresibilidad, según la norma AASHTO su diámetro varía de 0.05 mm a 0.002 mm, y según la norma SUCS las partículas son inferiores a 0.075 mm. (Das19)

- **Arcillas**

Las arcillas poseen partículas de características sólidas que según la norma AASHTO son de diámetro menor a 0.002 mm. Según los parámetros que posee este tipo de suelo se comporta de manera plástica al contacto con el agua. Químicamente está formada por agregados de silicato de aluminio hidratado, pero en oportunidades en su composición puede haber silicatos hidratados de magnesio y hierro. (Das19)

- **Suelos Altamente Orgánico**

Este tipo tiene coloración oscura y posee una variación superior al 25 % entre los parámetros de Atterberg del espécimen secado en el horno a una temperatura de 110°C durante 24 horas y la muestra secada al aire. (Das19)

### **2.2.3. Clasificación de Suelo**

Para poder clasificar el suelo según el sistema AASHTO este menciona que un suelo puede clasificarse en siete grupos que van A-1 a A-7, según esta clasificación los grupos A-1, A-2 y A-3 tienen características granulares que corresponden al 35% de material retenido en el tamiz N°200, y para los suelos que pasan el 35% en el tamiz N°200 se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. (Das19)

**Tabla 1. Materiales Granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)**

Clasificación General		A-1			A-2			
Grupo de Clasificación	de	A-1-a	A-1-b	A3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
<b>Análisis de tamiz (porcentaje de paso)</b>								
Núm. 10		50 máx.						
Núm. 40		30 máx.	50 máx.	51 máx.				
Núm. 200		15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
<b>Características de la fracción de paso núm. 40</b>								
Límite Líquido					40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	de	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	de	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena Fina	Limo o grava arcillosa y arena			
Clasificación general de la subrasante		Excelente a bueno						

Fuente: Método AASHTO M145.

**Tabla 2.** Materiales Granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el tamiz

N°200

<i>Grupo de Clasificación</i>	<b>A-4</b>	<b>A-5</b>	<b>A-6</b>	<b>A-7</b> <b>A-7-5*</b> <b>A-7-6*</b>
<b>Análisis de tamiz (porcentaje de paso)</b>				
<b>Núm. 10</b>				
<b>Núm. 40</b>				
<b>Núm. 200</b>	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
<b>Características de la fracción de paso núm. 40</b>				
<b>Límite Líquido</b>	40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 mí.
<b>Índice de plasticidad</b>	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
<b>Tipos comunes de materiales significativos constituyentes</b>	Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
<b>Clasificación general de la subrasante</b>	Regular a malo			

Fuente: Método AASHTO M145.

#### 2.2.4. Base

En la teoría se define como la estructura perteneciente al pavimento que se encuentra entre la Subbase y la carpeta de rodadura cuyas funciones son distribuir y transmitir las cargas producidas por el tránsito, a capas que se encuentran en el nivel inferior del pavimento que son la subbase así mismo la subrasante, también esta capa se utiliza de soporte para la superficie de rodadura. Las bases antes mencionadas se pueden clasificar en:

#### 2.2.5. Base granular

Esta capa es parte de la estructura del pavimento que se encuentra entre la capa de rodadura y la Subbase, por lo que está constituida por agregado triturado de buena calidad, que puede ser una mezcla de grava con material de relleno y arena en estado natural. La clasificación del material para esta capa

debe ser ideal para la integración de la base del pavimento. La duración de la base estará relacionada con gradación de las partículas empleadas en el diseño, características tales como la forma, densidad, fricción interna y cohesión van a depender de la relación entre la cantidad de finos y material grueso. (TORRES ARENAS, 2019)

#### **2.2.6. Base estabilizada**

Esta base es parte de la estructura del pavimento que se encuentra en la Subbase y la superficie de rodadura, la piedra triturada que constituye esta capa debe ser de buena calidad, como puede ser material gravoso en combinación con arena o material de relleno la cual a su vez puede combinarse con agentes estabilizantes mediante diferentes productos, esto con la finalidad de que los parámetros de estabilidad y resistencia se optimicen, para finalmente la base estabilizante del pavimento de manera integral a fin de que las cargas se distribuyan adecuadamente a la capa de Subbase. (TORRES ARENAS, 2019)

#### **2.2.7. Estabilización de suelos**

Para el Ministerio de Transporte y Comunicaciones en el manual de carreteras, respecto a suelos, geología, geotecnia y pavimentos, se define estabilización de suelo al mejoramiento de las propiedades físicas del suelo debido a procedimientos mecánicos o de incorporación de aditivos químicos ya sean naturales o sintéticos (2018).

Los agentes estabilizantes se emplean en suelos de subrasante que tienen características pobres e inadecuadas para este caso se puede utilizar la estabilización del suelo con cemento, cal, asfalto u otros estabilizantes. En el caso de una Subbase o base, si se requiere mejorar las características del suelo a fin de obtener una Subbase o base estabilizada esta puede realizarse con cemento, cal, asfalto, etc.

Cuando se realiza la estabilización este tiene como objetivo reforzar el suelo mejorando su resistencia mecánica a través del tiempo. Se tiene ciertas metodologías para la estabilización que pueden darse entre suelos o utilizando aditivos Sin embargo cualquiera que sea el tipo de estabilización este va requerir

de su posterior compactación, es por ello que cuando una base no tiene características idóneas de trabajabilidad se tiene que estabilizar para mejorar la calidad del material.

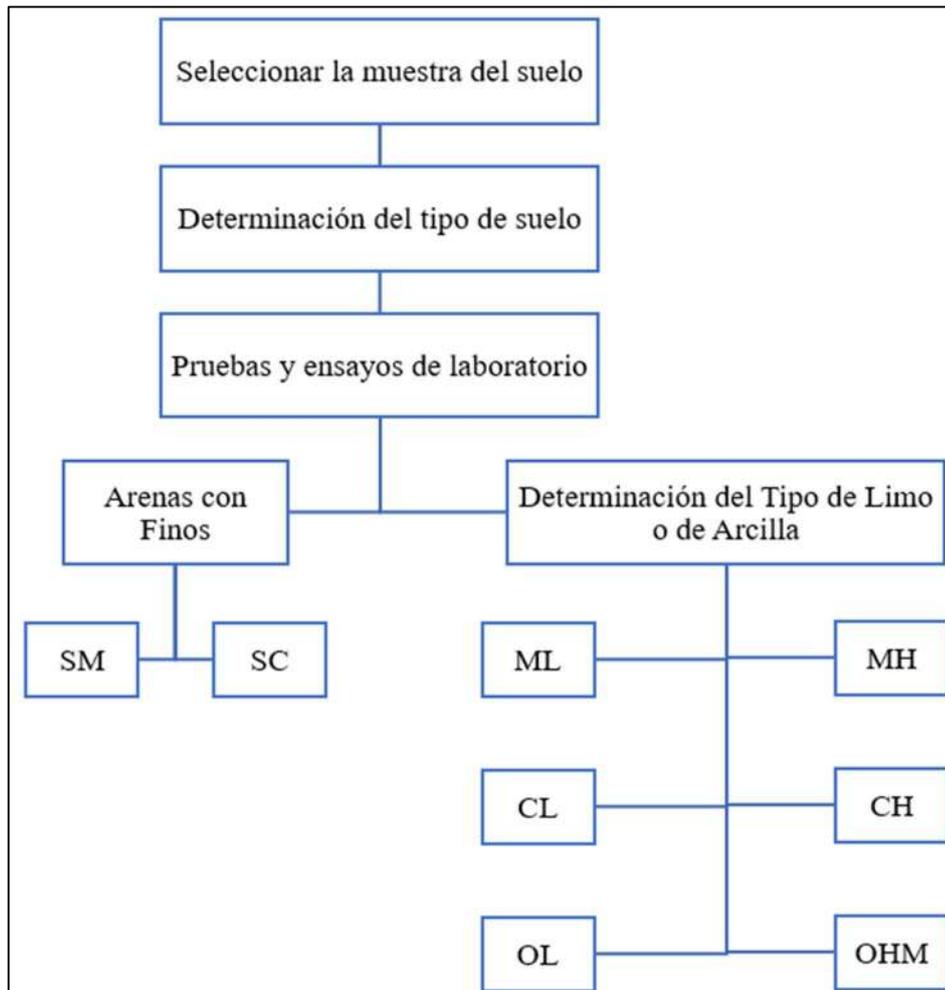
#### **2.2.7.1. Fundamentos para la estabilización**

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2018), las vías clasificadas en tercera clase poseen un IMDA por debajo de 400 veh/día, para una calzada con un ancho de 3 metros como mínimo, sin embargo, hay excepciones con vías de ancho de 2.50 m. Las soluciones para estas carreteras pueden ser económicas que pueden consistir en la utilización de aditivos estabilizantes como suelos, emulsiones asfálticas, micro pavimentos, para afirmados o en superficies de rodaduras. Se tiene de conocimiento que, para mejorar las características del suelo, como por ejemplo su resistencia, permeabilidad, compresibilidad o durabilidad quizás entre las más importantes cuando se intenta estabilizar el suelo. Cuando se toma en cuenta el agente estabilizador para optimizar las características del suelo, se realizan ensayos para comprobar si sus propiedades mejoran.

#### **2.2.7.2. Criterios para seleccionar estabilizadores de suelo**

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, va depender de las características del material granular para saber si se va utilizar o no estabilizante, este material puede venir de las excavaciones, canteras o escorias metálicas, rocas trituradas, gravas para estar conformado por una combinación de materiales de diferentes procedencias, así mismo se pueden utilizar estos materiales de diferente manera, según los criterios geotécnicos que se tienen, como se puede observar en la Figura 2.1:

**Figura 4.** Proceso para la Identificación del Tipo del suelo

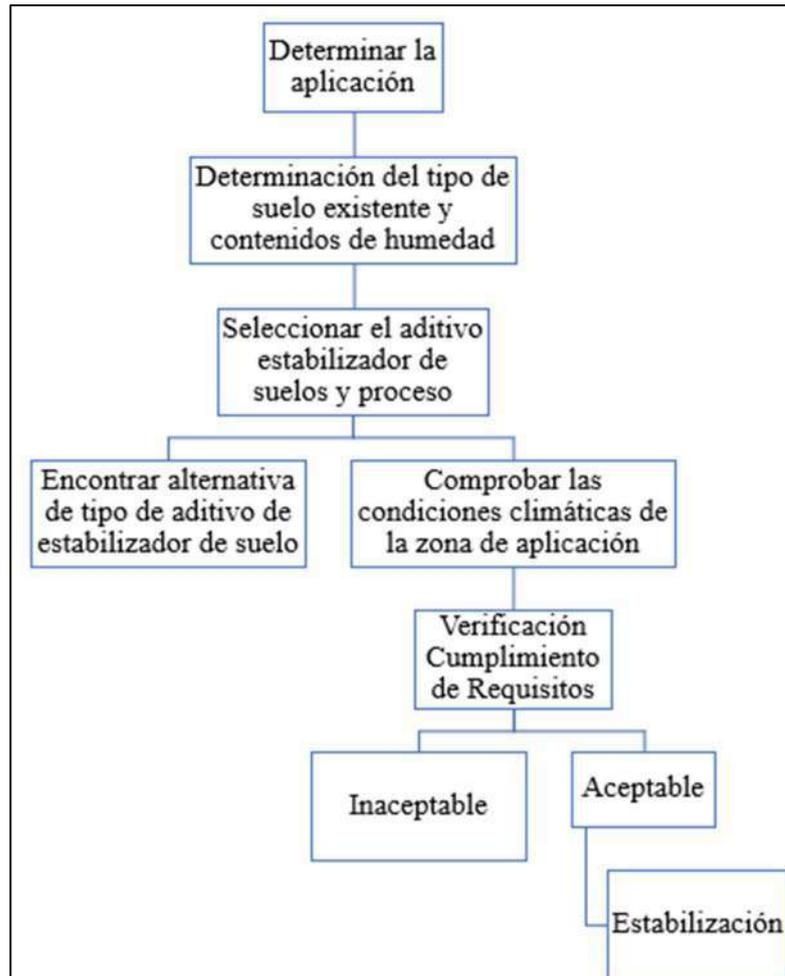


Fuente: MTC (2018)

Se tiene que considerar ciertos parámetros para elegir la metodología más conveniente para la estabilización:

- Características del suelo
- Uso del suelo a estabilizar
- Características del agente estabilizador
- Antecedentes de la utilización del estabilizante
- Conocer la disposición del aditivo
- Tener en cuenta los equipos a emplear
- Tener en cuenta los diferentes costos

*Figura 5. Proceso de selección del tipo de Estabilización*



Fuente: MTC (2018)

### 2.2.8. Métodos de Estabilización

Según el manual de carreteras en suelos, geología, geotecnia y pavimentos se puede considerar varios métodos para estabilizar los suelos, que se explican a continuación:

#### A. Estabilización mecánica de suelos

Esta metodología se fundamenta a la compactación del suelo disminuyendo los vacíos tratando de no modificar la estructura y la composición del suelo.

#### B. Estabilización por combinación de suelos

La estabilización mediante combinación de suelos, según estos términos se refiere a la mezcla de suelos existentes mediante materiales de préstamo

que optimizan las características del suelo dentro del cumplimiento del Manual de Carreteras y las especificaciones técnicas.

### **C. Estabilización por sustitución de los suelos**

Este método es utilizado para el mejoramiento de la subrasante con la adición de material, por ello se pueden presentar dos casos, en primer lugar, la capa se construye directamente sobre el suelo natural que existe o haya sido excavado y reemplazado con material adicionado.

### **D. Estabilización física**

Este tipo de estabilización requiere de ensayos como la granulometría, cohesión del ligante y la determinación del óptimo contenido de agua con el objetivo de mantener la muestra adecuadamente protegida de su superficie. (HERMOSILLA DELLAROSSA, 2013)

De acuerdo a la granulometría las gravas y arenas poseen una alta fricción interna lo cual hace que puedan soportar mayores esfuerzos, sin embargo, este parámetro no le brinda estabilidad y firmeza a una carretera por lo que al no poseer cohesión las partículas se desplazan sin obstáculos por lo que al transitar vehículos estos se pueden disgregar y fallar respecto a la vida útil. (VALLE AREAS, 2010)

### **E. Estabilización química**

Cuando se estabiliza químicamente los suelos se utiliza tecnología fundamentada en la aplicación de un aditivo químico, por lo general se denomina estabilizante químico, para utilizarlo adecuadamente el suelo se debe combinar de forma homogénea y curar el suelo siguiendo las especificaciones del producto (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2018).

El aditivo químico reacciona en presencia de los minerales y la fracción fina del suelo. Se trata de lograr la cohesión del suelo mediante un ligante hidráulico, así también se necesita impermeabilizar el suelo tratado (HERMOSILLA DELLAROSSA, 2013). Para la estabilización química se considera lo siguiente:

- Estabilización del suelo con cemento portland

- Estabilización del suelo con cal hidratada
- Estabilización de suelos mediante sales
- Estabilización de suelos mediante capas de suelo estabilizado con cloruro de sodio, cloruro de magnesio y cloruro de calcio.

## **2.2.9. Estabilización con Cemento Portland**

### **2.2.9.1. Cemento Portland**

Es un material compuesto de partículas finas comúnmente compuesta por yeso que le brinda la propiedad de formar una pasta que al contacto con el agua y posteriormente con el aire se endurece. De uso masivo cuya utilidad principal es de adhesivo. También es empleado en la estabilización de suelos arcillosos y arenosos, debido a que reduce el valor del límite líquido, incrementa el índice de plasticidad, así como la trabajabilidad de suelos arcilloso. Se mejora la resistencia y fuerza con el curado. Cuando se realiza la estabilización del suelo con cemento brinda buenos resultados para materiales arcillosos siempre y cuando el límite está entre 45 y 50 o menos, así también el índice de plasticidad debe estar por debajo de 25. (DAS, 2019)

Actualmente se elabora el cemento portland según las especificaciones del proyecto, además deben de cumplir con los estándares de calidad según la normativa del país correspondiente. Para nuestro país el organismo encargado de regular las especificaciones es la INACAL mediante normas técnicas, para el caso de cementos es la NTP 334.009, y a nivel internacional ASTM brinda esas especificaciones para este caso en la norma ASTM C150, por lo que se puede mencionar que se tiene principalmente 5 tipos de cementos, que son:

#### **- Cemento Portland Tipo I**

Es de utilización masiva ya que no posee características especiales. Este cemento se puede emplear en la elaboración de pavimentos, puentes, embalses y unidades de mampostería, así como insumos prefabricados. (CEMEX, 2019)

- **Cemento Portland Tipo II**

Su utilización se fundamenta al requerimiento de resistencias moderadas a sulfatos o cuando existan temperaturas que exijan valores de hidratación por encima de lo normal sin llegar a casos extremos. (CEMEX, 2019).

- **Cemento Portland Tipo III**

La aplicación de este tipo responde a la necesidad de conseguir una resistencia elevada inicial. Con cierto parecido al cemento tipo I, diferenciándose en la granulometría de características más finas, utilizado generalmente cuando se requiere desencofrar de manera pronta o para cuando el proyecto se requiere que esté operativa lo más antes. (CEMEX, 2019)

- **Cemento Portland Tipo IV**

Se utiliza cuando se necesita un bajo calor de hidratación. El incremento de la resistencia va lentamente respecto a otros tipos de cemento. Ideal para proyectos donde se realizan vaciados de concreto masivo y la temperatura es elevada por lo cual debe ser disminuida. (CEMEX, 2019).

- **Cemento Portland Tipo V**

Comúnmente utilizado cuando se requiere resistencias elevadas en presencia de sulfatos por lo que la composición del cemento debe variar respecto al aluminato tricálcico manteniendo su concentración por debajo de 5%. (CEMEX, 2019)

**Tabla 3. Requisitos químicos**

Composición Química	Método de Ensayo Aplicable	Tipo de Cemento				
		I	II	III	IV	V
Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> ), % mín.		-	20,0	-	-	-
Óxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) % máx.	NTP 334.086	-	6,0	-	-	-
Óxido Férrico (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) % máx.		-	6,0	-	6,5	-
Óxido de Magnesio (MgO) % máx.	NTP 334.086	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Trióxido de Azufre (SO <sub>3</sub> ) % máx.						
Cuando C <sub>3</sub> A ≤ 8%		3,0	3,0	3,5	2,3	2,3
Cuando C <sub>3</sub> A > 8%		3,5		4,5		
Pérdida por ignición, % máx.		3,0	3,0	3,0	2,5	2,3
Residuo insoluble, % máx.		0,75	0,75	0,75	0,75	3,0
Silicato Tricálcico (C <sub>3</sub> S) % (máx.)		-	-	-	35	-
Silicato Dicálcico (C <sub>2</sub> S) % (mín.)		-	-	-	40	-
Aluminato Tricálcico (C <sub>3</sub> S) % (máx.)		-	8	15	7	5
Aluminio-ferrito tetracálcico más dos veces el Aluminato Tricálcico (C <sub>4</sub> AF+2(C <sub>3</sub> A))) ó Solución Sólida (C <sub>4</sub> AF+C <sub>2</sub> F) máx.		-	-	-	-	25

Fuente: Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013.

**Tabla 4. Requisitos físicos**

Características	Método de Ensayo Aplicable	Tipo de Cemento				
		I	II	III	IV	V
<b>Contenido del aire de mortero, % volumen</b>	NTP 334.048					
<b>máx.</b>		12	12	12	12	12
<b>mín.</b>		-	-	-	-	-
<b>Finura Superficie Específica, (m<sup>2</sup>/kg) (Métodos alternativos)</b>						
<b>Ensayo de Turbidímetro (NTP 334.072), mín.</b>	NTP 334.072	160	-	160	160	160
<b>Ensayo de Permeabilidad (NTP 334.002), mín.</b>	NTP 334.002	280	-	280	280	280
<b>Expansión en autoclave (NTP 334.004), %, máx.</b>	NTP 334.004	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
<b>Resistencia (NTP 334.051), no menor que los valores mostrados para las edades indicadas a continuación</b>						
<b>Resistencia a la Compresión, MPa</b>	NTP 334.051					
<b>3 días</b>		12,0	10,0	24,0	-	8,0
<b>7 días</b>		19,0	17,0	24,0	-	8,0
<b>Tiempo de fraguado (Métodos alternativos)</b>						
<b>Ensayo de Gilmore (minutos)</b>						
<b>Fraguado inicial: No menos que, mín.</b>	NTP 334.056 NTP 334.006	60	60	60	60	60
<b>Fraguado final: No mayor que, mín.</b>	NTP 334.056 NTP 334.006	600	600	600	600	600
<b>Ensayo de Vicat (NTP 334.006) (minutos)</b>	NTP 334.006					
<b>Tiempo de fraguado: No menos que, mín.</b>		45	45	45	45	45
<b>Tiempo de fraguado: No mayor que, mín.</b>	NTP 334.006	375	375	375	375	375

Fuente: Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013

### 2.2.9.2. Diseño de Mezcla

Después de haber sido curado por 7 días el diseño debe responder a una resistencia de 1.8 MPa a más, así mismo la concentración de cemento se debe establecer de tal forma que al ser compactada la pérdida de peso no debe superar los límites establecidos en las especificaciones. (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2016).

**Tabla 5.** Pérdida de Testigos a Compresión

<i>Suelo por Estabilizar</i>	<i>Pérdida Máxima (%)</i>
<i>A-1; A-2-4; A-2-5; A3</i>	<i>14</i>
<i>A-2-6; A-2-7; A-4; A5</i>	<i>10</i>
<i>A-6, A-7</i>	<i>7</i>

**Fuente:** Método de Clasificación “American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)”

**Tabla 6.** Descripción de testigos

<i>Clasificación AASHTO</i>	<i>Descripción</i>
<i>A-7-5 y A-7-6</i>	<i>Materiales orgánicos y arcillosos de alta compresibilidad.</i>
<i>A-6</i>	<i>Materiales orgánicos de baja compresibilidad y limos de alta compresibilidad.</i>
<i>A-5</i>	<i>Arcillas y limos de baja compresibilidad.</i>
<i>A-4</i>	<i>Arenas Arcillosas.</i>
<i>A-3</i>	<i>Arena de pobre gradación.</i>
<i>A-2-6 y A-2-7</i>	<i>Arenas Limosas.</i>
<i>A-2-4 y A-2-5</i>	<i>Arenas Bien Gradadas.</i>
<i>A-1-b</i>	<i>Gravas de Pobre Gradación.</i>
<i>A-1-a</i>	<i>Gravas Bien Gradadas.</i>

**Fuente:** Método de Clasificación “American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)”

### **2.2.9.3. Ventajas de la estabilización con cemento**

El uso del cemento para la estabilización permite obtener una serie de ventajas técnicas y económicas:

- Prevención de deterioro prematuro de la superficie de rodadura de la carretera, Al ser un material comercial posibilita la reducción de costos.
- La estabilización con cemento brinda mayor resistencia al agua y erosión.
- El uso del cemento mejora las propiedades ligantes, adherentes y cohesivas del que conjuntamente con las propiedades mecánicas con el suelo aumenta la serviciabilidad de la carretera.
- El empleo de cemento brinda la alternativa de disminuir espesores y la opción de falla durante su vida útil.
- Cuando se estabilice el suelo con cemento este otorga una base estable y mayor resistencia estructural.

### **2.2.10. Estabilización con Cal**

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones menciona que la metodología se basa en la elaboración de varias capas de suelo con adición de cal, en base a las especificaciones y condiciones propuestas por el proyecto. (2013).

Las variaciones de cal en la estabilización de los suelos con partículas finas poseen cal hidratada con una concentración alta en  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ , óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ), así como cal dolomítica monohidratada  $[\text{Ca}(\text{OH})_2 \text{MgO}]$  y cal viva dolomítica. Cuando se requiere estabilizar el suelo las concentraciones deben estar dentro de 5 al 10%. En caso de agregarse cal a suelos arcillosos estas reaccionan mediante intercambio de cationes y floculación. En las reacciones de intercambio catiónico y de floculación y aglomeración, los cationes monovalentes en contacto con las arcillas son sustituidos por calcio en estado divalente. (DAS, 2019)

**Tabla 7.** La reacción puzolánica puede continuar por largo tiempo

Suelo	Clasificación AASHTO	0% Cal		5% Cal	
		Límite Líquido	Índice de Plasticidad	Límite Líquido	Índice de Plasticidad
<b>Bryce B</b>	A-7-6	53	29	NP	NP
<b>Cowden B</b>	A-7-6	54	33	NP	NP
<b>Drummer B</b>	A-7-6	54	31	NP	NP
<b>Huey B</b>	A-7-6	46	29	NP	NP

Fuente: Fundamentos De Ingeniería Geotécnica (Cuarta Edición) Braja M. Das.

### 2.2.10.1. Propiedades de curado de suelos estabilizados con cal

La variación de la resistencia a la compresión no confinada va de  $170 \text{ kN/m}^2$  a  $2100 \text{ kN/m}^2$  cuando el suelo contiene granos finos que han sido compactados a un óptimo contenido de humedad. A una concentración de cal de 3 a 5%, siendo curado por 28 días la resistencia a la compresión no confinada puede aumentar desde  $700 \text{ kN/m}^2$  a más. (DAS, 2019).

### 2.2.10.2. Resistencia a la Tracción

Se puede mencionar que, mediante la estabilización con cal, la resistencia a la tracción de partículas finas incrementa.

Para el parámetro de Poisson en los suelos estabilizados con cal a una concentración de 5% va de 0.08 a 0.12, con un nivel de tensión de 25% de la resistencia final a la compresión. También se incrementará de 0.27 a 0.37 (con un promedio de 0.31), y la resistencia a la compresión final aumenta de 50 a 75%.

### 2.2.10.3. Estabilización con cal en campo

Para estabilizar el suelo con cal se tiene tres formas de hacerlo:

- El tratamiento se puede realizar en campo, la mezcla con la concentración adecuada de cal puede compactarse luego de adicionar agua.

- También el suelo puede ser previamente tratado con la cal en planta y luego trasladado a obra.
- La solución de cal puede ser introducida a una profundidad de 4 a 5 m. La proporción adecuada para la preparación de la solución es de 1.13 kg de cal por 1 galón de agua. (DAS, 2019).

Cuando se realiza la adición de cal hidratada en suelos arcillosos los parámetros como el límite plástico se incrementan por lo tanto la fase plástica cambia a solida asumiendo un secado; además se puede utilizar una cantidad de cal para adicionar al material saturado y obras con malas condicione para mejorar las características del suelo y optimizar costos. Se emplearon los diferentes tipos de cal para pozos de perforación que poseen diámetros de 100 a 150 mm en la estabilización de Subbase y pendientes. Los agujeros perforados se rellenan con cal viva. (DAS, 2019)

#### **2.2.10.4. Propiedades físicas de la Cal**

- **Finura:** Este factor influye en el proceso de aglomeración, transporte y combinación con el suelo. El óxido de calcio en contacto con agua crea hidróxido de calcio, por lo que se produce partículas más finas que influncian la reactividad de la cal.
- **Color:** Respecto al color es comúnmente blanco, puede ser gris y en una variación puede ser rojizo debido al óxido de hierro.
- **Densidad:** Es importante tener en cuenta la temperatura del proceso de calcinación, ya que influye en la variación de la densidad de la cal.
- **Dureza:** Esta característica varía desde una condición de muy blanda hasta la misma dureza que posee la piedra original, que va en relación a la temperatura de calcinación.
- **Porosidad:** esta propiedad va en relación a la naturaleza de la caliza y los factores de calcinación, y varia la actividad química de la sustancia.

- **Plasticidad:** se define como la propiedad por la cual una muestra calcárea modifica su forma al ser presionada sin generar la ruptura.

Para el tamaño de las partículas de cal viva que vendría ser una 1.0” (24.4 mm) del tamiz, se va utilizar la cal viva para la estabilización y deberá estar a 30°C como máximo en un tiempo de 20 min, y esto se puede medir mediante el método C 110. Para el caso de los residuos de cal viva en la estabilización de suelos deben estar por debajo del 10% que se puede medir con el método de ensayo C110 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2018).

#### 2.2.10.5. Características y propiedades químicas de la Cal

- **Contenido en óxido de calcio (CaO):** Se encuentra en forma de óxido (CaO) dentro de la cal viva, también se encuentra en forma de cal hidratada  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .
- **Contenido de óxido de magnesio (MgO):** El comportamiento de este compuesto es similar al óxido de calcio (CaO). Se puede encontrar en forma de óxido como (MgO) y como hidróxido en  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .
- **Reactividad de la cal viva:** La reacción producida de carácter exotérmico de CaO y  $\text{H}_2\text{O}$  producida cal viva, hay otras sustancias como el carbonato cálcico y magnesio se pueden evaluar a través del  $\text{CO}_2$  de la cal.
- **Reactividad de la cal con agua:** La reacción generada de la cal en contacto con el agua es bastante agresiva con desprendimiento de calor y se forma hidróxido de calcio, este proceso es también denominada como apagado de cal.
- **Re carbonatación:** En este proceso la humedad del aire actúa como catalizador en la reacción del óxido de calcio y  $\text{CO}_2$  del aire. La reacción se genera por medio de la formación de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  que luego va reaccionar con  $\text{CO}_2$ .

“La cal viva y cal hidratada para la estabilización de suelos deberán cumplir con la siguiente composición química” (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2018)

- El calcio y oxido de magnesio, en una base sin volatilidad con valor mínima de 90,0 %.
- La concentración máxima del CO<sub>2</sub> en la fabricación debe ser como máximo 5,0 %
- La humedad libre en el punto de fabricación debe ser como máximo un 2,0 %.

#### **2.2.10.6. Ventajas de la estabilización con cal**

Las ventajas que se tienen por la utilización de la cal viva son las siguientes:

- El empleo de los suelos utilizados previamente en la vía, disminuyendo la cantidad de material de préstamo, así como los costes del movimiento de tierras, específicamente para el acarreo de materiales y el periodo de ejecución.
- Se tiene la posibilidad de ejecutarlo en menos tiempo, esto viene determinado por la velocidad de reacción al combinar suelo y cal y el efecto de secado que se produce. El efecto del CaO seca rápidamente el suelo haciendo más fácil su compactación.
- La utilización del óxido de calcio como aditivo químico para estabilizar el suelo ocasiona el incremento de la resistencia del suelo, también incrementa la resistencia a la tracción y a la flexión. Esto permite disminuir el espesor y a posibilidad de falla.
- A diferencia de otros aglutinantes, la estabilización con cal es que no fragua rápidamente, lo que posibilita flexibilidad en la organización de en las diferentes etapas de ejecución: como la mezcla, extendido, compactación, etc.
- Cuando se estabiliza una capa de soporte se vuelve impermeable al agua e incrementando su resistencia al tránsito que admite su

tiempo de vida, y disminuye los costos de construcción, preservación y manutención.

## **2.2.11. Propiedades del Suelo**

### **2.2.11.1. Humedad Natural**

La utilidad de la humedad natural como una propiedad física es más relevante para la ejecución de carreteras, debido a que la resistencia del suelo de la subrasante, respecto a los finos, se encuentra influenciada dentro de la humedad y densidad de suelos. La relación gravimétrica expresada en porcentaje entre el peso de agua y el peso seco del suelo, se denomina humedad natural. (DAS, 2019).

### **2.2.11.2. Compacidad del Suelo**

Se puede definir como el grado de compactación de un suelo así mismo es un parámetro relevante para proyectos de carreteras, terraplenes y cualquier relleno debido a que se relaciona con la resistencia, deformabilidad y estabilidad y su consolidación para evitar asentamiento

### **2.2.11.3. Resistencia del Suelo**

La resistencia del suelo es un factor importante dentro del comportamiento mecánico del suelo, ya que los parámetros antes definidos tienen el objetivo de brindar más estabilización mecánica al suelo, con la finalidad de transmitir de manera uniforme y consecutivamente para evitar los asientos excesivos. Cuando se requiere conocer el valor de la resistencia del suelo en obras, por lo general se suele emplear el ensayo para determinar la capacidad portante (DAS, 2019).

## 2.2.12. Ensayos

### 2.2.12.1. Análisis Granulométrico

Cuando se requiere saber los porcentajes y el tamaño de partículas que se retienen o pasan mediante los tamices se suele utilizar este ensayo. Comúnmente se utiliza en vías ya que la buena gradación del suelo es necesaria para la compactación, debido a que las partículas finas ocupen los espacios que dejan las partículas de mayor tamaño con la finalidad de encontrar estabilidad y una buena capacidad portante. (DAS, 2019).

**Tabla 8.** Clasificación de Suelos según tamaño de partículas.

Tipo	Denominación	Tamaño de las partículas	
Suelos Granulares	Grava	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.	
Suelos Cohesivos	Material fino	Limo	0.075 mm. - 0.005 mm.
		Arcilla	Menor a 0.005 mm.

**Fuente:** American Association of State Highway and Transportation Officials – ASHTOO

### 2.2.12.2. Contenido de Humedad

Se expresa como la relación en porcentaje de la masa de agua dentro de una muestra de suelo.

La humedad en el suelo se conoce como la cantidad del agua en la muestra y es la relación de la masa del agua respecto a la masa de las partículas sólidas para un volumen de suelos. (DAS, 2019).

También conocida como la determinación del agua eliminada, mediante un proceso de secado al horno controlado a 110°C a una variación controlada de más 5°C y menos 5°C. La pérdida de masa debido al secado es determinada como masa del agua. (DAS, 2019).

### 2.2.12.3. Limite Liquido

De acuerdo al MTC, en su manual de ensayos de materiales especifica: “Es la cantidad de agua del material, que se expresa en porcentaje, donde hallamos los límites en medio del estado plástico y líquido” (2017)

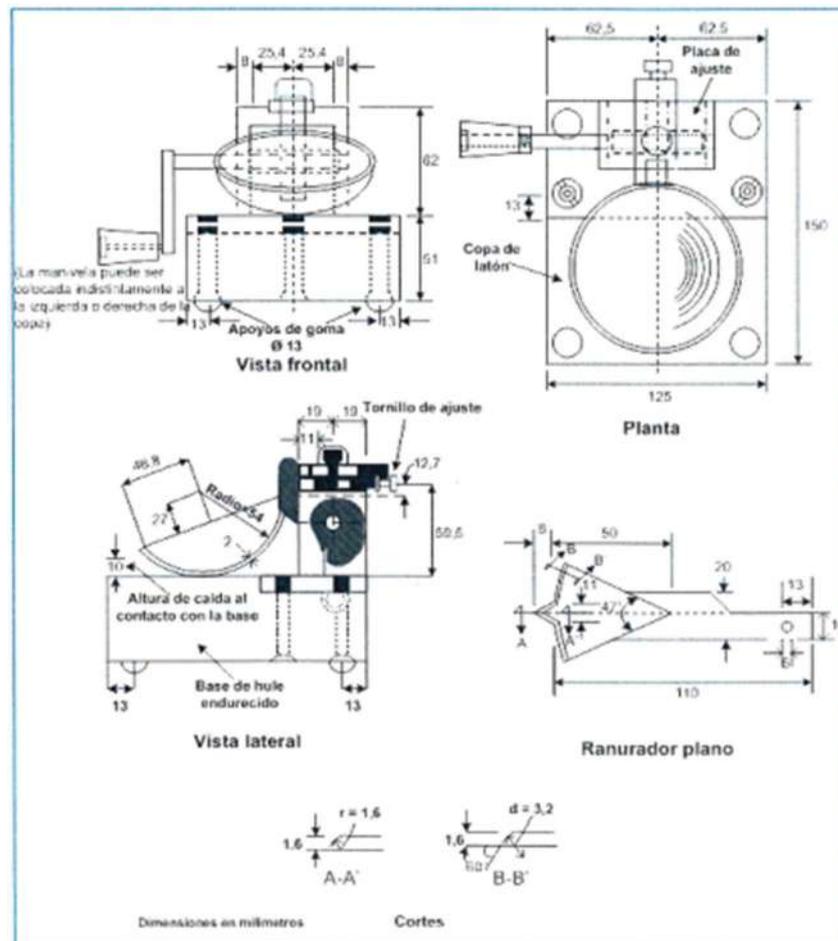
#### **2.2.12.4. Muestra**

Se recibe una fracción de la muestra en total, con la cual se proporciona de 150g a 200g del material que pasa por el tamiz 425 um (N° 40). Estas muestras son reducidas al realizarse el método de cuarteo o también llamada división de muestras. Las muestras obtenidas se mezclan en un recipiente, en su totalidad con una espátula, o cuchara en la cual se obtiene una fracción de la muestra total en la cual se va extraer dos veces con la espátula o cuchara (MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIAL, 2017)

#### **2.2.12.5. Procedimiento**

En el ensayo de límite líquido, se coloca la muestra del suelo ya trabajable en la copa Casagrande luego con la espátula esparcirlo por la copa, después con la herramienta para ranura, con este se desplaza por el medio generando un corte en la muestra suelo. Luego empezamos manejando la copa con la manivela y esta tendrá una elevación de 10 mm dejándose caer de esta altura. La cantidad de agua que encontramos en el material, que se expresa en porcentaje, será indispensable para hacer que el espacio creado (12.7mm) se reduzca en la parte inferior de la copa a lo largo de los golpes, después de 25 golpes se define como el límite líquido. (DAS, 2019)

**Figura 6. Herramienta manual para Límite Líquido**



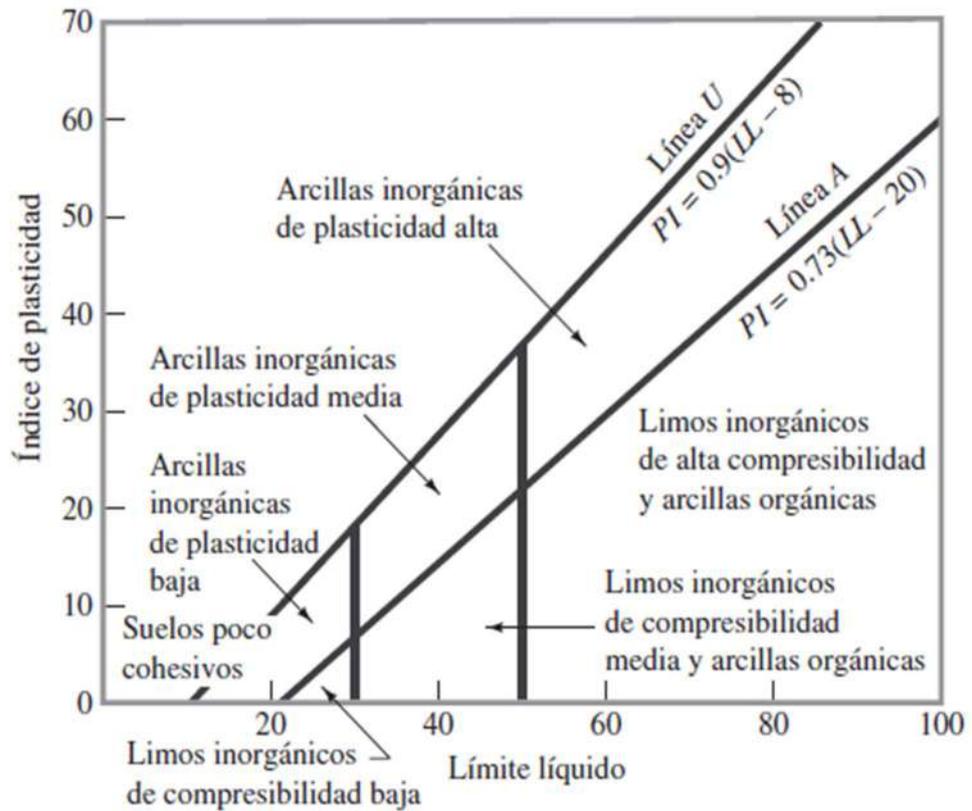
Fuente: Manuel Ensayo de Materiales - MTC.

### 2.2.12.6. Límite Plástico (L.P) e Índice de Plasticidad (I.P)

#### - Límite Plástico

En este caso vemos el contenido de agua en el suelo, pero en un porcentaje, en que la muestra se enrolla en hilos estos deben tener un diámetro de 3.2 mm y se tienen que fisurar delicadamente. El límite plástico es el límite inferior del escenario plástico del suelo. La prueba es siempre y se realiza mediante rodados repetidos por parte de una masa de tierra de tamaño elipsoidal sobre una placa de vidrio esmerilado. (DAS, 2019)

**Figura 7. Carta de plasticidad**



**Fuente:** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2013 (Casagrande, 1932)

### - Índice de Plasticidad

El índice de plasticidad se obtiene con la diferencia del límite líquido y el límite plástico, este es el de contenido de humedad, el cual un suelo se comporta plásticamente.

#### 2.2.12.7. Proctor Modificado

Aquí se ve el procedimiento de compresión que se usa en la sala de investigación, así verificaremos la relación entre el Peso unitario seco y Contenido de agua compactados en un molde de 101.6 o 152.4mm de grosor con un pisón de 44,5 N que cae de una altura de 457mm. Efectuando una Energía de Compactación de 2700kN-m/m<sup>3</sup>. (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2017)

Este método se realizará sólo para aquellos que tengan menos o igual al 30% de masa obtenida del retenido en el tamiz (3/4 pulg).

Estos métodos necesitarán 3 de las cuales utilizaremos y especificaremos cada material que ensayamos. Si este no se especifica tendremos que seleccionar según la gradación del material.(MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2017)

La masa que se requiere para el Método A y B será aproximadamente 16 kg para el Método C es aproximadamente 29 kg de suelo seco. Ya que, debido a estola muestra de campo tendrá una masa húmeda de 23kg y 45kg respectivamente. (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2017)

Determinar el porcentaje del material que se retiene en la malla 4,75 mm (N° 4), 9,5 mm (3/8 pulg) o 19,0 mm (3/4 pulg) para elegir el Método A, B o C. Realizar esta determinación separando una fracción representativa de la muestra total y analizar los porcentajes que pasan las mallas de interés mediante el Método de Análisis por tamizado de Agregado Grueso y Fino. Solo se necesita para calcular los porcentajes para un tamiz o tamices de las cuales la información que se desea. (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2017).

#### **A. Método “A”**

- Molde: 4 pulg de grosor.
- Material: Se utiliza el pasante del tamiz N°4
- Número de Capas: 5 capas
- Golpes por Capa: 25 golpes
- Uso: Cuando menos o igual al 20% del peso del material que retiene en el tamiz N°4
- Otros Usos: Si el método no se especifica los materiales que cumplen estos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando el método B o C.

**Figura 8. Molde Cilíndrico de 4,0 pulg (Método “A”).**

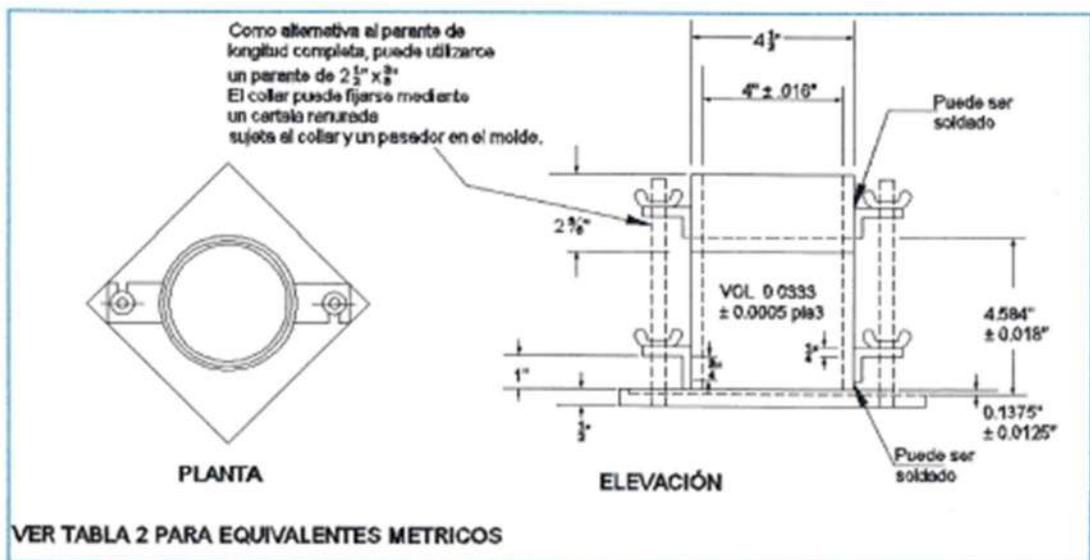


Fuente: Manual Ensayo de Materiales – MTC.

### B. Método “B”

- Molde: 4 pulg de grosor.
- Material: Se utiliza el que pasa por el tamiz 3/8 pulg.
- Número de Capas: 5 capas
- Golpes por Capa: 25 golpes
- Uso: Cuando más del 20% de la masa del material permanece en el tamiz N°4 y 20% o menos de peso del material permanece en el tamiz 3/8 pulg
- Otros Usos: Si el método no es detallado y los materiales entran en la exigencia de gradación pueden ser ensayados utilizando Método C.

**Figura 9. Molde Cilíndrico de 4,0 pulg (Método “B”).**

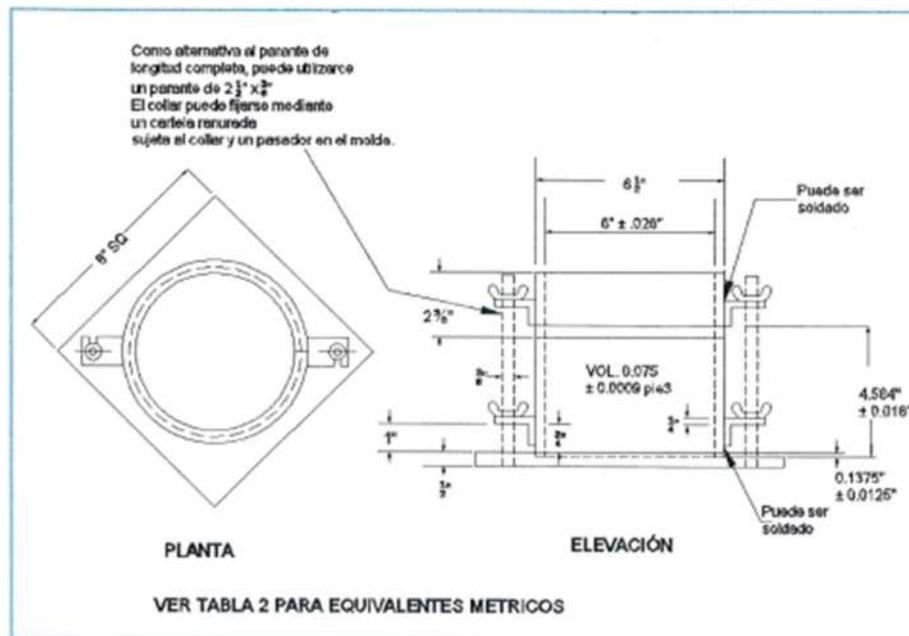


Fuente: Manual Ensayo de Materiales – MTC.

### C. Método “C”

- Molde: 6 pulg de diámetro.
- Material: Se utiliza el que pasa por el tamiz 3/4 pulg
- Número de Capas: 5 capas
- Golpes por Capa: 56 capas
- Uso: Cuando más del 20% de la masa del material permanece que en el tamiz 3/8 pulg y menos de 30% en peso sigue permanece en el tamiz 3/4 pulg
- El molde de 6 pulg de grosor no se utilizará en los métodos A o B.

**Figura 10. Molde Cilíndrico de 6,0 pulg (Método “C”)**



Fuente: Manual Ensayo de Materiales – MTC.

“El crecimiento de la tecnología con los rodillos pesados en su utilización en la compactación de campo, el ensayo de Proctor Estándar fue cambiada para interpretar mejor las adaptaciones de campo” (DAS, 2019)

La correspondencia entre la cantidad de agua y la densidad seca del suelo(compactado), es de suma importancia. Por ende, este artículo tiene como objetivo determinar el óptimo contenido de humedad para muestras de suelo (DAS, 2019).

Hay dos variantes de esta prueba, supervisor modificado y supervisor estándar. La eficacia con la que se compactara la principal diferencia entre los dos. La

modificada es evolución racional de Proctor estándar, debido a exigencia de tener más máquinas para la compactación. En vista del incremento de la carga por eje soportada por el vehículo. (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2017)

Conforme al trabajo de compresión incrementa el resultado del ensayo Proctor modificado será el incremento de la masa unitaria seca máxima del suelo. Este incremento de la masa unitaria seca máxima se aprecia una reducción del contenido de humedad. (DAS, 2019)

**Figura 11. Especificación de la prueba Proctor Modificado**

Elemento	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	101.6 mm	101.6 mm	152.4 mm
Volumen del molde	943.3 cm <sup>3</sup>	943.3 cm <sup>3</sup>	2124 cm <sup>3</sup>
Peso del martillo	24.4 N	24.4 N	24.4 N
Altura de la caída del martillo	304.8 mm	304.8 mm	304.8 mm
Número de golpes de martillo por capa de suelo	25	25	56
Número de capas de compactación	3	3	3
Energía de compactación	591.3 kN-m/m <sup>3</sup>	591.3 kN-m/m <sup>3</sup>	591.3 kN-m/m <sup>3</sup>
Suelo utilizado	Porción que pasa el tamiz núm. 4 (4.57 mm). Puede ser utilizada si 20% o menos del peso de material es retenido en el tamiz núm. 4	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz núm. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es retenido en el tamiz de 9.5 mm.	Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% del peso es retenido en el tamiz de 19 mm.

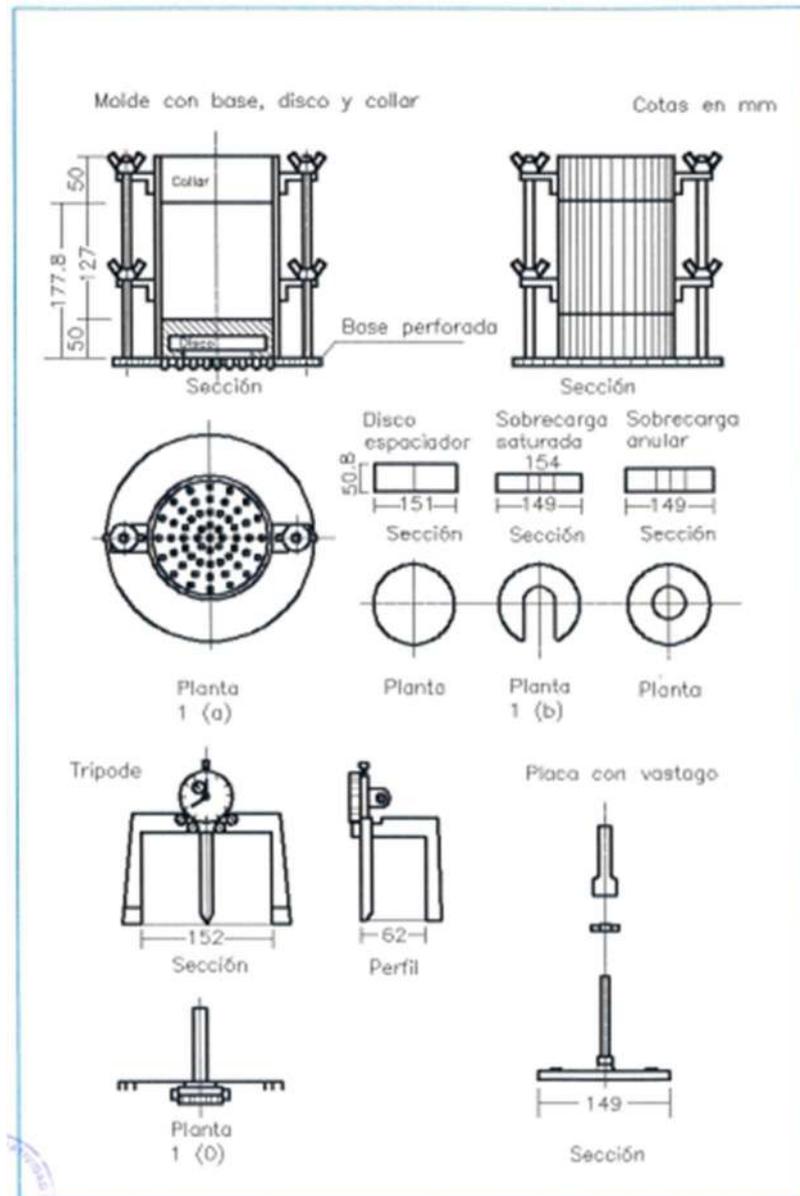
**Fuente:** Especificaciones de la prueba Proctor modificado (Basadas en la Norma ASTM 698)

### 2.2.12.8. CBR

La facultad que lleva un material se verá como el peso que soportar el peso o carga que se le asigne para así verificar si este es apto o no al peso que se le asigna sin que este cree superficies desniveladas. Para poder establecer la capacidad portante del suelo es el indicador CBR, el cual es el más utilizado, la primera vez que llegaron a utilizar fue en California. La iniciativa de todo esto se realiza en el laboratorio por medio del MTC E 132. Después de se clasifica el material tanto como AASHTO y por el sistema s SUCS, para esta vía se determinará un perfil estratigráfico en cada tramo, por el cual se alcanzará determinar con más exactitud al determinar el CBR, el cual será a un 95% de su máxima densidad seca y un empuje de 2.54mm. Después de tener los valores del CBR de diseño lo organizaremos por cada tramo o sector que este corresponda.

Este método de se evaluó el ensayó de resistencia a la subrasante, sub-base incluyendo el material base así mismo materiales reciclados que se usa en campos de aterrizaje y pavimentos de vías. El resultado del CBR que se obtiene con la prueba forma una parte de varios diseños de pavimentos flexible las cuales son materiales cementos y no cementados. Los criterios al preparar el material previsto los cuales alcanzan la dureza con el pasar de los días deberán tener una prueba geotécnica. Este será guiado por un profesional capacitado, y después estos materiales se curarán eficazmente hasta realizar de las pruebas correspondientes para demostrar que están en aptas condiciones largo plazo. (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2017).

**Figura 12. Molde de CBR**



Fuente: Manual Ensayo de Materiales – MTC.

**- Muestra**

Esta es modificada para estar apta y la muestra para la comprensión está realizada según los procedimientos que se da en los métodos para la compactación de un molde de 152,4 mm (6”) excepto por lo siguiente: (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2017).

La totalidad de la muestra pasa el tamiz de ¾ pulg, toda progresión se utiliza para que las muestras se puedan compactar sin que estas

cambien. tamiz de  $\frac{3}{4}$  pulg de pulgada (19 mm) y que también se retiene en el tamiz N° 04 obteniendo de esta muestra, separaciones, que fueron usadas para ensayos (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2017).

**Figura 13.** Categoría de la subrasante

<b>Categoría de Subrasante</b>	<b>CBR</b>
Subrasante inadecuada	CBR < 3%
Subrasante pobre	3% ≤ CBR < 6%
Subrasante regular	6% ≤ CBR < 10%
Subrasante buena	10% ≤ CBR < 20%
Subrasante Muy buena	20% ≤ CBR < 30%
Subrasante excelente	CBR ≥ 30%

**Fuente:** Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

#### 2.2.12.9. Agua

Esta es una materia pulcra y libre de sustancia sosa y otras esencias toxicas. Donde el pH se mide verificando con la norma NTP339.073 que está en una medida de 5.5-8.0 y la capacidad de sulfatos, estimado como SO<sub>4</sub>, no deberá sobrepasar los 3.000 ppm. Comúnmente se emplea adecuadamente la materia pulcra y así lo utilizaremos sin la obligación de tomar las pruebas de la apreciación indicadas anteriormente. (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2013)

### 2.3. Definición de términos

#### a) Bases con presencia de bofedales

Definido como una capa de estructura de la vía que resiste al agrietamiento por fatiga a causa del tránsito de los vehículos en los cuales hay vegetación de humedales debido a que los bofedales retienen agua (FONKEN, 2014).

#### b) Cal viva

Material que se obtiene por calcinación, formado por el óxido de calcio, este material modifica el suelo plástico y de baja capacidad portante en un suelo de mejores características referente a la compactación y capacidad portante” (CALCINOR, 2020).

**c) CBR**

Según sus siglas en inglés es California Bering Radio y en español es el valor de la relación de soporte. (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2016)

**d) Cemento**

Se refiere al material proveniente de la pulverización de caliza que con adición de agua forma una pasta aglomerante que se puede endurecer tanto en el agua como en el aire (DEPARTAMENTO DE NORMALIZACIÓN, 2021).

**e) Humedad**

Porcentaje de agua en suelo o material. (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2016)

**f) Resistencia a compresión simple**

Este ensayo según el método A se requiere de un cilindro de ensayo que posee las siguientes características: con un diámetro de 101.6 mm (4.0”) y de altura 116.4 mm (4.584”). Con 1.15 de relación de altura – diámetro y para el método B se utiliza el cilindro de diámetro 71.1 mm (2.8”) y 142.2 mm (5.6”) de altura. En este caso es 2.0 la relación de altura-diámetro (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2016).

**g) Relación de humedad suelo – cemento**

Se precisa como la dependencia entre el peso unitario del suelo estabilizado y la humedad cuando se realiza la compactación (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2016).

#### **h) Relación de humedad y densidad**

Se define como la relación de la humedad y el peso unitario del suelo compactado. (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2016)

#### **i) Propiedades físicas de la cal**

Los parámetros de la cal para la estabilización de suelos tienen una finura pasante a la malla 1 in., debe tener un residuo no más del 10% y un aumento de temperatura de un mínimo de 30°C en 20 min.

#### **j) Propiedades químicas del cemento**

Se compone principalmente de silicato de calcio hidráulico cristalino y posee algunos de los siguientes elementos como son el agua, el sulfato de calcio, un 5% de piedra caliza y aditivos según convenga.

#### **k) Preparación suelo – cemento**

Se refiere al procedimiento de moldear y curar las probetas de suelo – cemento empleadas en el ensayo de compresión (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2016).

#### **l) Testigo**

Se refiere a una muestra de concreto hidráulico de características cilíndricas. (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2016)

## 2.4. Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis General

La cal viva y el cemento influyen significativamente en la evaluación de estabilización de la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021.

### 2.4.2. Hipótesis Especifica(s)

- La cal viva y el cemento influye en la resistencia a la compresión simple en la estabilización de la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés Plazapata Huancavelica 2021.
- La cal viva y el cemento contribuye en las propiedades del suelo en la estabilización de base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés Plazapata Huancavelica 2021.
- La cal viva y el cemento influye en el costo de la estabilización de base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés Plazapata Huancavelica 2021.

## 2.5. Variables

### 2.5.1. Definición Conceptual de la Variable

#### **V1: Cal viva y cemento**

Chávez & Odar (2019), define que la cal genera reacciones químicas en el suelo como cuando influye la recepción de iones de calcio debido a las partículas del suelo y esto hace que deprime su capa doble porque se produce el incremento de los cationes en el agua. Por consiguiente, define que el cemento funciona como un punto de soldadura en las partículas del suelo manteniéndolas unidas durante mucho tiempo al haber compactado.

#### **V2: Bases con presencia de bofedales**

Los bofedales generan un riesgo en el soporte de la estructura de una vía debido a la presencia de contenido de humedad en el material compuesto ya que la base es un soporte a la tendencia al agrietamiento producido por las cargas del tránsito

## 2.5.2. Definición Operacional de la Variable

Se determinó mediante sus dimensiones que se establece para la investigación entre los cuales se considera las propiedades de la cal, propiedades del cemento y la diferencia de costos de dichos materiales cementantes, que resulta ser favorable en la aplicación para la estabilización de base.

## 2.5.3. Operacionalización de la Variable

Se determina mediante sus dimensiones que se especifica para estabilizar la base iniciando en la preparación del suelo-cemento, relación de humedad suelo-cal viva y cemento, aguate a la comprensión sencilla.

**Tabla 9. Operacionalización de la variable**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA
V1: Cal viva y cemento	El cemento y la cal viva genera reacciones químicas en el suelo porque influye una fuerte recepción de iones de calcio debido a las partículas de suelo.	El cemento y la cal viva actúan como un punto de soldadura en las partículas del suelo manteniéndolas unidas durante mucho tiempo al haber compactado	D1: Propiedades de la cal	I1: Físicas I2: Químicas	Ficha técnica	Intervalo
			D2: Propiedades del cemento	I1: Físicas I2: Químicas		
			D3: Costo	I1: Precios unitario del cemento I2: Precios unitarios de cal viva	Ficha de resultados de laboratorio	
V2: Bases con presencia de bofedales	Genera riesgos con respecto al soporte de la estructura de una vía debido al mayor % de contenido de humedad.	Es un soporte a la tendencia al agrietamiento producido por las cargas del tránsito.	D1: Preparación suelo-cal viva y cemento	I1: Granulometría del suelo I2: Proporción de cemento 2%,3% y 4% I3: Proporción de cal viva 3%, 4% y 5%	Ficha de resultados de laboratorio	Intervalo
			D2: Relación de humedad suelo-cal viva y cemento	I1: CBR con 3%, 4% y 5% de cal viva I2: CBR con 2%, 3% y 4% de cemento		
			D3: Resistencia a compresión	I1: Edad de 3 días I2: Edad de 7 días		

Fuente: Elaboración Propia.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método de investigación**

Según Muñoz, manifiesta: “Este método científico es el análisis que se dio en la investigación científica, que daña todo el trayecto de la investigación y es autónomo sobre el contenido que este indaga”(2008).Por lo tanto, cada ciencia tiene sus propias características, por lo que las herramientas utilizadas en cada caso serán diferentes tanto mayor como menor.

El método empleado en este trabajo de investigación es el método científico debido a que se busca demostrar una realidad mediante métodos de ensayos y estudiar los resultados que se obtuvieron propuesto en objetivos de la investigación.

Así mismo, se usó el enfoque cuantitativo por la cual se recopila la información de los datos, para analizar, evaluar y comparar esta información con las hipótesis planteadas, también métodos particulares como la exploración y el análisis de estos procedimientos se utilizan para analizar los atributos y descripciones las cualidades y características del suceso y también a la par con trabajar las variables.

### 3.2. Tipo de Investigación

Según Carrasco, define que “el tipo de investigación aplicada trata de comprender y resolver el problema”. El tipo de investigación aplicada busca dar una respuesta objetiva a las interrogantes que tenemos para así dar a conocer o descubrir si el método es eficiente, permitiéndonos observar así estos cambios (2005).

Para la presente información se observó que el influjo de la proposición del afianzamiento con cal viva y cemento para bases con presencia de bofedales, por ende, la investigación por su naturaleza de estudio es aplicada.

Al usar el tipo de investigación aplicada observaremos que, al tener las causas de la variable, podemos modificar y experimentar, para así recopilar la información deseada mediante los análisis respectivos, obteniendo una respuesta objetiva.

### 3.3. Nivel de investigación

Según Bernal, se informa esta altura de información ayuda a poder redactar las declaraciones de las variables, y comparar las similitudes y no similitudes. Aparte de ello exponer la conducta que presenta este hecho. (2010).

En la presente investigación se emplea el nivel de profundidad descriptivo - comparativo – explicativo. El cual, se caracteriza por que se actúa directamente con el objeto de estudio permitiéndonos así describir los actos producidos en cada estudio, cuestionándonos las implicaciones que esta puede tener con los otros análisis a compararlos, para obtener la respuesta adecuada.

### 3.4. Diseño de la investigación

Según Hernández (2014), expone que el modelo experimental talvez ceñirá una única o más variables autónomas y otras únicas o más añejos por ende para observar sus efectos con otras variables la variable dependiente se mide por el efecto que le genera la variable independiente, por ello para la presente investigación se empleará el diseño de experimento puro.

GE:0<sub>1</sub> X 0<sub>2</sub>  
GC: 0<sub>3</sub> - 0<sub>4</sub>

**Donde:**

GE	:	Grupo experimental
GC	:	Grupo control
X	:	Estimulo
-	:	No se aplica estimulo
(PC- PE1- PE2..PE6)	:	Post prueba

**3.5. Población y muestra****3.5.1. Población**

De acuerdo a (VALDERRAMA APARICIO.2013), la población será “el grupo limitado o ilimitado de componentes, sujetos u objetos, que muestran cualidades o descripciones similares, irascible a ser mirados”.

En función a lo referido por el autor, la población estuvo constituido por el tramo de la Carretera Nacional PE-28D (Santa Inés - Plazapata).

**3.5.2. Muestra**

De acuerdo a (VALDERRAMA APARICIO, 2013), refiere que, si los sujetos del estudio tuvieran las mismas características, el tamaño de la muestra podría ser uno; caso contrario, debe establecerse el tamaño mayor a uno.

Por lo cual, la prueba es de tipo no probabilístico, direccionada o por pertinencia. Se efectuó la toma de las muestras a lo largo de la vía de la carretera Nacional PE-28D (Santa Inés - Plazapata), tramo (km. 128+000 al km. 134+000), distrito de Santa Ana, provincia de Huancavelica, departamento de Huancavelica.

**3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos****3.6.1. Técnicas**

De acuerdo con Vásquez. menciona que: “La destreza son aquellas que se detallan como un grupo de: recursos, medios, formas y mecanismos que se

emplea y es necesario para conservar, recopilar, ordenar todo lo recolectado y el estudio que se halla” (2011). Las técnicas de recopilación de datos fueron:

- Observación: Para poder identificar las características generales del suelo encontrado.
- Prueba de campo: Los ensayos necesarios referente a la densidad de campo del tramo en estudio.
- Pruebas de laboratorio: Los ensayos requeridos para la clasificación y evaluación de las adiciones de cal viva y cemento necesarias para el tramo en estudio.
- Descripción de procesos y de los resultados obtenidos en la tesis.

### **3.6.2. Instrumentos**

De acuerdo con (HERNANDEZ SAMPERI,2014) una herramienta es aquel componente de medida apta que se encarga de registrar datos observables que representan verdaderamente las definiciones que el investigador llega a deducir, así mismo con las variables.

En ese sentido, las herramientas de recopilación y el registro de los datos llegaron a ser las fichas de observación, las guías y los formatos respectivos para cada ensayo.

## **3.7. Procesamiento de la información**

### **3.7.1. FASE 1: Selección de materiales**

Es una etapa importante dentro de la investigación debido a que se halló la resistencia a la comprensión simple de suelos cohesivos porque este método se utiliza especialmente para los suelos cohesivos por el hecho de que este suelo carece de cohesión y así nunca se llega a formar una probeta sin encierro lateral por que se determina bajo condiciones remodeladas aplicando carga.

#### **A. Determinación del contenido de humedad del suelo**

Esta determinación del suelo consiste en determinar la masa de las partículas sólidas para lo cual los equipos usados son:

- **Horno de secado:** Este es equilibrado termostáticamente, manteniendo una temperatura de  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ , y mayormente tendría que ser uno del tipo forzado.
- **Balanzas:** La cavidad que tiene es la adecuada y posteriormente con los acercamientos de: 0.1g para muestras mayor a 200g y 0.01 para muestras inferiores a 200g.
- **Recipientes:** El material con el que fue fabricado es el adecuado ya que resiste a la corrosión y la variación de masa que tenga cuando este llega a enfriarse o calentarse continuamente también se expone a componentes de pH cambiantes y a la pulcritud.

### Procedimiento

- Selección del espécimen con la masa mínima para contenidos de humedad reportado a 1% especificado en la NTP 339.127.
- Se registra el peso de un recipiente seco y limpio.
- Se coloca el recipiente con el material húmedo en el horno.
- Secado del material en el horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C}$  de 12 a 16 horas hasta alcanzar la masa constante.

*Figura 14. Secado de la muestra a temperatura de  $110^{\circ}\text{C}$*



**Fuente:** Propia

Culminado el ensayo contenido de humedad se obtiene como resultado promedio con 6.2 % de contenido de humedad.

**Tabla 10.** Resultado de contenido de humedad de la muestra de suelo

Resultado promedio de ensayo		
Contenido de Humedad	(%)	6.2

Fuente: Propia

### B. Cuarteo de la muestra de suelo extraído

El cuarteo se realiza con el objetivo de obtener una muestra homogenizada en porciones representativas de tamaño adecuado.

**Figura 15.** Cuarteo para determinar la granulometría del suelo



Fuente: Propia

### C. Determinación del análisis granulométrico

El análisis granulométrico se determina con el objetivo de distribuir los diámetros de las partículas de la muestra de suelo mediante el tamizado y luego elaborar la curva granulométrica.

**Tabla 11.** Especificaciones para las selecciones del material para granulometría

Diámetro nominal máximo de las partículas por el tamiz 2,00mm (No.10)	Masa aproximada retenida en gramos
76.2mm (3 pulg)	5000
50,8mm(2pulg)	4000
38,1 mm (1 ½ pulg)	3000
25,4mm (1 pulg)	2000
19,0mm (3/4 pulg)	1000
9,5mm (3/8pulg)	500

**Fuente:** Método de ensayo para el análisis granulométrico (NTP 339.128)

### **Procedimiento**

Una vez obtenida la masa aproximada se procede a realizar:

- Pesado de la muestra húmeda más la tara.
- Lavado de la muestra de malla N°200.
- Secado en el horno a 110°C de 12h a 16 h.
- Pesado de la muestra seca.
- Se divide la porción conservada en los tamices 2.00mm(N°10) en una progresión de partes usando el tamiz 75mm (3pulg), 37.5mm (1 1/2 pulg), 50 mm (2pulg), 25mm(1pulg), 19mm(3/4pulg), 9.5mm(3/8pulg), 4.75mm(N°4), 2.00 mm (N°10), o las que se requieran dependiendo de cada especificación que requiera en cada material ensayado.
- El tamizado se elabora mediante un golpeteo con un desplazamiento alero y erguido del tamiz.
- Pesado de las muestras por cada tamiz retenido.

**Figura 16.** Determinación de la granulometría del suelo



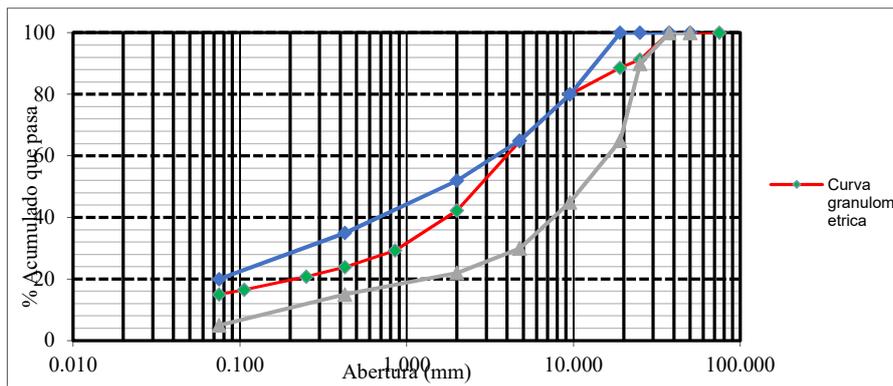
**Fuente:** Propia

**Tabla 12.** Fracciones granulométricas obtenidas del análisis granulométrico

Fracciones	Granulométricas
% Grava	35.2
% Arena	49.8
% Finos	15.0

**Fuente:** Propia

**Figura 17.** Curva granulométrica de la base



**Fuente:** Propia

#### **D. Determinación del límite líquido y límite plástico**

En este procedimiento del ensayo se realizó el tamizado con el tamiz de malla N°40 para determinar la plasticidad del suelo por el método multipunto.

##### **Procedimiento – Límite Líquido**

- Tamizado por la malla N°40 hasta adquirir una muestra de entre 150 a 200 gr.
- Preparación de la muestra se realizó agregando el agua destilada lo cual se ajustó en su contenido de agua del material para que así tenga una consistencia requerida de 25 a 35 golpes en el equipo de la copa casa grande, para poder cerrar la ranura.
- Colocado del suelo mezclado cubriendo con una bolsa hermética para que esta no pierda su contenido de humedad y puede descansar al cabo de 16 horas. Para posteriormente continuar con el ensayo, así volviendo a mezclar el suelo.
- Comprobar que no presente residuos de suelo en relación con la copa. Elevar y dejar caer la copa con ayuda del manubrio a una velocidad que varía de 1.9 a 2.1 golpes por segundo hasta que las mitades echas se lleguen a unir, a una longitud de 13mm.
- Uno de estos ensayos se efectuará a fin de un cierre que necesite de 25 a 35 golpes, otra para un cierre de 20 a 30 golpes, y un ensayo para un cierre que necesite de 15 a 25 golpes.

**Figura 18. Ensayo de limite liquido**



Fuente: Propia

**Tabla 13. Resultado del ensayo limite liquido**

<b>Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129</b>	
Límite Líquido	38

Fuente: Propia

### **Procedimiento – Límite Plástico**

- De la mezcla de 20 gr se cogió una fracción de 1,5gr a 2,0gr y se moldeó la muestra de ensayo teniendo una masa ovalada. Envolver la pasta en medio nuestra mano o también los dedos y haciendo empuje hacia un vidrio para así poder enrollar la pasta en una forma de un gusanito de grosor equitativo en toda la distancia. El gusanito deberá ser desproporcionado en cada desplazamiento hasta que su grosor sea de 3,2 mm, en menos de 2 minutos.
- Las fracciones del hilo fisurado las colocó en un contenedor de peso sabido. Tapar de inmediato el contenedor.
- Se escoge una fracción de 1,5gr a 2,0gr de suelo de la muestra primaria de 20gr.
- Rehacer el proceso descrito anteriormente hasta que el recipiente tenga no menos de 6gr.

- Repetir el procedimiento así se obtendrá otro contenedor por encima de 6gr de suelo.
- Identificar el contenido de humedad del suelo encontrado en los contenedores según el método de ensayo.

**Figura 19. Ensayo de limite plástico**



Fuente: Propia

**Tabla 14. Resultado del ensayo limite plástico e índice de plasticidad**

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Plástico	23
Índice de Plasticidad	15

Fuente: Propia

### E. Ensayo de Proctor Modificado

Se realizó con el objetivo de asignar los criterios adecuados de la compactación, a través de ellos es posible analizar, las cualidades mediante los cuales es posible estudiar y analizar las características adecuadas en el proceso de compactación de suelos.

El Proctor modificado se realizó con la energía de compactación y el número de capa dejando descender con libertad una masa de 2.5kg a una distancia

vertical de 30 cm, comprensando la muestra en 3 capas a 25 o 56 golpes, en función de la posición de la materia

**Figura 20. Ensayo de Proctor Modificado**



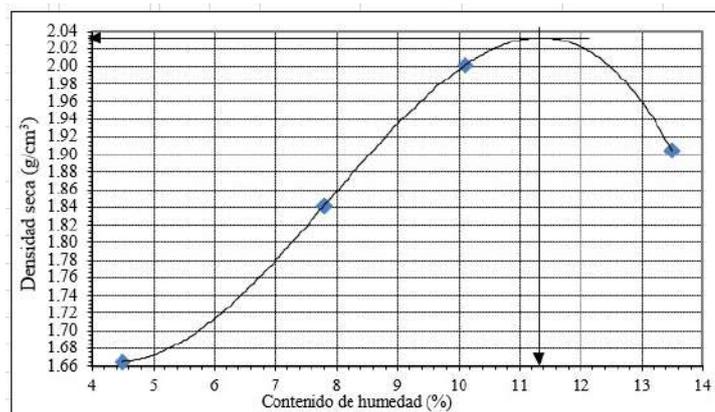
Fuente: Propia

**Tabla 15. Resultado del ensayo Proctor Modificado**  
**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en**  
**laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**

Máxima densidad seca	2.034 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	11.3 %

Fuente: Propia

**Figura 21. Curva de Proctor**



Fuente: Propia

**F. Ensayo de saturación CBR**

- Por el ensayo de penetración se hizo el uso de un embolo de forma cilíndrica con 3 pulg cuadradas de área circular y de dimensión

horizontal apto a fin de transitar por medio de las presas y profundizar el suelo.

- Mecanismo a fin de emplear peso: se emplea una compresora manual que se halla diseñando de la manera que se accede adaptar la carga a una velocidad de 0.005pulg/min. por lo general aquellos instrumentos trasladan aros graduados.

**Figura 22.** Ensayo de saturación CBR



Fuente: Propia

### G. Ensayo de penetración CBR

- Es de material metalúrgico de área transversal circular de  $49.63 \pm 0,13$  mm ( $1,954 \pm 0,005$  pulg) de dimensión, una sección de  $19.35$  cm<sup>2</sup> ( $3$  pulg<sup>2</sup>) y a una distancia precisa por efectuar el ensayo de introducción con el incremento adecuado acorde con el 3.4, pero jamás debajo  $101.6$  mm ( $4$ pulg).
- Dos discos con una trayectoria mínima de  $25$  mm ( $1$ pulg) y particiones en  $0.025$  mm ( $0.001$ pulg), uno solamente está equipado con una parte que permite medir la introducción del pistón en la muestra con el acoplamiento en la prensa.
- Un pozo, con volumen suficiente de agua para así poder sumergir los moldes.
- Horno, regulado y calificado, apto de tener una temperatura constante de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ).
- Una báscula de  $20$ kg de amplitud y la otra bascula de  $1000$  gr con susceptibilidad de  $1$ gr y  $0.1$ gr, correspondientemente.

- Tamices, de 4.76 mm (No. 4), 19.05 mm (3/4pulg) y 50,80 mm (2pulg).
- Compuesto, de una utilización común en cuarteo, combinando, capsulando, probetas, espátulas, diales de papel de filtro del espesor del molde, etc.

**Figura 23. Ensayo de penetración CBR**



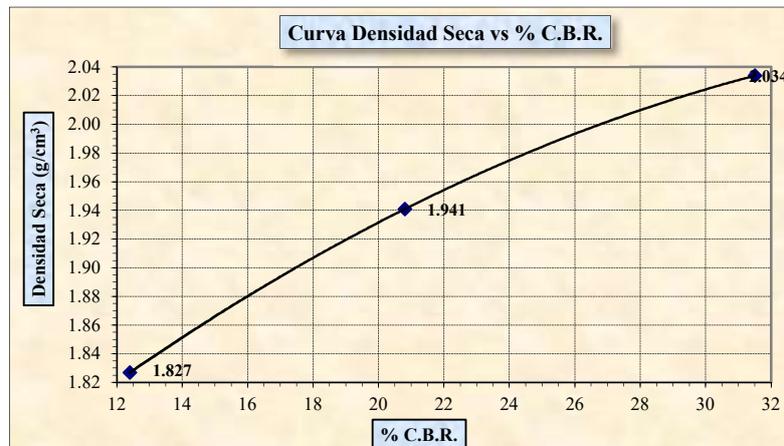
Fuente: Propia

**Tabla 16. Resultado de ensayo CBR sin estabilizar**

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S.	:	31.5%
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S.	:	19.6%

Fuente: Propia

**Tabla 17. Curva de CBR**



Fuente: Propia

### 3.7.2. FASE 2: Adición de Cal viva y cemento

#### A. Preparación de la muestra Suelo–Cemento

Los métodos son aplicados según la granulometría de la muestra del suelo lo cual el método A se aplica para la muestra pasante a la malla (No. 4) y el método B se aplica para la malla pasante a ( $\frac{3}{8}$  pulg), para la presente investigación se aplicará en el diseño el método B.

#### Procedimiento

- Separar los especímenes que representaran el suelo que llega a traspasar el tamiz  $\frac{3}{4}$  pulg.
- Secado de la muestra en la estufa a  $110^{\circ}\text{C}$  hasta obtener el peso constante.
- Adición de la porción del cemento a la muestra de suelo en un 2%, 3% y 4%.
- Compactación de la muestra preparada de suelo cemento, separado en tres capas de la misma proporción cada una a 25 golpes de martillo utilizando el ensayo Proctor estándar.
- Desencofrado de los moldes.
- Curado de los especímenes compactados con papel celofán.
- Compresión de las probetas a los 3 días y 7 días.

#### Equipos

- Molde, balanzas, estufa de secado, aparato de compactación, extractor de la probeta compactada, elementos varios, varilla compactadora, cámara húmeda.

#### Tamaño de la probeta

- El molde es de forma cilíndrica con muros firmes, elaborado de metal y cual tiene un collar que deberá ajustarse con una dimensión de aproximadamente 60 mm ( $2\frac{3}{8}$  pulg) de distancia, accesible a la ejecución de muestras compactadas de mezclas del material cemento de volumen y distancia deseada.

Los grupos de moldes y del collar tendrá la responsabilidad de fabricar de tal modo que adaptarse consistentemente a una lámina realizarse de igual material, su grosor es de 4 pulg y es parecido al del ensayo Proctor estándar.

## **B. Preparación de la muestra Suelo-Cal**

Conforme de cómo la granulometría del suelo para la disposición del suelo-cal y adaptar las muestras se aplica el mismo mecanismo del método B aplicado en la mezcla del suelo-cemento.

### **Procedimiento**

- Separar las muestras que representan el suelo al filtrar el tamiz  $\frac{3}{4}$  pulg.
- Secado de la muestra en la estufa a 110°C para adquirir una carga firme.
- Adición el cual la porción de cal viva a la muestra del suelo en un 3%, 4% y 5%.
- Compactación de la muestra preparada de suelo cal, dividido en tres capas de igual proporción a 25 golpes de martillo utilizando el ensayo Proctor estándar.
- Desencofrado de los moldes.
- Curado de los especímenes compactados con papel celofán.
- Compresión de las probetas a los 3 días y 7 días.

### **Equipos**

- Molde, balanzas, estufa de secado, aparato de compactación, extractor de la probeta compactada, elementos varios, varilla compactadora, cámara húmeda.

### **Tamaño de la probeta**

El molde es de forma cilíndrica con muros firmes, elaborado de metal y cual tiene un collar que deberá ajustarse con una dimensión de aproximadamente 60mm de altura, accediendo a la ejecución de muestras compactas de mezclas de suelo cemento de volumen y longitud deseada.

Los grupos de moldes y del collar tendrá la responsabilidad de fabricar de tal modo que adaptarse consistentemente a una lámina realizarse de igual

materia, su grosor será de 101,6 mm (4 pulg) y es parecido al del ensayo Proctor estándar.

### 3.7.3. Características físicos-químicos de la cal viva

Conocido con el nombre comercial, súper cal viva de limaduras muy finas obtenidas tras que se efectúan la obtención de las sutiles partículas producidas durante la molturación de cal viva granular que se retira de la estufa, después de la cocción a 900 - 1200 °C en horno vertical con carbonato cálcico natural (caliza), cuidadosamente seleccionado y procesado.

**Tabla 18.** *Características físicas de la cal*

<b>Parámetros de Granulometría</b>	
# de Malla	Retenido
100	5.0% máx.
200	10.5% máx.
325	14.0 % máx.
Humedad	0.2 % máx.

**Fuente:** Ficha técnica de cal viva (CALMOSACORP, 2019)

Presentación en sacos de polímero termoplástico de 25 kg, formula química, elaboración carbonato de calcio.

**Tabla 19.** *Características químicas de la cal*

<b>PARAMETROS</b>	<b>CONTROL</b>
CaO Total	61.8 % min.
CaO Aprovechable	59.0 % min.
Ca (OH) <sub>2</sub>	81.5 % min.

**Fuente:** Ficha técnica de cal viva (CALMOSACORP, 2019)

### 3.7.4. Propiedades físicos-químicos del cemento

El cemento es un portland tipo I, adquiriendo de la moledura Clinker Tipo I cuyo beneficio es que tiene una solidez mediante el tiempo que pase, de larga duración, de una muy buena facilidad de trabajo y consumado, volumen soez de álcalis, optima solidez a los agregados álcali reactivos, módica firmeza al salitre.

*Tabla 20. Propiedades físicas*

Parámetro	Unidad	Cemento Andino	Requisitos NTP-
		Premium	334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	5.08	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.01	Máximo 0.80
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	361	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.15	No especifica
<b>Resistencia a la compresión</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	274	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	340	Mínimo 194
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	116	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	285	Máximo 375

Fuente: Cemento Andino premium (UNACEM)

*Tabla 21. Propiedades químicas*

Parámetro	Unidad	Cemento Andino	Requisitos NTP-
		Premium	334.009 / ASTM C-150
MgO	%	1.93	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	2.68	Máximo 3.0
Pérdida al fuego	%	1.49	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.69	Máximo 1.5
<b>Álcalis Equivalentes</b>			
Contenido de álcalis equivalentes	%	0.47	Requisito opcional, máximo 0.60
<b>Resistencia a los Sulfatos</b>			
Resistencia al ataque de sulfatos	%	0.083	0.10 % máx. a 180 días

Fuente: Cemento Andino premium (UNACEM)

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

A fin de estudiar la información se utilizará el posterior método de análisis: Empleamos imágenes y cuadros estadísticos. Las imágenes y cuadros servirán a fin de mostrar de estructura metódica el estudio de las variables. Se utilizarán también los softwares SPSS – 25 y Excel, ya que facilitarán en analizar las referencias obtenidas con los instrumentos que se recolecto. Los estudios estadísticos que se aplicara estarán a nivel descriptivo - comparativo - explicativo.

Este proceso permite la incorporación de conocimientos e información nueva a partir del establecimiento de relaciones con otros contenidos para la obtención de una base de datos que servirá para la resolución del problema, esto mediante estudios.

#### **3.8.1. Pre campo**

- Recopilación de información.

#### **3.8.2. Campo**

- Análisis de las características de los materiales a emplear para una estabilización de suelos arenosos

#### **3.8.3. Gabinete**

- Procesamiento de datos.
- Resultados

Además, se aplica el tipo de estadística descriptivo debido a que se refiere a los métodos de recolección, organización, resumen y presentación de un conjunto de datos, por lo que en esta investigación la prueba paramétrica que se aplicó fue de ANOVA con un factor intersujeto por ser muestra de más de dos grupos, y el método de H kruskal wallis que es una prueba no paramétrica, se detalla a continuación la prueba de ANOVA y de H kruskal wallis.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1. Descripción de los resultados**

##### **4.1.1. Evaluación de la cal viva y el elemento de la estabilización de base**

Para analizar cómo influye el cemento y cal viva en la consolidación de la superficie de la calzada Santa Inés se efectuó el ensayo de densidad de campo en diferentes tramos de la vía cada 250 metros, con el fin de realizar la comparación de las densidades secas del laboratorio con los que fueron obtenidos en campo ya que relacionando los resultados de las densidades se define que tendrá una comprobación de compactación

##### **4.1.1.1. Verificación del porcentaje de compactación suelo-cemento**

A fin de saber el control de compactación de suelo-cemento se realizó densidad de campo en los 13 puntos de la carretera de santa Inés los cuales son:

- Punto N°1 Prog. 128+000 Lado derecho
- Punto N°2 Prog. 128 +250 Eje
- Punto N°3 Prog. 128 +500 Lado izquierdo
- Punto N°4 Prog. 128 +750 Eje
- Punto N°5 Prog. 129 +000 Lado derecho
- Punto N°6 Prog. 129 +250 Eje
- Punto N°7 Prog. 129 +500 Lado izquierdo

- Punto N°8 Prog. 129 +750 Eje
- Punto N°9 Prog. 130 +000 Lado derecho
- Punto N°10 Prog. 130 +250 Eje
- Punto N°11 Prog. 130 +500 Lado izquierdo
- Punto N°12 Prog. 130 +750 Eje
- Punto N°13 Prog. 131 + 000 Lado derecho

**Tabla 22.** Control de compactación suelo-cemento de punto 1 al 8

<b>Fecha de ensayo</b>	<b>sábado, 10 de Julio de 2021</b>							
<b>Datos</b>	<b>Punto N°1</b>	<b>Punto N°2</b>	<b>Punto N°3</b>	<b>Punto N°4</b>	<b>Punto N°5</b>	<b>Punto N°6</b>	<b>Punto N°7</b>	<b>Punto N°8</b>
Densidad húmeda de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2.323	2.307	2.370	2.325	2.321	2.310	2.343	2.310
Contenido de humedad en campo (%)	10.8	10.7	11.1	10.6	10.4	11.4	11.2	10.6
Densidad seca de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2.096	2.084	2.133	2.102	2.102	2.073	2.107	2.088
Máxima densidad seca de laboratorio (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.143</b>	<b>2.143</b>	<b>2.143</b>	<b>2.143</b>	<b>2.143</b>	<b>2.143</b>	<b>2.143</b>	<b>2.143</b>
Grado de Compactación (%)	<b>98</b>	<b>97</b>	<b>100</b>	<b>98</b>	<b>98</b>	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>97</b>

Fuente: Propia

**Tabla 23.** Control de compactación suelo-cemento del punto 9 al 13

<b>Fecha de ensayo</b>	<b>sábado, 10 de Julio de 2021</b>				
<b>Datos</b>	<b>Punto N°9</b>	<b>Punto N°10</b>	<b>Punto N°11</b>	<b>Punto N°12</b>	<b>Punto N°13</b>
Densidad húmeda de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2.310	2.353	2.341	2.285	2.305
Contenido de humedad en campo (%)	11.4	11.8	10.6	10.4	10.7
Densidad seca de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2.073	2.105	2.117	2.070	2.082
Máxima densidad seca laboratorio (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.143</b>	<b>2.143</b>	<b>2.143</b>	<b>2.143</b>	<b>2.143</b>
Grado de Compactación (%)	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>99</b>	<b>97</b>	<b>97</b>

Fuente: Propia

Las tablas 22 y 23, representan el grado de compactación de la vía alcanzado en campo, ya que el parámetro de compactación es de 95% al 100%, como se puede observar en su mayoría de los tramos, el grado de compactación de suelo-cemento alcanza al 98%, 99% y 100%, esto significa que el grado de compactación suelo -

cemento en los 13 puntos evaluados son óptimos y se encuentran dentro del parámetro del manual de carreteras.

#### 4.1.1.2. Verificación del porcentaje de compactación suelo-cal

A fin de saber el control de compactación de suelo-cal también se realizó densidad de campo en los 12 puntos de la carretera de santa Inés los cuales son:

- Punto N°1 Prog. 131+250 Lado derecho
- Punto N°2 Prog. 131+500 Eje
- Punto N°3 Prog. 131+750 Lado izquierdo
- Punto N°4 Prog. 132+000 Eje
- Punto N°5 Prog. 132+250 Lado derecho
- Punto N°6 Prog. 132+500 Eje
- Punto N°7 Prog. 132+750 Lado izquierdo
- Punto N°8 Prog. 133+000 Eje
- Punto N°9 Prog. 133+250 Lado derecho
- Punto N°10 Prog. 133+500 Eje
- Punto N°11 Prog. 133+750 Lado izquierdo
- Punto N°12 Prog. 134 +000 Eje

*Tabla 24. Control de compactación suelo-cal de punto 1 al 8*

Fecha de ensayo	lunes, 12 de Julio de 2021							
	Punto N°1	Punto N°2	Punto N°3	Punto N°4	Punto N°5	Punto N°6	Punto N°7	Punto N°8
Densidad húmeda de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2.276	2.266	2.301	2.274	2.282	2.342	2.270	2.290
Contenido de humedad en campo (%)	11.1	10.4	10.8	10.1	11.6	11.4	11.1	10.6
Densidad seca de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2.048	2.053	2.076	2.066	2.044	2.103	2.043	2.070
Máxima densidad seca de laboratorio (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.112</b>	<b>2.112</b>	<b>2.112</b>	<b>2.112</b>	<b>2.112</b>	<b>2.112</b>	<b>2.112</b>	<b>2.112</b>
Grado de Compactación (%)	<b>97</b>	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>98</b>	<b>97</b>	<b>100</b>	<b>97</b>	<b>98</b>

Fuente: Propia

**Tabla 25.** Control de compactación suelo-cal de punto 9 al 12

Fecha de ensayo	lunes, 12 de Julio de 2021			
	Punto N°9	Punto N°10	Punto N°11	Punto N°12
Densidad húmeda de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2.306	2.252	2.317	2.341
Contenido de humedad en campo (%)	10.4	10.2	11.8	11.4
Densidad seca de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2.088	2.043	2.072	2.101
Máxima densidad seca de laboratorio (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.112</b>	<b>2.112</b>	<b>2.112</b>	<b>2.112</b>
Grado de Compactación (%)	<b>99</b>	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>99</b>

*Fuente: Propia*

Nota. Las tablas 24 y 25, representan el grado de compactación de la carretera Santa Inés, alcanzado en campo, ya que, el parámetro para cumplir una buena compactación es de 95% al 100%, como se puede observar en su mayoría de los tramos el grado de compactación de suelo-cemento alcanza al 97% al 100%. esto significa que el grado de compactación suelo - cal en los 12 puntos evaluados son óptimos y se encuentran dentro del parámetro del manual de carreteras.

#### **4.1.2. Influencia de cal viva y el cemento en la resistencia a compresión**

##### **4.1.2.1. Resistencia a la compresión suelo-cemento**

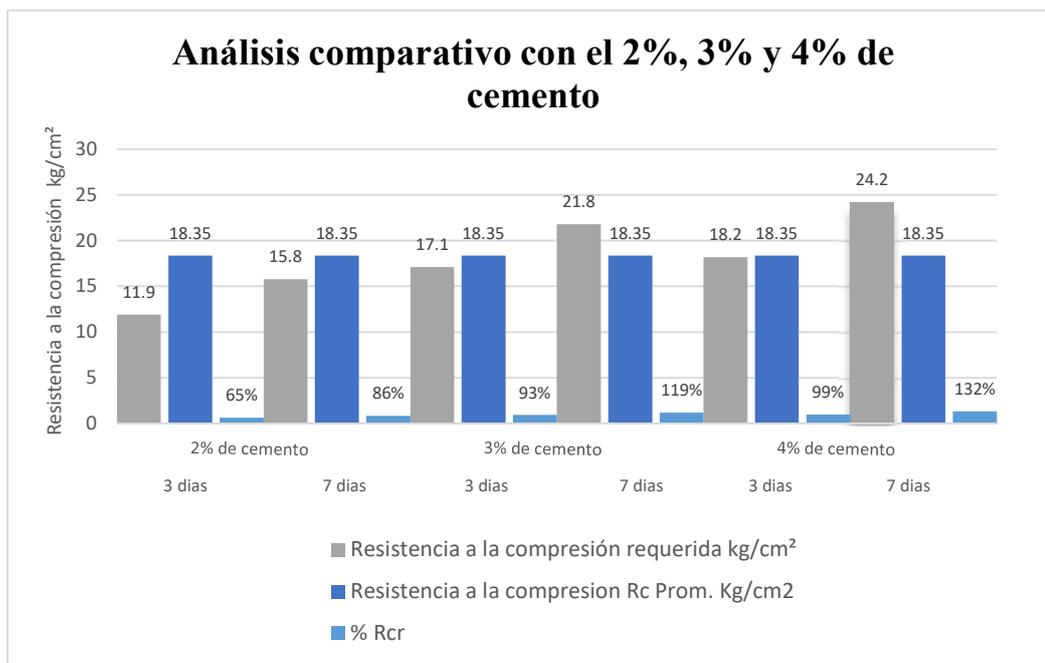
La resistencia a compresión simple se determina a las 3 muestras de 2%, 3 muestras de 3%, 3 muestras de 4% y se obtiene la resistencia el promedio de las 3 muestras después del curado de las probetas a la edad de 3 días y 7 días, según lo estipulado en el manual de carretas (EG-2013) se garantiza una solidez de por lo menos 1.8 MPa equivalente a 18.35 kg/cm<sup>2</sup> luego de 7 días de curado.

**Tabla 26.** Resistencia a compresión de probetas suelo - cemento

Tipo de suelo	% de cemento	Edad (días)	Resistencia a la compresión (Rc)					
			Resistencia a la compresión requerida kg/cm <sup>2</sup>	Rc N°1 kg/cm <sup>2</sup>	Rc N°2 kg/cm <sup>2</sup>	Rc N°3 kg/cm <sup>2</sup>	Rc Prom. kg/cm <sup>2</sup>	% Rcr
A-2-6 (0)	2%	3	18.35	11.9	12	11.9	11.9	65%
		7	18.35	15.8	16	15.7	15.8	86%
	3%	3	18.35	17.1	17.3	16.8	17.0	93%
		7	18.35	21.8	22	21.6	21.8	119%
	4%	3	18.35	18.2	18.3	18	18.2	99%
		7	18.35	24.2	24.2	24.2	24.2	132%

Fuente: Propia

**Figura 24.** Análisis comparativo de resistencia suelo-cemento



Fuente: Propia

*Nota.* En la tabla 26 y figura 24, se visualiza el porcentaje de resistencia alcanzado de las muestras de probeta, como se puede observar con el 2% de cemento no cumple con la resistencia mínima exigida por el manual de carreteras, 3% de cemento a la edad de los 3 días =17.1 kg/cm<sup>2</sup> con un porcentaje de 93% Rcr y 7 días =24.2 kg/cm<sup>2</sup> con un porcentaje de 119% Rcr por ende cumple con la resistencia mínima luego de los 7 días exigida por el manual de carreteras (EG-2013) y con el 4% de cemento a la edad de los 3 días =18.2

kg/cm<sup>2</sup> con un porcentaje de 99% Rcr y 7 días =24.2 kg/cm<sup>2</sup> con un porcentaje de 132% Rcr, cumple con la resistencia mínima exigida por el manual de carreteras (EG-2013)

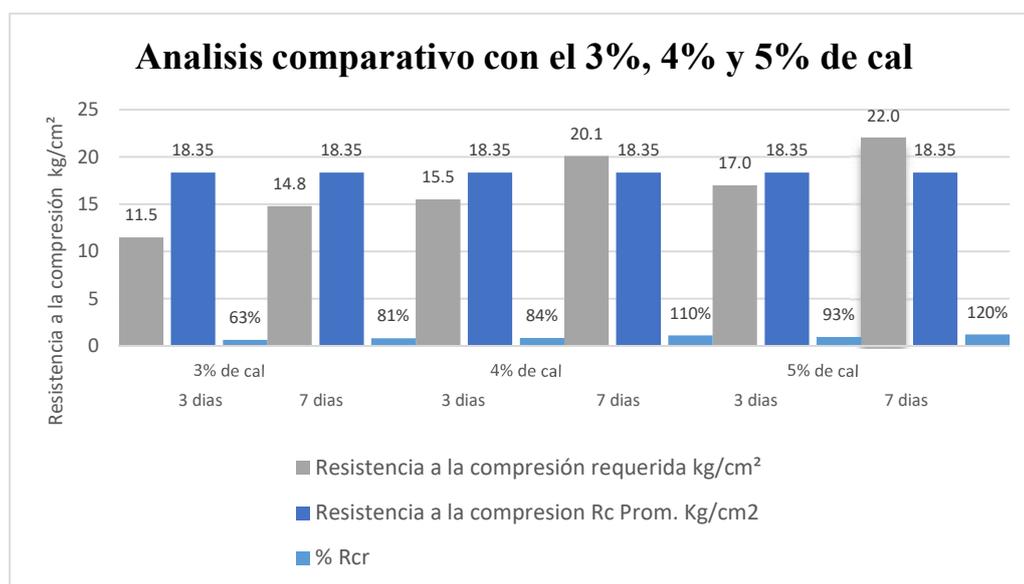
#### 4.1.2.2. Resistencia a la compresión suelo - cal

*Tabla 27. Resistencia a compresión de probetas suelo - cal*

Tipo de suelo	% de cal	Edad (días)	Resistencia a	Resistencia a la compresión (Rc)				% Rcr
			la compresión requerida kg/cm <sup>2</sup>	Rc N°1 kg/cm <sup>2</sup>	Rc N°2 kg/cm <sup>2</sup>	Rc N°3 kg/cm <sup>2</sup>	Rc Prom. kg/cm <sup>2</sup>	
A-2-6 (0)	3%	3	18.35	11.5	11.7	11.6	11.6	<b>63%</b>
		7	18.35	14.8	14.9	14.8	14.8	<b>81%</b>
	4%	3	18.35	15.5	15.7	15.2	15.5	<b>84%</b>
		7	18.35	20.1	20.3	19.9	20.1	<b>110%</b>
	5%	3	18.35	17.0	17.1	16.8	17.0	<b>93%</b>
		7	18.35	22.0	22.2	22.0	22.1	<b>120%</b>

Fuente: Propia

*Figura 25. Análisis comparativo de resistencia suelo-cal*

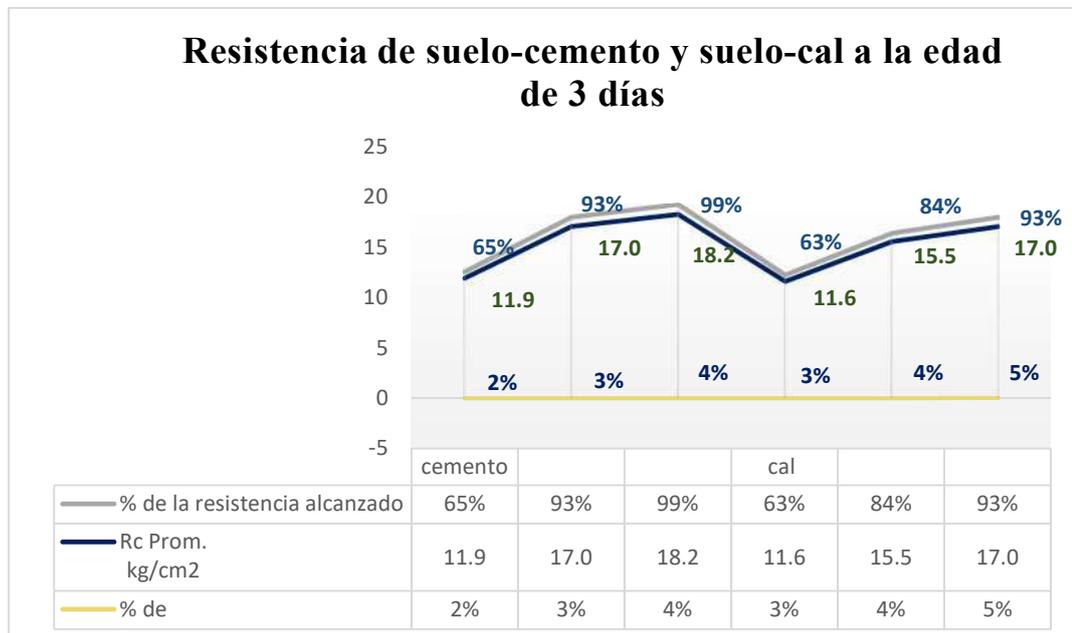


Fuente: Propia

*Nota.* La tabla 27 y figura 25 se especifica el porcentaje de resistencia alcanzado de las muestras de probeta con suelo - cal, como se puede observar con él 3% de cal no cumple con la resistencia mínima exigida

por el manual de carreteras y con el 4% de cal a la edad de los 3 días =15.5 kg/cm<sup>2</sup> con un porcentaje de 84 % Rcr y 7 días =20.1 kg/cm<sup>2</sup> con un porcentaje de 110% Rcr por ende cumple con resistencia mínima luego de los 7 días exigida por el manual de carreteras (EG-2013) y con el 5% de cal a la edad de los 3 días =17.0 kg/cm<sup>2</sup> con un porcentaje de 93% Rcr y 7 días =22.1 kg/cm<sup>2</sup> con un porcentaje de 120% Rcr, cumple con la resistencia mínima exigida por el manual de carreteras.

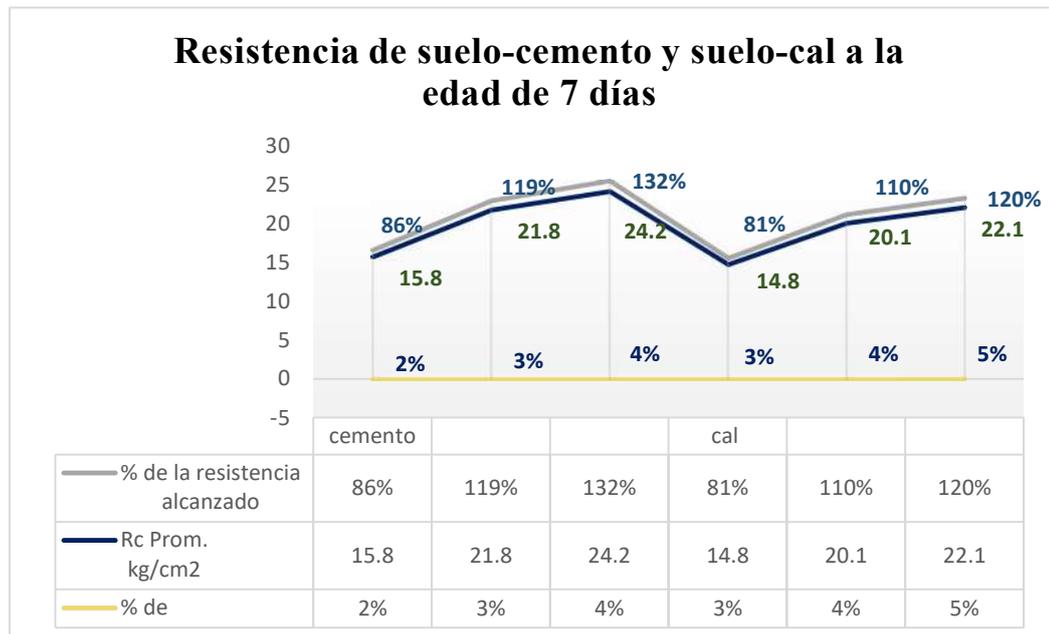
**Figura 26.** Análisis comparativo de resistencia suelo-cemento y suelo-cal a la edad de 3 días



Fuente: Propia

*Nota.* En la figura 26, se demuestra el porcentaje de resistencia alcanzado del suelo-cemento y suelo-cal a la edad de los 3 días, como se observa con el 2% de cemento y 3% de cal no cumple con su resistencia menor especificada según su compendio de carreteras, el 3% de cemento se alcanzó un 93% de Rcr y 4% de cal se alcanzó un 84% de Rcr por lo cual se obtuvo una variación de 7.8% en la resistencia, finalmente se evalúa el 4% de cemento se alcanzó un 99% de Rcr y 5% de cal se alcanzó un 93% de Rcr hay una variación de 6.1 en la resistencia.

**Figura 27. Análisis comparativo de resistencia suelo - cemento y suelo-cal a la edad de 7 días**



Fuente: Propia

*Nota.* En la figura 27, se observa el porcentaje de resistencia alcanzado del suelo-cemento y suelo - cal a la edad de los 7 días, como se observa con el 2% de cemento no cumple con la resistencia mínima especificada en el manual de carreteras, el 3% de cemento se alcanzó un 119% de Rrc y 4% de cal se alcanzó un 110% de Rrc por lo cual se obtuvo una variación de 7.6% en la resistencia, finalmente se evalúa el 4% de cemento se alcanzó un 132% de Rrc y 5% de cal se alcanzó un 120% de Rrc hay una variación de 9.1 en la resistencia.

#### 4.1.3. Influencia de cal viva y el cemento en las propiedades del suelo mejorado

##### 4.1.3.1. Propiedades del suelo mejorado con cemento

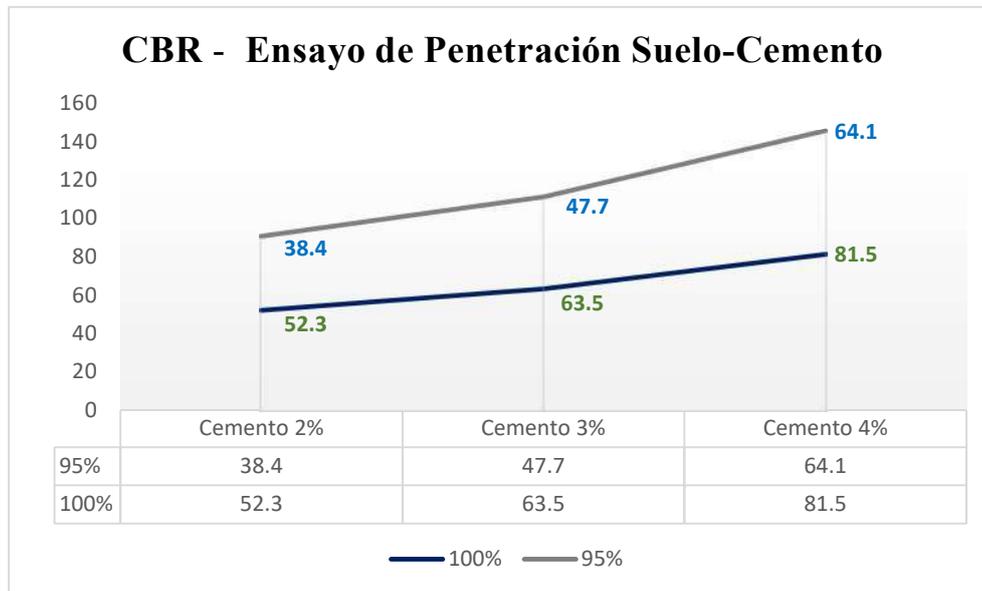
Para especificar las propiedades del suelo a estabilizar con cemento se hizo el ensayo de CBR (Californian Bearing Ratio) que nos permite el cálculo de resistencia potencial en la base, se aplicó el 2%, 3% y 4% de cemento.

**Tabla 28.** Estabilización con cemento, CBR ensayo de penetración

Cemento	MDS g/cm <sup>3</sup>	OCH	100%	95%
2%	2.114	11.4	52.3	38.4
3%	2.193	11.4	63.5	47.7
4%	2.272	11.3	81.5	64.1

Fuente: Propia

**Figura 28.** Análisis comparativo, CBR ensayo de penetración suelo-cemento



Fuente: Propia

*Nota.* Como se puede observar la tabla 28 y Figura 28, en el C.B.R. Para el 95% de la M.D.S en la estabilización con 3% de cemento comparado con el resultado de 2% de cemento en el ensayo de CBR sin aplicar ningún material estabilizador hay una variación de 9.35%, comparando con la estabilización de 4% de cemento hay una variación de 16.4%.

En el C.B.R. Para el 100% de la M.D.S en la estabilización con 3% de cemento comparando con el resultado de 2% de cemento en el ensayo de CBR sin aplicar ningún material estabilizador hay una variación de 11.2%, comparado con la estabilización de 4% de cemento hay una variación de 18%.

#### 4.1.3.2. Propiedades del suelo mejorado con cal viva

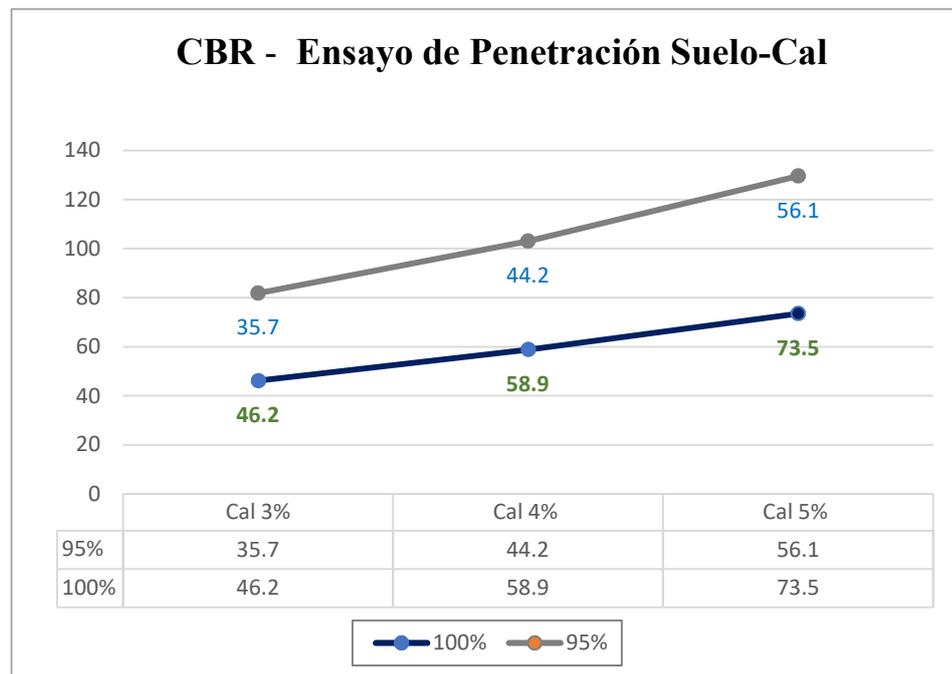
A fin de evaluar las propiedades del suelo mejorado con cal se realizó el ensayo de CBR (Californian Bearing Ratio) que nos permite el cálculo de resistencia potencial en la base, para nuestro ensayo se aplicó el 3%, 4% y 5% de cal.

**Tabla 29.** Estabilización con cal, CBR ensayo de penetración

% de Adición	MDS g/cm <sup>3</sup>	OCH	100%	95%
Cal 3%	2.063	11.3	46.2	35.7
Cal 4%	2.142	11.3	58.9	44.2
Cal 5%	2.203	11.3	73.5	56.1

Fuente: Propia

**Figura 29.** Análisis comparativo, CBR ensayo de penetración suelo-cal



Fuente: Propia

*Nota.* En nuestra tabla 29 y figura 29 del ensayo de C.B.R. Para el 95% de la M.D.S en la estabilización con 4% cal comparada con el resultado de 3% en el ensayo de CBR sin aplicar ningún material estabilizador hay una variación de 8.5%, comparando con la estabilización de 5% de cal hay una variación de 11.99%.

En el C.B.R. Para el 100% de la M.D.S en la estabilización con 4% de cal comparando con el resultado de 3% en el de CBR sin aplicar ningún material estabilizador hay una variación de 12.7 %, comparando con la estabilización de 5% de cal hay una variación de 14.6 %.

#### 4.1.4. Influencia de la cal viva y el cemento en el costo para la estabilización de base

Para evaluar la influencia del porcentaje de adición de cal y cemento en la estabilización de base se realizó el cálculo del costo unitario directo, de diferentes partidas en m<sup>2</sup> y m<sup>3</sup>, para este presupuesto de estabilización se determinó la dosificación de 2%, 3%, 4% con cemento y 3%, 4%, 5% de cal viva.

*Tabla 30. Presupuesto de la estabilización con 2% de cemento*

Ítem	Descripción	Unid	Metrado	P.u.	Parcial
1	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>24429</b>
1.01	<b>EXPLANACIONES</b>				<b>24429</b>
01.01.01	ESCARIFICADO, PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m <sup>2</sup>	12,992.00	2.09	24429
2	<b>PAVIMENTOS</b>				<b>160452</b>
2.01	<b>MEJORAMIENTO DE MATERIAL BASE</b>				93591
02.01.01	EXTENDIDO, RIEGO Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL GRANULAR	m <sup>2</sup>	12,992.00	10.7	138986
2.02	<b>AFIRMADO</b>				69546
02.02.01	MATERIAL DE PRESTAMO	m <sup>3</sup>	2,059.00	19.5	40067.2
02.02.02	EXTENDIDO, RIEGO Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL GRANULAR e=14.5 cm	m <sup>2</sup>	12,992.00	2.09	27212.4
				Total	603142

**Fuente:** Propia

*Nota.* Esta tabla especifica el costo para estabilizar el suelo como podemos ver con el 2% de adición del cemento para la estabilización se obtiene un presupuesto total de S/ 603,142.00.

**Tabla 31. Presupuesto de la estabilización con 3% de cemento**

Ítem	Descripción	Unid	Metrado	P.u.	Parcial
1	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>24429</b>
1.01	<b>EXPLANACIONES</b>				<b>24429</b>
01.01.01	ESCARIFICADO, PERFILADO Y COMPACTADO DE BASE	m2	12,992.00	2.09	27212.4
2	<b>PAVIMENTOS</b>				<b>160452</b>
2.01	<b>MEJORAMIENTO DE MATERIAL BASE</b>				93591
02.01.01	EXTENDIDO, RIEGO Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL	m2	12,992.00	14.2	184656
2.02	<b>AFIRMADO</b>				69546
02.02.01	MATERIAL DE PRESTAMO	m3	2,059.00	19.5	40067.2
02.02.02	EXTENDIDO, RIEGO Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL =14.5 cm	m2	12,992.00	2.09	27212.4
Total					651595

Fuente: Propia

*Nota.* Esta tabla especifica el costo para la estabilización del suelo como podemos ver con el 3% de adición del cemento para la estabilización se obtiene un presupuesto total de S/ 651,595.00.

**Tabla 32. Presupuesto de la estabilización con 4% de cemento**

Ítem	Descripción	Unid	Metrado	P.u.	Parcial
1	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>24429</b>
1.01	<b>EXPLANACIONES</b>				<b>24429</b>
01.01.01	ESCARIFICADO, PERFILADO Y COMPACTADO DE BASE	m <sup>2</sup>	12,992.00	2.09	27212.39
2	<b>PAVIMENTOS</b>				<b>160452</b>
2.01	<b>MEJORAMIENTO DE MATERIAL BASE</b>				93591
02.01.01	EXTENDIDO, RIEGO Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL	m <sup>2</sup>	12,992.00	20.21	262539.31
2.02	<b>AFIRMADO</b>				69546
02.02.01	MATERIAL DE PRESTAMO	m <sup>3</sup>	2,059.00	19.46	40067.209
02.02.02	EXTENDIDO, RIEGO Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL e=14.5cm	m <sup>2</sup>	12,992.00	2.09	27212.394
Total					729478.3

Fuente: Propia

*Nota.* Esta tabla especifica los costos de la estabilización como podemos ver con el 4% de adición del cemento para la estabilización se obtiene un presupuesto total de S/ 729,478.3.

**Tabla 33.** Presupuesto de la estabilización con 3% de cal

Item	Descripción	Unid	Metrado	P.u.	Parcial
01	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>24429.00</b>
01.01	<b>EXPLANACIONES</b>				<b>24429.00</b>
01.01.01	ESCARIFICADO, PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m <sup>2</sup>	12,992.00	2.09	27212.39
02	<b>PAVIMENTOS</b>				<b>160452.00</b>
02.01	<b>MEJORAMIENTO DE MATERIAL BASE</b>				<b>93591.00</b>
02.01.01	EXTENDIDO, RIEGO Y COMPACTACION DE MATERIAL GRANULAR	m <sup>2</sup>	12,992.00	6.93	89985.78
02.02	<b>AFIRMADO</b>				<b>69546.00</b>
02.02.01	MATERIAL DE PRESTAMO	m <sup>3</sup>	2,059.00	19.46	40067.21
02.02.02	EXTENDIDO, RIEGO Y COMPACTACION DE MATERIAL GRANULAR e=14.5 cm	m <sup>2</sup>	12,992.00	2.09	27212.39
				<b>Total</b>	<b>556924.77</b>

Fuente: Propia

*Nota.* En la presente tabla se especifica el costo para la estabilización como podemos ver con el 3% de adición de cal viva para la estabilización se obtiene un presupuesto total de S/ 556,924.77.

**Tabla 34.** Presupuesto de la estabilización con 4% de cal

Item	Descripción	Unid	Metrado	P.u.	Parcial
1	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>24429</b>
1.01	<b>EXPLANACIONES</b>				<b>24429</b>
01.01.01	ESCARIFICADO, PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m <sup>2</sup>	12,992.00	2.09	27212.394
2	<b>PAVIMENTOS</b>				<b>160452</b>
2.01	<b>MEJORAMIENTO DE MATERIAL BASE</b>				<b>93591</b>
02.01.01	EXTENDIDO, RIEGO Y COMPACTACION DE MATERIAL GRANULAR	m <sup>2</sup>	12,992.00	10.69	138875.13
2.02	<b>AFIRMADO</b>				<b>69546</b>
02.02.01	MATERIAL DE PRESTAMO	m <sup>3</sup>	2,059.00	19.46	40067.209
02.02.02	EXTENDIDO, RIEGO Y COMPACTACION DE MATERIAL GRANULAR e=14.5cm	m <sup>2</sup>	12,992.00	2.09	27212.394
				<b>Total</b>	<b>605814.12</b>

Fuente: Propia

*Nota.* Esta tabla presenta el costo de la estabilización como podemos ver con el 4% de adición de cal viva para la estabilización se obtiene un presupuesto total de S/ 605,814.12.

**Tabla 35.** Presupuesto de la estabilización con 5% de cal.

Item	Descripción	Unid	Metrado	P.u.	Parcial
1	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>24429</b>
1.01	<b>EXPLANACIONES</b>				<b>24429</b>
01.01.01	ESCARIFICADO, PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m <sup>2</sup>	12,992.00	2.09	27212.394
2	<b>PAVIMENTOS</b>				<b>160452</b>
2.01	<b>MEJORAMIENTO DE MATERIAL BASE</b>				93591
02.01.01	EXTENDIDO, RIEGO Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL GRANULAR	m <sup>2</sup>	12,992.00	15.52	201692.85
2.02	<b>AFIRMADO</b>				69546
02.02.01	MATERIAL DE PRESTAMO	m <sup>3</sup>	2,059.00	19.46	40067.209
02.02.02	EXTENDIDO, RIEGO Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL GRANULAR e=14.5cm	m <sup>2</sup>	12,992.00	2.09	27212.394
				Total	668631.85

Fuente: Propia

*Nota.* Esta tabla presenta el costo de la estabilización como podemos ver con el 5% de adición de cal viva para la estabilización se obtiene un presupuesto total de S/ 668,631.85.

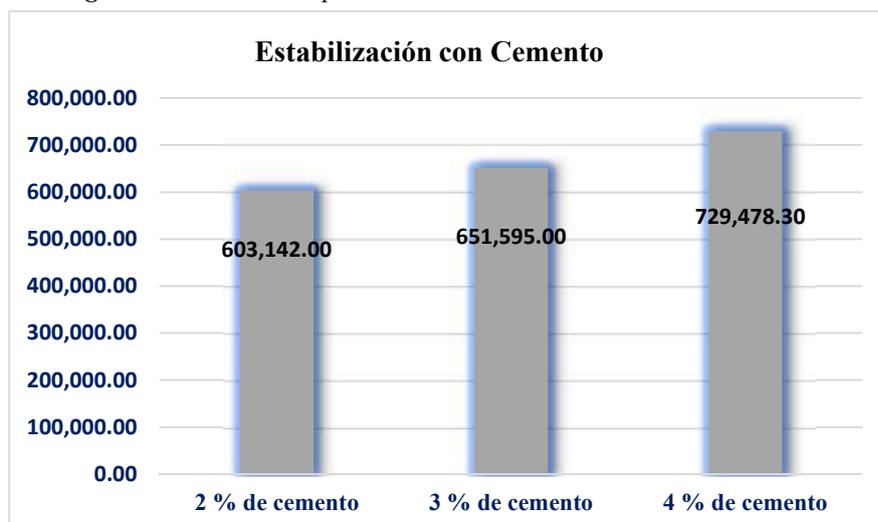
#### 4.1.4.1. Análisis comparativo de presupuestos en la estabilización de suelos

**Tabla 36.** Presupuesto total de estabilización con cemento

% DE CEMENTO	PRESUPUESTO
PORTLAND TIPO I	TOTAL S/.
2 % de cemento	603,142.00
3 % de cemento	651,595.00
4 % de cemento	729,478.30

Fuente: Propia

**Figura 30. Análisis comparativo de la estabilización con cemento**



Fuente: Propia

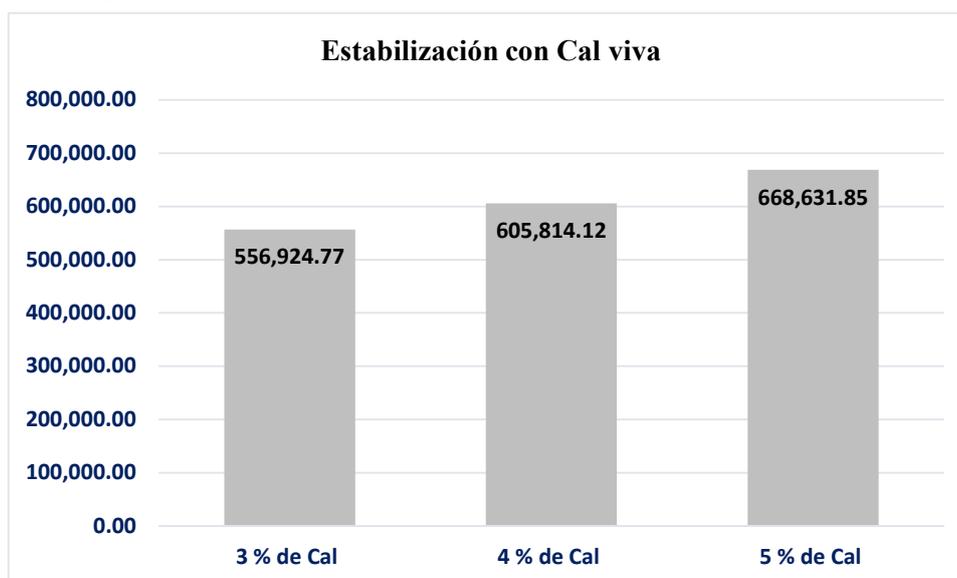
*Nota.* En la presente figura, se especifica el presupuesto según el porcentaje de cemento utilizado, ya que al comparar la adición del 2% y 3% de cemento para la estabilización en el presupuesto final hay una diferencia de S/48,453 y al comparar la adición del 3% y 4% de cemento hay una variación de 77,883.

**Tabla 37. Presupuesto total de estabilización con cal**

% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I	PRESUPUESTO TOTAL S/.
2 % de Cal	556,924.77
3 % de Cal	605,814.12
5 % de Cal	668,631.85

Fuente: Propia

**Figura 31. Análisis comparativo de la estabilización con cal**



Fuente: Propia

*Nota.* En la presente figura se especifica el presupuesto según el porcentaje de cal utilizado, ya que al comparar la adición del 3% y 4% de cal para la estabilización en el presupuesto final hay una diferencia de S/48,889 y al comparar la adición del 4% y 5% de cal hay una variación de S/62,817.73

## 4.2. Contrastación de la hipótesis

### 4.2.1. Contrastación de hipótesis general

#### Análisis inferencial

Se realizó el análisis inferencial estadístico con el fin de docimar la hipótesis general en función a la contrastación de las hipótesis específicas acorde con los siguientes objetivos específicos planteados.

### 4.2.2. Hipótesis específica 1

La cal viva y el cemento influye en la resistencia a la compresión simple en la estabilización de la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés Plazapata Huancavelica 2021.

**Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis:**

A fin de confrontar nuestra hipótesis se comparó cada dato de resistencia a compresión simple obtenidos en nuestros testigos de mezcla suelo cemento con 2%, 3% y 4% y suelo cal 3%, 4% y 5%.

**Hipótesis Nula (Ho):** No se halló disimilitud significativa entre las medias de los valores de 3%, 4% y 5% de suelo cal y 2%, 3% y 4% de suelo cemento en la resistencia a compresión al estabilizar la base que presenta bofedales en la carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021.

$$\mu_{RCS1} = \mu_{RCS2} = \mu_{RCS3} = \dots = \mu_{RCS6} = \mu_{RCS \text{ patrón}}$$

**Hipótesis Alterna (Ha):** Si hay disimilitud significativa entre las medias de los valores de 3%, 4% y 5% de suelo cal y 2%, 3% y 4% de suelo cemento en la resistencia a compresión al estabilizar la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021.

$$\text{Existe al menos un } i / \mu_{RCSi} \neq \mu_{RCS \text{ patrón}}$$

Donde  $\mu_{RCS}$ , es la resistencia a la compresión simple.

### **Estadístico de Prueba**

Según nuestra variable respuesta que es cuantitativa y hay dos variables independientes mencionados como factores de tipo categórica ordinal, se desea comprobar si hay un efecto significativo de factores en nuestra variable respuesta, por consiguiente mencionamos un diseño factorial de dos factores con 4 niveles cada uno, sin embargo se efectuó un agrupamiento de los factores llamado diseños, obteniendo un nuevo factor con 7 grupos, con 3 datos para cada grupo en las diferentes edades y propiedades mecánicas, posteriormente para verificar nuestras hipótesis se utilizó el análisis de varianza ANOVA de un factor y la prueba de rango post hoc de Tukey con el fin de comprobar cuál de los diseños es la que mejor efecto tiene en contraste con la prueba patrón.

### **Requisitos para el ANOVA**

Comprobar el hipotético de Normalidad con la Prueba de Shapiro Wilk y de Homocedasticidad (igualdad de varianzas) por la Prueba de Levene.

Las pruebas de hipótesis se hicieron en el programa estadístico SPSS v.25.

Si es que no se cumple el supuesto de normalidad, se tendrá la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

Si no se demuestra la igualdad de varianzas utilizaremos la prueba T3 de Dunnett reemplazando la prueba de rango post hoc de Tukey.

### Consideraciones de las pruebas

- Las pruebas de hipótesis se realizarán en cada edad independientemente entre que en este caso fueron a los 3 días y 7 días.
- En nuestras pruebas se asumió un valor de significancia de 0.05 y se aceptará la hipótesis nula si el valor de significancia de la prueba es mayor al valor de significancia asumido

### Análisis inferencial para la resistencia a compresión simple a los 3 días:

#### Prueba del supuesto de Normalidad para la Resistencia a la compresión simple:

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: los datos provienen de una distribución normal

Ha: los datos no provienen de una distribución normal

**Tabla 38. Pruebas de normalidad**

		Pruebas de normalidad					
FACTOR DEL TIPO DE DISEÑO		Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
RESISTENCIA	Diseño patrón, muestra						
A	de suelo + 0% de	,292	3	.	,923	3	,463
COMPRESIÓN	estabilizador						
SIMPLE EDAD	Diseño, muestra de	,175	3	.	1,000	3	1,000
DE 3 DIAS	suelo + 3% de cal viva						
	Diseño, muestra de	,219	3	.	,987	3	,780
	suelo + 4% de cal viva						
	Diseño, muestra de	,253	3	.	,964	3	,637
	suelo + 5% de cal viva						
	Diseño, muestra de	,385	3	.	,750	3	,211
	suelo + 2% de cemento						

Diseño, muestra de suelo + 3% de cemento	,219	3	.	,987	3	,780
Diseño, muestra de suelo + 4% de cemento	,253	3	.	,964	3	,637

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Fuente:** Propia

*Nota.* Conforme a los datos obtenidos de la prueba de Normalidad de Shapiro Wilk, los valores de significancia (sig) de 0.463, 1.000 y 0.780 ... para todos los diseños fueron mayores a 0.05, en consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que nuestros datos para cada diseño no tienen una distribución normal con su nivel de significancia del 5%.

### **Prueba de supuesto de homogeneidad para la Resistencia a la compresión simple:**

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: Si existe igualdad de varianzas entre los grupos

Ha: No existe igualdad de varianzas entre los grupos

**Tabla 39.** Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	g1	g12	Sig.
RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE EDAD DE 3 DIAS	Se basa en la media	1,831	6	14	,165
	Se basa en la mediana	1,025	6	14	,449
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,025	6	8,255	,471
	Se basa en la media recortada	1,775	6	14	,176

**Fuente:** Propia

*Nota.* Conforme a nuestros datos de la prueba de Homogeneidad de varianzas de Levene, justificado en la media que indica que el valor de significancia (sig) de 0.165 es mayor a 0.05, en consecuencia, no rechazamos la hipótesis nula y concluimos con un nivel de significancia del 5% que si existe uniformidad de varianzas entre los diseños.

Comprobada la normalidad de los datos, procedimos a la prueba ANOVA de un factor.

### **Prueba de ANOVA de un factor para la resistencia a compresión simple edad de 3 días**

*Tabla 40. ANOVA de un factor*

<b>ANOVA</b>					
<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE EDAD DE 3 DIAS</b>					
	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	163,264	6	27,211	1018,040	,000
Dentro de grupos	374	14	,027		
Total	163,639	20			

**Fuente:** Propia

*Nota.* Según nuestros resultados de la prueba se indica que, con un nivel de significancia del 5%, se comprueba que hay bastante evidencia para admitir la hipótesis, porque el valor sig. de la prueba entre grupos o diseños es igual a 0.000 y es menor a 0.05, por ende, si existen diferencias significativas entre las medias de las resistencias a la compresión simple entre el diseño patrón y al menos uno de los diseños experimentales, por consiguiente, si comprobamos similitud de varianzas, por ello se aplicó la prueba post hoc de Tukey para demostrar cuál de los diseños experimentales es más favorable.

### **Prueba de post hoc de Tukey**

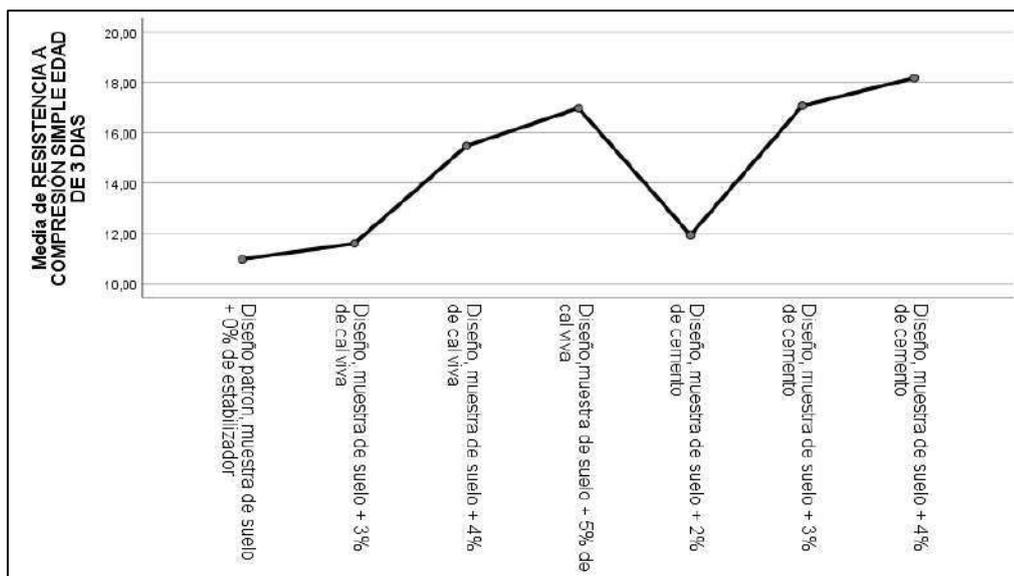
Tabla 41. Prueba de post de Tukey

RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE EDAD DE 3 DIAS						
FACTOR DEL TIPO DE DISEÑO	N	HSD Tukey <sup>a</sup>				
		Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
Diseño patrón, muestra de suelo + 0% de estabilizador	3	10,9733				
Diseño, muestra de suelo + 2% de cemento	3		11,6000			
Diseño, muestra de suelo + 3% de cemento	3		11,9333			
Diseño, muestra de suelo + 4% de cemento	3			15,4667		
Diseño, muestra de suelo + 3% de cal viva	3				16,9667	
Diseño, muestra de suelo + 4% de cal viva	3				17,0667	
Diseño, muestra de suelo + 5% de cal viva	3					18,1667
Sig.		1,000	,232	1,000	,986	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Propia

Figura 32. Media de resistencia a compresión simple edad 3 días



Fuente: Propia

Nota. De los resultados obtenidos en la prueba de Tukey, nos indica que entre los cinco subconjuntos si existe diferencias significativas dentro de cada subconjunto,

y esto quiere decir que existe diferencias significativas entre el diseño patrón y los diseños experimentales, en el gráfico de medias también se puede visualizar que la media de los diseños patrón, son significativamente menores a los diseños experimentales, por lo tanto, se concluye que teniendo el nivel de significancia 5%, se registra certidumbre de confirmar que con el diseño 3%, 4% y 5% de cal viva son significativamente mayor que nuestro diseño patrón, sin embargo el diseño con 2%, 3% y 4% de cemento es el que mejor efecto positivo tiene, por tanto, concluimos que los valores de resistencia a la compresión simple mejora significativamente al estabilizar la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Ines-Plazapata, Huancavelica 2021.

### **Análisis inferencial para la resistencia a compresión simple a los 7 días:**

#### **Prueba del supuesto de Normalidad para la resistencia a la compresión simple a la edad de los 7 días:**

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: los datos provienen de una distribución normal.

Ha: los datos no provienen de una distribución normal

**Tabla 42. Pruebas de normalidad edad de los 7 días**

<b>Pruebas de normalidad</b>							
	FACTOR DEL TIPO DE DISEÑO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
	Diseño patrón, muestra de suelo + 0% de estabilizador	,362	3	.	,803	3	,122
RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE EDAD 7 DIAS DE CURADO	Diseño, muestra de suelo + 3% de cal viva	,385	3	.	,750	3	,125
	Diseño, muestra de suelo + 4% de cal viva	,175	3	.	1,000	3	1,000
	Diseño, muestra de suelo + 5% de cal viva	,385	3	.	,750	3	,124

Diseño, muestra de suelo + 2% de cemento	,253	3	.	,964	3	,637
Diseño, muestra de suelo + 3% de cemento	,175	3	.	1,000	3	1,000
Diseño, muestra de suelo + 4% de cemento	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Fuente:** Propia

Mediante nuestros resultados de la prueba de Normalidad de Shapiro Wilk, los valores de significancia (sig) de 0,122, 0,000 y 1,000 en todos los diseños no son mayores a 0.05, en consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que nuestros datos para cada diseño no tienen una distribución normal con su nivel de significancia del 5%.

### **Prueba del supuesto de Homogeneidad para la Resistencia a la compresión simple:**

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: Si existe igualdad de varianzas entre los grupos

Ha: No existe igualdad de varianzas entre los grupos

**Tabla 43. Prueba de homogeneidad**

<b>Prueba de homogeneidad de varianzas</b>		<b>Estadístico de Levene</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>Sig.</b>
RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE	Se basa en la media	1,307	6	14	,317
EDAD 7 DIAS DE CURADO	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,825	6	10,257	,575
	Se basa en la media recortada	1,281	6	14	,327

**Fuente:** Propia

*Nota.* De acuerdo con los resultados de la prueba de Homogeneidad de varianzas de Levene, basado en la media, muestra el valor de significancia (sig) de 0.317 es mayor a 0.05, de modo que, no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que con un nivel de significancia del 5% que si hay igualdad de varianzas entre los diseños.

Comprobado la normalidad de datos, seguiremos con la prueba ANOVA de un factor.

### Prueba de ANOVA de un factor para resistencia a compresión simple edad de 7 días

*Tabla 44. ANOVA de un factor*

ANOVA					
RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE EDAD 7 DIAS DE CURADO					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	332,380	6	55,397	3065,431	,000
Dentro de grupos	,253	14	,018		
Total	332,633	20			

*Fuente: Propia*

*Nota.* Según nuestros los datos obtenidos en la prueba se muestra; si tenemos el nivel de significancia del 5%, se tiene evidencia para aprobar la hipótesis del investigador, ya que, el valor sig de la prueba entre grupos o diseños es igual a 0.000 y es inferior a 0.05, entonces, tenemos disimilitud significativa con las medias de los valores de resistencia a compresión simple con el diseño patrón y al menos uno de los diseños experimentales, en consecuencia hay similitud de varianzas por ello se aplicó la prueba post hoc de Tukey para establecer que diseño experimental es mejor.

### Prueba de post hoc de Tukey para resistencia a compresión simple edad de 7 días

*Tabla 45. Prueba de post hoc de Tukey*

RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE EDAD 7 DIAS DE CURADO							
FACTOR DEL TIPO DE DISEÑO	N	HSD Tukey <sup>a</sup>					
		Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
Diseño patrón, muestra de suelo + 0% de estabilizador	3	12,8400					
Diseño, muestra de suelo + 3% de cal viva	3		14,8333				
Diseño, muestra de suelo + 2% de cemento	3			15,8333			

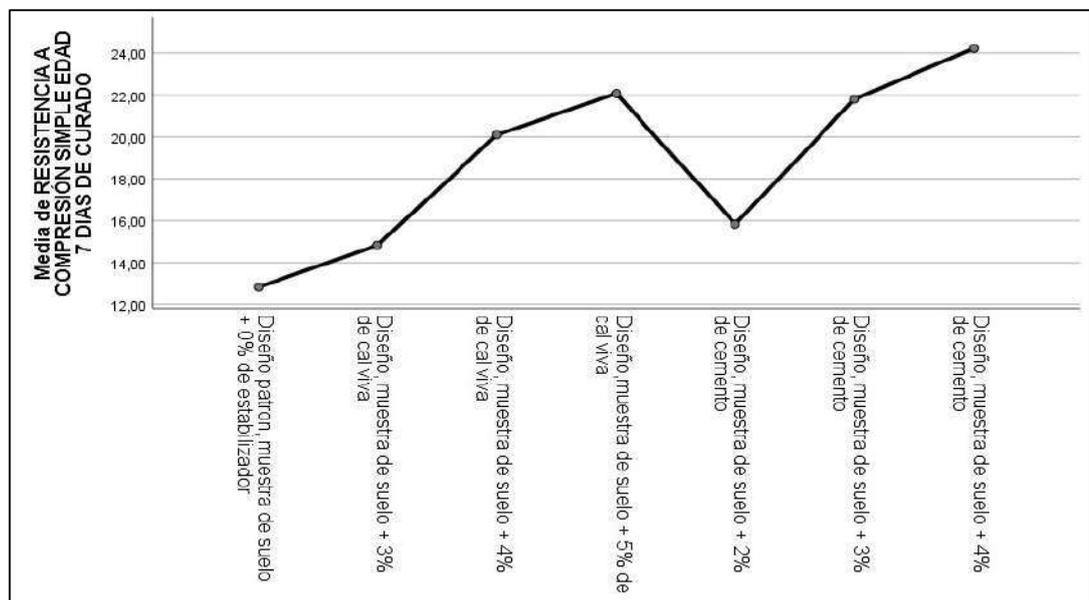
Diseño, muestra de suelo + 4% de cal viva	3					20,1000	
Diseño, muestra de suelo + 3% de cemento	3					21,8000	
Diseño, muestra de suelo + 5% de cal viva	3					22,0667	
Diseño, muestra de suelo + 4% de cemento	3					24,2200	
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	,256	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Propia

Figura 33. Media de resistencia a compresión simple edad 7 días



Fuente: Propia

*Nota.* De los resultados obtenidos en la prueba de Tukey, nos indica que entre los seis subconjuntos existe diferencias significativas entre sus medias, más no dentro de cada subconjunto, esto quiere decir que si existe diferencias significativas entre el diseño patrón y los diseños experimentales, del grafico de medias también podemos observar que la media de los diseños patrón, son significativamente menores a los diseños experimentales, por lo tanto, concluimos con un nivel de significancia del 5% que, existe evidencia suficiente para afirmar que con el diseño 3%, 4% y 5% de cal viva son significativamente mayor que el diseño patrón, sin embargo el diseño con 2%, 3% y 4 % de cemento es el que mejor efecto positivo tiene, por tanto, concluimos que los valores de resistencia a la compresión simple

mejora significativamente al estabilizar la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Ines-Plazapata, Huancavelica 2021.

#### 4.2.3. Hipótesis específica 2

La cal viva y el cemento contribuye en las propiedades del suelo en la estabilización de base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés Plazapata Huancavelica 2021.

##### **Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis:**

Con la finalidad de confrontar la hipótesis se comparó los datos de CBR al 100% y 95% de MDS del diseño Patrón con los diseños experimentales con cal viva 3%, 4% y 5% y 2%, 3%, 4% de cemento adicionado a la muestra de suelo para la estabilización de la base.

**Hipótesis Nula (Ho):** No se tiene disimilitud significativa en las medias de los valores de 3%, 4% y 5% de suelo cal y 2%, 3% y 4% de suelo cemento acerca de la media del valor de CBR del diseño patrón al estabilizar la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021.

$$\mu_{\text{CBR1}} = \mu_{\text{CBR2}} \dots \mu_{\text{CBR6}} = \mu_{\text{CBR\_patrón}}$$

**Hipótesis Alterna (Ha):** si se tiene disimilitud significativa entre las medias de los valores de 3%, 4% y 5% de suelo cal y 2%, 3% y 4% de suelo cemento referente a la media del valor de CBR del diseño patrón al estabilizar la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Ines - Plazapata, Huancavelica 2021.

$$\text{Existe al menos un } i / \mu_{\text{CBR}i} \neq \mu_{\text{CBR\_patrón}}$$

Donde  $\mu_{\text{CBR}c}$ , es la media del CBR

##### **Estadístico de Prueba**

Debido a nuestra variable respuesta de CBR que es cuantitativa y teniendo una variable independiente llamado factor con nueve niveles de tipo categórica ordinal el cual simboliza el tipo de diseño y el tramo seleccionado y se quiere demostrar un efecto significativo del factor sobre la variable respuesta, por ello

se explica un diseño de análisis de varianza de un factor ANOVA, en consecuencia comprobar las hipótesis, se utilizó el análisis de varianza ANOVA de un factor y la prueba de rango post hoc de Tukey a confrontar cuál de los diseños tiene mejor efecto en contraste con el diseño patrón, esta prueba se realizó independiente en los porcentajes del 95% y 100% de MDS.

### Requisitos para el ANOVA

- Comprobar la suposición de Normalidad mediante la Prueba de Shapiro Wilk y de Homocedasticidad (igualdad de varianzas) mediante la Prueba de Levene.
- Los resultados de los supuestos y de las pruebas de hipótesis se hicieron en el programa estadístico SPSS v.25.
- En caso no cumpla el supuesto de normalidad, se aplicará la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.
- En caso no se compruebe la igualdad de varianzas se aplicará la prueba T3 de Dunnett en vez de la prueba de rango post hoc de Tukey.

### Consideraciones de las pruebas:

- Las pruebas de hipótesis se realizaron en cada porcentaje de MDS.
- Para cada prueba se asumió un valor de significancia de 0.05 y se aceptó la hipótesis nula si el valor de significancia de la prueba es mayor al valor de significancia asumido.

### Análisis inferencial para el CBR al 95% de MDS

*Tabla 46. Resultados de CBR ensayo de penetración*

MATERIAL ESTABILIZANTE	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S.
Diseño patrón	19.60
Diseño patrón	20.10
Diseño patrón	19.70
Cal viva 3%	35.70
Cal viva 3%	35.90
Cal viva 3%	35.86
Cal viva 4%	44.20

Cal viva 4%	43.90
Cal viva 4%	44.50
Cal viva 5%	56.10
Cal viva 5%	55.90
Cal viva 5%	56.40
Cemento 2%	38.40
Cemento 2%	38.70
Cemento 2%	37.99
Cemento 3%	47.70
Cemento 3%	47.25
Cemento 3%	47.99
Cemento 4%	64.10
Cemento 4%	63.97
Cemento 4%	64.35

Fuente: Propia

### **Prueba del supuesto de Normalidad para los CBR con el 95% MDS:**

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: los datos provienen de una distribución normal

Ha: los datos no provienen de una distribución normal

**Tabla 47. Prueba de normalidad**

Pruebas de normalidad								
FACTOR DEL TIPO DE DISEÑO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk				
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.		
CBR CON EL 95% MDS	Diseño patrón, muestra de suelo + 0% de estabilizador	,314	3	.	,893	3	,363	
	Diseño, muestra de suelo + 3% de cal viva	,314	3	.	,893	3	,363	
	Diseño, muestra de suelo + 4% de cal viva	,175	3	.	1,000	3	1,000	
	Diseño, muestra de suelo + 5% de cal viva	,219	3	.	,987	3	,780	
	Diseño, muestra de suelo + 2% de cemento	,208	3	.	,992	3	,830	
	Diseño, muestra de suelo + 3% de cemento	,224	3	.	,985	3	,763	
	Diseño, muestra de suelo + 4% de cemento	,249	3	.	,968	3	,656	

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Propia

*Nota.* Teniendo los resultados de la prueba de Normalidad de Shapiro Wilk, los valores de significancia (sig) de 0.363, 0.363, 1.000 y 0.780 para todos los diseños son mayores a 0.05, en consecuencia, no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los datos para cada diseño tienen una distribución normal con un nivel de significancia del 5%.

**Prueba del supuesto de Homogeneidad para los CBR con el 95% MDS:**

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: Si existen igualdad de varianzas entre los grupos

Ha: No existen igualdad de varianzas entre los grupos

**Tabla 48. Homogeneidad de varianzas**

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
CBR CON EL 95% MDS	Se basa en la media	,626	6	14	,707
	Se basa en la mediana	,384	6	14	,877
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,384	6	11,206	,875
	Se basa en la media recortada	,610	6	14	,719

Fuente: Propia

*Nota.* De acuerdo a los resultados de la prueba de Homogeneidad de varianzas de Levene, basado en la media señala que el valor de significancia (sig) de 0.707 es mayor a 0.05, en consecuencia, se acepta la hipótesis nula y se concluye que con un nivel de significancia del 5% si existe igualdad de varianzas entre los diseños.

Aprobado la normalidad de nuestros datos, se procedió a la prueba ANOVA de un factor.

**Tabla 49. Prueba de ANOVA de un factor**

ANOVA					
CBR CON EL 95% MDS					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3749,958	6	624,993	8133,391	0,000
Dentro de grupos	1,076	14	0,077		
Total	3751,034	20			

Fuente: Propia

*Nota.* Los resultados indican que teniendo el nivel de significancia del 5%, tenemos que aceptar la hipótesis del investigador, ya que, el valor sig de la prueba entre grupos o diseños es igual a 0.000 y es menor a 0.05, puesto que, si tenemos disimilitud significativa en las medias de los valores de CBR entre el diseño patrón y los diseños experimentales; si existe similitud de varianzas, se aplicará la prueba post hoc de Tukey para determinar cuál de los tratamientos o diseños experimentales es el que mejor efecto positivo tiene sobre el CBR.

## Prueba de post hoc de Tukey con el 95% MDS

Tabla 50. Prueba de post hoc de Tukey

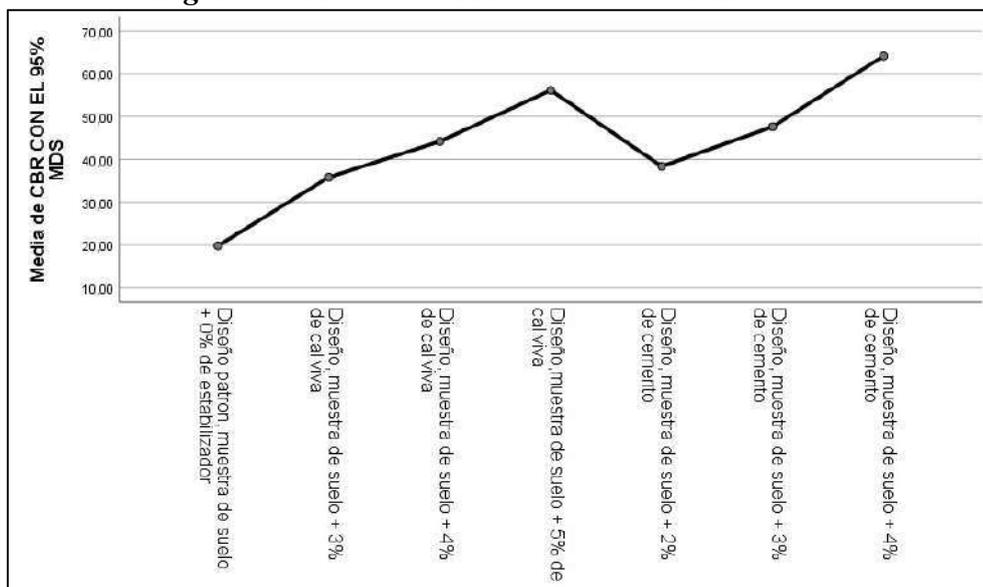
CBR CON EL 95% MDS								
HSD Tukey <sup>a</sup>								
FACTOR DEL TIPO DE DISEÑO	N	Subconjunto para alfa = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
Diseño patrón, muestra de suelo + 0% de estabilizador	3	19,8000						
Diseño, muestra de suelo + 3% de cal viva	3		35,8200					
Diseño, muestra de suelo + 2% de cemento	3			38,3633				
Diseño, muestra de suelo + 4% de cal viva	3				44,2000			
Diseño, muestra de suelo + 3% de cemento	3					47,6467		
Diseño, muestra de suelo + 5% de cal viva	3						56,1333	
Diseño, muestra de suelo + 4% de cemento	3							64,1400
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Propia

Figura 34. Media de CBR con el 95% de MDS



Fuente: Propia

*Nota.* De los resultados obtenidos en la prueba de Tukey, nos indica que entre los siete subconjuntos se tiene disimilitud significativa entre sus medias, más no dentro de cada subconjunto, debido a que se tiene diferencias significativas entre el diseño patrón y los diseños experimentales, en el gráfico de medias se observa que la media de los diseños patrón, son significativamente menores a los diseños experimentales, en consecuencia, se concluye que con un nivel de significancia del 5%, se afirma que al 95% de MDS los valores CBR de los diseños con 3%, 4% y 5% de cal viva y 2%, 3% y 4% de cemento son significativamente mayor que el diseño patrón, sin embargo el diseño con 2%, 3% y 4% de cemento es el que mejor efecto positivo tiene, por tanto, concluimos que la cal viva y el cemento contribuye significativamente en las propiedades del suelo con respecto a los valores de CBR al estabilizar la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés-Plazapata, Huancavelica 2021.

#### **Análisis inferencial para el CBR al 100% de MDS**

A continuación, se muestran los datos obtenidos de los ensayos en laboratorio de CBR.

**Tabla 51.** Resultados de CBR ensayo de penetración

<b>MATERIAL ESTABILIZANTE</b>	<b>C.B.R. Para el 100% de la M.D.S.</b>
Diseño patrón	31.5
Diseño patrón	30.89
Diseño patrón	31.30
Cal viva 3%	46.20
Cal viva 3%	45.98
Cal viva 3%	46.45
Cal viva 4%	58.90
Cal viva 4%	57.50
Cal viva 4%	58.70
Cal viva 5%	73.50
Cal viva 5%	72.87
Cal viva 5%	73.32
Cemento 2%	52.30
Cemento 2%	51.83
Cemento 2%	52.23

Cemento 3%	63.50
Cemento 3%	62.79
Cemento 3%	63.02
Cemento 4%	81.50
Cemento 4%	80.99
Cemento 4%	81.15

Fuente: Propia

### Prueba del supuesto de Normalidad en los ensayos de CBR con el 100% MDS:

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: los datos provienen de una distribución normal

Ha: los datos no provienen de una distribución normal

**Tabla 52. Prueba de normalidad**

Pruebas de normalidad							
FACTOR DEL TIPO DE DISEÑO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
CBR CON EL 100% MDS	Diseño patrón, muestra de suelo + 0% de estabilizador	,256	3	.	,962	3	,625
	Diseño, muestra de suelo + 3% de cal viva	,184	3	.	,999	3	,930
	Diseño, muestra de suelo + 4% de cal viva	,337	3	.	,855	3	,253
	Diseño, muestra de suelo + 5% de cal viva	,276	3	.	,942	3	,537
	Diseño, muestra de suelo + 2% de cemento	,334	3	.	,859	3	,264
	Diseño, muestra de suelo + 3% de cemento	,258	3	.	,960	3	,617
	Diseño, muestra de suelo + 4% de cemento	,263	3	.	,956	3	,595

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Propia

*Nota.* Teniendo los datos de la prueba de Normalidad de Shapiro Wilk, los valores de significancia (sig) de 0.625, 0, 0.930 y 0.253 para todos los diseños son superiores a 0.05, en consecuencia, no se rechazó la hipótesis nula y se concluyó que todos nuestros datos para cada diseño tienen una distribución normal con un nivel de significancia del 5%.

### Prueba del supuesto de Homogeneidad para los CBR con 100% MDS:

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: Si existen igualdad de varianzas entre los grupos

Ha: No existen igualdad de varianzas entre los grupos

**Tabla 53.** Homogeneidad de varianzas

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
CBR CON EL 100% MDS	Se basa en la media	2,419	6	14	,081
	Se basa en la mediana	,380	6	14	,880
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,380	6	4,778	,864
	Se basa en la media recortada	2,154	6	14	,111

Fuente: Propia

*Nota.* Mediante los datos obtenidos en la prueba de Homogeneidad de varianzas de Levene, basado en la media determina que el valor de significancia (sig) de 0.081 es superior a 0.05, en consecuencia, no se rechazó la hipótesis nula y se concluye con un nivel de significancia del 5% que si se tiene similitud de varianzas entre los diseños.

Una vez evidenciado la normalidad de los datos, se procedió a la prueba ANOVA de un factor

### Prueba de ANOVA de un factor para el CBR al 100% de MDS

**Tabla 54.** Anova de un factor

ANOVA					
CBR CON EL 100% MDS					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	5061,486	6	843,581	5396,698	,000
Dentro de grupos	2,188	14	,156		
Total	5063,674	20			

Fuente: Propia

*Nota.* Nuestros datos de la prueba muestran que, teniendo el nivel de significancia del 5%, se acepta la hipótesis del investigador, porque el valor sig de la prueba en los grupos es igual a 0.000 y es menor a 0.05, por ello, se tiene disimilitud

significativa entre las medias de los valores de CBR entre el diseño patrón y los diseños experimentales, en consecuencia si tenemos similitud de varianzas, se aplicó la prueba post hoc de Tukey para establecer que diseño experimental tiene un efecto positivo sobre el CBR.

### Prueba de post hoc de Tukey con el 100% MDS

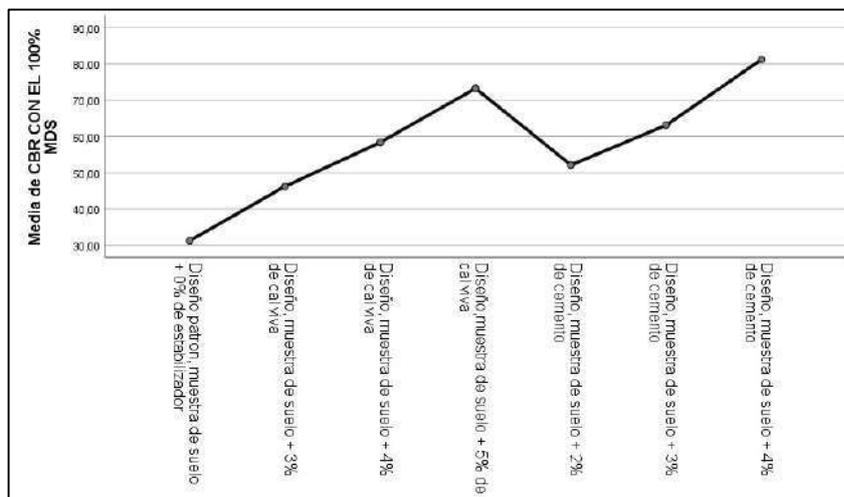
*Tabla 55. Prueba de post hoc de Tukey*

CBR CON EL 100% MDS								
HSD Tukey <sup>a</sup>								
FACTOR DEL TIPO DE DISEÑO	N	Subconjunto para alfa = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
Diseño patrón, muestra de suelo + 0% de estabilizador	3	31,2300						
Diseño, muestra de suelo + 3% de cal viva	3		46,2100					
Diseño, muestra de suelo + 2% de cemento	3			52,1200				
Diseño, muestra de suelo + 4% de cal viva	3				58,3667			
Diseño, muestra de suelo + 3% de cemento	3					63,1033		
Diseño, muestra de suelo + 5% de cal viva	3						73,2300	
Diseño, muestra de suelo + 4% de cemento	3							81,2133
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Propia

*Figura 35. Media de CBR con el 100% de MDS*



Fuente: Propia

*Nota.* De los resultados obtenidos en la prueba de Tukey, nos indica que entre los siete subconjuntos existe diferencias significativas entre sus medias, más no dentro de cada subconjunto, esto es existe diferencias significativas entre el diseño patrón y los diseños experimentales, del gráfico de medias también podemos observar que la media de los diseños patrón, son significativamente menores a los diseños experimentales, por lo tanto, concluimos con un nivel de significancia del 5% que existe evidencia suficiente para afirmar que al 100% de MDS los valores CBR de los diseños con 3%, 4% y 5% de cal viva y 2%, 3% y 4% de cemento son significativamente mayor que el diseño patrón, sin embargo el diseño con 2%, 3% y 4% de cemento es el que mejor efecto positivo tiene, por tanto, concluimos que los valores de CBR de la base con refuerzo mejora significativamente al estabilizar la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés-Plazapata, Huancavelica 2021.

#### 5.2.4 Hipótesis específica 3

La cal viva y el cemento influye en el costo de la estabilización de base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés Plazapata Huancavelica 2021

##### **Planteamiento Estadístico de la prueba de Hipótesis**

**Hipótesis Nula (H0):** La cal viva y el cemento no influye de manera favorable en el costo de la estabilización de base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés Plazapata Huancavelica 2021.

$$\mu_{AC1} = \mu_{AC2} = \mu_{AC3} = \dots = \mu_{AC6} = \mu_{AC \text{ patrón}}$$

**Hipótesis Alterna (Ha):** La cal viva y el cemento influye de manera favorable en el costo de la estabilización de base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés Plazapata Huancavelica 2021

Existe al menos un  $i / \mu_{ACi} \neq \mu_{AC \text{ patrón}}$

Donde  $\mu_{RCS}$ , es el costo unitario directo.

##### **Prueba del supuesto de Normalidad para los valores del análisis de costos:**

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: los datos provienen de una distribución normal

Ha: los datos no provienen de una distribución normal

**Figura 36. Pruebas de normalidad**

Pruebas de normalidad							
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	% de cemento y cal	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Costo	3% de cal	,385	3	.	,750	3	,001
	4% de cal	,176	3	.	1,000	3	,984
	5% de cal	,379	3	.	,765	3	,033
	2% de cemento	,253	3	.	,964	3	,637
	3% de cemento	,248	3	.	,968	3	,659
	4% de cemento	,179	3	.	,999	3	,948

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 36, se aprecia los resultados de la prueba de normalidad cuyos valores del nivel de significancia no todos los valores son mayores a 0.05 lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna y se concluye que los datos no provienen de una distribución normal.

Debido a que no cumplen con el supuesto de normalidad se aplica la prueba no paramétrica de kruskall Wallis.

**Prueba de kruskall Wallis:**

**Ho:** Se acepta la hipótesis nula si el nivel de significancia el mayor a 0.05.

**Ha:** Se acepta la hipótesis alterna cuando el nivel de significancia en menor a 0.05.

**Figura 37. Prueba de hipótesis de Kruskall Wallis**

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Costo es la misma entre categorías de % de cemento y cal.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,005	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.

**Fuente:** Elaboración propia

Con un nivel de significa del 0.05 se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, por ello se concluye que, La cal viva y el cemento influye de

manera favorable en el costo de la estabilización de base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés Plazapata.

## CAPITULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Análisis y discusión de resultados

**HIPÓTESIS GENERAL:** La cal viva y el cemento influyen significativamente en la evaluación de estabilización de base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021.

De acuerdo a nuestros resultados obtenidos en los ensayos de densidad de campo realizados en los 12 puntos del tramo de la carretera Santa Inés se puede apreciar que al usar la cal viva y cemento en la estabilización de la base con presencia de bofedales se mejoró el suelo; con cal viva en su mayoría se obtuvo un grado de compactación de 97%, 98%, 99% y 100% y en estabilización con cemento se obtuvo en su mayoría un grado de compactación de 97%, 98%, 99% y 100%, por ende la cal viva y cemento favorece en la compactación de la base, cumpliendo los parámetros especificados en el manual de carreteras.

En este sentido, coincide con lo que demostró el autor García (2016), cuando realizó una comparación del desempeño de la cal estructural en la subrasante conformado por un tipo de suelo limo arcilloso.

**HIPÓTESIS ESPECÍFICA 01:** La cal viva y el cemento influye en la resistencia a compresión simple en la estabilización de la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés Plazapata Huancavelica 2021.

De acuerdo a los ensayos realizados en la estabilización de la base con presencia de bofedales de la carretera Santa Inés se obtuvo como resultado el 4% y 5 % de cal viva y el 3% y 4% de cemento, aprueba la resistencia requerida de  $18.35 \text{ kg/cm}^2$ .

Por lo tanto, podemos indicar que las propiedades de cal viva y el cemento favorecen en la resistencia a compresión de las muestras de probetas suelo cal y suelo cemento. Asimismo, también los autores Gómez, Giulin & Gallardo (2016), realizaron una comparación del ensayo de resistencia a la compresión confinada de mezclas de suelo cal y suelo cemento, donde indican que dichos elementos también favorecen a la estabilización de suelos.

**HIPÓTESIS ESPECÍFICA 02: La cal viva y el cemento contribuye en las propiedades del suelo en la estabilización de base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés Plazapata Huancavelica 2021.**

En los datos obtenidos de los ensayos de CBR con el 95% de MDS y CBR con el 100% de MDS la cal viva y el cemento favorecen la resistencia y asimismo reducen el porcentaje de humedad y plasticidad del suelo en la estabilización de base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés al respecto lo demostró el autor Castillo (2017), cuando realizó una comparación del CBR de la muestra de suelo estabilizado y no estabilizado conocido también como diseño y justifico que la valoración del CBR es superior al mejorar estos suelos con cal, el incremento es un 15.8% por cada porcentaje de cal añadida.

**HIPÓTESIS ESPECÍFICA 03: La cal viva y el cemento influye en el costo de la estabilización de base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés Plazapata Huancavelica 2021.**

En el análisis comparativo del presupuesto obtenido se demuestra que hay una ventaja económica en el 3% de incorporación de cemento y la incorporación del 4% de cal viva para la estabilización de la base de bofedales de la carretera Santa Inés, además de cumplir con el parámetro de la resistencia requerida de  $18.35 \text{ kg/cm}^2$  especificada en el manual de carreteras sección estabilización de suelos, muy aparte de ello favorece la vida útil de la vía reduciendo los costos de mantenimiento.

## CONCLUSIONES

- Según nuestros resultados determinamos; teniendo una dosificación indicada de cal viva y cemento, repercute positivamente con la estabilización de base con presencia de bofedales de la carretera Santa Inés – Plazapata, Huancavelica. Asimismo, se obtuvo un grado de compactación mayor al 95 % en el ensayo de densidad de campo realizado en el tramo desde el punto N°1 Prog. 128+000 lado derecho hasta el punto N°13 Prog. 131 + 000 lado derecho, los grados de compactación en la estabilización con cemento en su mayoría fue a partir del 97% al 100% y en el Punto N°1 Prog. 131+250 lado derecho hasta el punto N°12 Prog. 134 +000 lado eje en la estabilización con cal viva se obtuvo los mismos resultados indicados en el grado de compactación con cemento.
- Acorde a nuestros resultados obtenidos de resistencia a compresión en las muestras de probeta suelo cal y suelo cemento ensayado para la estabilización de la base con presencia de bofedales de la carretera Santa Inés el 4% y 5 % de cal viva y el 3% y 4% de cemento se determinó que si cumple la resistencia requerida de  $18.35 \text{ kg/cm}^2$ , según lo estipulado en la EG-2013 a los 7 días del curado; sin embargo, el diseño experimental que mayor efecto positivo tiene a la edad de 7 días es el 3% y 4% de cemento.
- Al evaluar los suelos estabilizados con la cal viva y el cemento se demuestra que influyen significativamente en las propiedades del suelo; los cuales son, la resistencia del ensayo de penetración en el CBR con el 95% de MDS y en el CBR con el 100% de MDS en comparación con el diseño patrón; el diseño experimental de 4% y 5% de cal viva y el cemento con 3% y 4% sin embargo el que mayor efecto positivo tiene es el 3% y 4% de cemento.
- Finalmente, se concluye que el presupuesto de la estabilización con cemento y cal viva en la base con presencia de bofedales de la carretera Santa Inés , influye económicamente favorable en la estabilización con el 3% de incorporación de cemento y con la incorporación del 4% de cal viva para la estabilización de la base además de cumplir con el parámetro de la resistencia requerida de  $18.35 \text{ kg/cm}^2$  sin embargo el que mayor efecto positivo tiene tanto en el costo como en la resistencia es la estabilización con la incorporación con 3% de cemento.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el curado de las muestras cilíndricas de suelo cemento y/o suelo cal por edades de 3, 7, 14 y 28 días para determinar la resistencia a la compresión simple para evaluar el incremento de la resistencia con más tiempo de curado ya que en el procedimiento del manual de ensayos solo especifica que se debe evaluar la resistencia a la compresión simple a la edad de 3 y 7 días.
- Se recomienda el cemento a partir del 3% de adición para reducir el porcentaje de humedad y plasticidad de los suelos geotécnicamente inestables ya que desde los 3 días de curado el cemento ya incrementa resistencia en el ensayo de compresión simple en las muestras cilíndricas compactados.
- Se recomienda considerar el tiempo de saturación por 4 días en el ensayo de penetración CBR debido a que, al permanecer más tiempo en la poza de curado, la expansión de las arcillas es superior por ende el valor de CBR puede disminuir.
- Se recomienda realizar más investigaciones referentes a la incorporación para estabilizaciones de suelos en el desempeño de cementos reciclados para la optimización de costos en las estabilizaciones ya que dichos cementos reciclados provienen de los desechos en las concreteteras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **ALTAMIRANO NAVARRO, Genaro Jose & DIAZ SANDINO, Axell Exequiel. 2015.** Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas. Managua-Nicaragua : s.n., 2015.
2. **AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 2018.** ASTM C977 - Especificación estándar para cal viva y cal hidratada para estabilización de suelos. 2018.
3. **AYBAR ARRIOLA, Gustavo Adolfo. 2019.** Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica. Lima : s.n., 2019.
4. **BECERRA SANTILLAN, Anthony Cesar, HERRERA GONZALES, Alfredo Emmanuel. 2019.** Estabilización de arcillas, arenas y aformados, empleando los cementos pacasmayo viaforte, mochica y qhuna; Lambayeque. Pimentel-Peru : s.n., 2019.
5. **BERNAL, Cesar A. 2010.** Metodología de la Investigación. Colombia : Tercera edición, 2010.
6. **CALCINOR. 2020.** La Cal, un producto-tres efectos, en la estabilización de suelos. La Cal, un producto-tres efectos, en la estabilización de suelos. [En línea] 23 de 04 de 2020. [Citado el: 08 de 11 de 2021.] <https://www.calcinor.com/es/actualidad>.
7. **CALMOSACORP. 2019.** Ficha Técnica Oxido de calcio fina y granulada. Ficha Técnica general cal viva. [En línea] 03 de 05 de 2019. [Citado el: 16 de 11 de 2021.] Downloads/Ficha-Técnica-Óxido-de-Calcio-Fina-y-Granulada-Calmosacorp-Super-Cal-Viva.
8. **CARRASCO DIAZ, Sergio. 2005.** Metodología de la investigación científica. 2005.
9. **CASTILLO PARRA, Byron Fernando. 2017.** Estabilización de Suelos Arcillosos de Macas con Valores de CBR menores al 5% y Límites Líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como Subrasantes en Carreteras. Cuenca- Ecuador : s.n., 2017.

10. **CCANTO MALLMA, G. 2010.** METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA. Huancayo : Vision Peruana, 2010.
11. **CEMENTO TEQUENDAMA, (T). 2017.** Cemento Tequendama,(T). Cemento Tequendama,(T). [En línea] 08 de enero de 2017. [Citado el: 09 de Noviembre de 2021.] <https://cetesa.com.co/blog/cuales-son-las-propiedades-del-cemento-2/>.
12. **CEMEX. 2019.** Articulos de construccion: CEMEX. [En línea] 19 de Junio de 2019. <https://www.cemex.com.pe/-/hablando-de-cementos-portland>.
13. **CHAVEZ ARDAYZA, DAIEGO Marco & ODAR YABAR, Gabriela. 2019.** Propuesta de estabilización con cal para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales y su influencia en el pavimento rígido bajo la metodología de diseño AASHTO 93 aplicado al tramo 1 de la carretera Oyón-Ambo. Lima : s.n., 2019. pag.18.
14. **CUADROS SURICHAQUI, Claudia Maria. 2016.** Mejoramiento de las propiedades fisico-mecanicas de la subrasante en una via afirmada de la red vial departamental de la región junin mediante la estabilización química con oxido de calcio. Huancayo-Peru : s.n., 2016.
15. **DAS, Brajas M. 2019.** Fundamentos de ingeniería de cimentaciones. s.l. : Cengage Learning, 2019. Vol. Séptima edición.
16. **DEPARTAMENTO DE NORMALIZACIÓN. 2021.** Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima : s.n., 2021.
17. **DURANGO Agudelo, EDILIA Andrea. 2016.** Relación entre infraestructura vial y desarrollo económico en los municipios de Antioquia: aplicación espacial. Medellín : Universidad EAFIT, 2016.
18. **FONKEN, MALDONADO. 2014.** Introducción a los bofedales de la región Altoandina Peruana. Lima : s.n., 2014.
19. **GARCIA GONZALES, Anabelen. 2015.** Determinación de la resistencia de la subrasante incorporando cal estructural en el suelo limo arcillo del sector de 14 mollepampa . Cajamarca : s.n., 2015.

20. **GARCÍA TORO, Jonatan Rodrigo. 2019.** Estudio de la Técnica de Suelo - Cemento para la Estabilización de Vías Tercearias en Colombia que posean un alto contenido de Caolin. Colombia : s.n., 2019.
21. **GOMEZ PEREZ, Luis Eduardo & GUILLIN ACOSTA, William Ferney & GALLARDO AMAYA, Romel Jesús. 2016.** Variación de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos compresibles estabilizados con material cementante. Ocaña-Colombia : s.n., 2016.
22. **HERMOSILLA DELLAROSSA, Natalia. 2013.** ANÁLISIS DE LA FATIGA DE BASES ESTABILIZADAS CON CEMENTO EN RUTAS DE BAJO TRÁNSITO. 2013.
23. **HERNANDEZ SAMPIERI, ROBERTO. 2014.** METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN. s.l. : 6ta edición, 2014.
24. **LOPEZ CHAVEZ, Aracely & PALACIOS GONZALES, Jersey. 2021.** Comparación técnica y económica de la estabilización mecánica y química de la base en el pavimento de la ruta MO.102. San Martín : Universidad Científica del Perú, 2021.
25. **MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIAL. 2017.** MTC 100 - Determinación del Contenido de Humedad de un Suelo. Lima : s.n., 2017.
26. **MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. 2013.** Manual de Carreteras. Lima : s.n., 2013.
27. —. **2013.** Manual de carreteras (Especificaciones Técnicas Generales para Construcción ). Lima : Tomo I, 2013. Pag. 247.
28. —. **2018.** Manual de carreteras especificaciones técnicas generales para construcción. Lima : tomo I, 2018.
29. —. **2016.** Manual de ensayo de materiales. Lima : Edición-mayo, 2016. pag.1003.
30. —. **2017.** MTC 115 - Compactación de Suelos en Laboratorio utilizando una Energía Modificada (Proctor Modificado). Lima : s.n., 2017.
31. —. **2017.** MTCE132 - CBR de Suelos (Laboratorio). Lima : s.n., 2017.

32. **MUÑOZ ROCHA, Carlos. 2008.** Metodología de la investigación. Mexico : primera edición, 2008.
33. **NORMA TECNICA PERUANA, (NTP). 2017.** Cal viva y cal hidratada para estabilización de suelos. Lima : 2da Edición, 2017. Pag 3.
34. **PARRA GOMEZ, Manual Gerardo. 2018.** Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante . Bogota : s.n., 2018.
35. **SANCHEZ CARLESSI, Hugo & REYES ROMERO, Carlos. 2018.** Manual de terminos en investigación científica, tecnologica y humanistica. Lima - Perú : s.n., 2018.
36. **TOMA, Hiroshi y MACHADO, Roberto. 2017.** Economic growth and transport and communications infrastructure in Peru. [aut. libro] Roberto Machado y Toma Hiroshi. Economía Vol. XL. 2017.
37. **TORRES ARENAS, Raúl Enrique. 2019.** Diseño de base estabilizada con emulsión asfáltica catiónica, carretera yauri – desvío Livitaca (7 curvas) región Cusco - 2018. La Libertad, Universidad Privada de Trujillo. Trujillo : s.n., 2019.
38. **UNACEM. 2012.** Cemento Andino premium . Ficha Tecnica, Cemento Andino premium . [En línea] 01 de 03 de 2012. [Citado el: 16 de 11 de 2021.]
39. **VALDERRAMA APARICIO, Pedro Fernandez. 2013.** MODELO PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO ASOCIADO A LOS COSTES GLOBALES EN FASE DE POSTCONSTRUCCIÓN EN EDIFICIOS PLURIFAMILIARES DESTINADOS A ARRENDAMIENTO. 2013.
40. **VALLE AREAS, Wilfredo Alfonso. 2010.** Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesíferos. Ingeniería y Morfología del Terreno, E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos (UPM). 2010.
41. **VÁSQUEZ VÉLEZ, Luz América. 2011.** "Incidencia de los instrumentos de evaluación en el desarrollo de las competencias metacognitivas de los estudiantes del primer año de la facultad de pedagogía, psicología y educación de la universidad católica de cuenca". Ambato : s.n., 2011.

42. **VELASQUEZ PEREYRA, Cesar. 2018.** Influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcillosos de la subrasante de la avenida dinamarca, sector la molina . Cajamarca : s.n., 2018.

## **ANEXOS**

## ANEXO N°1: Matriz de consistencia

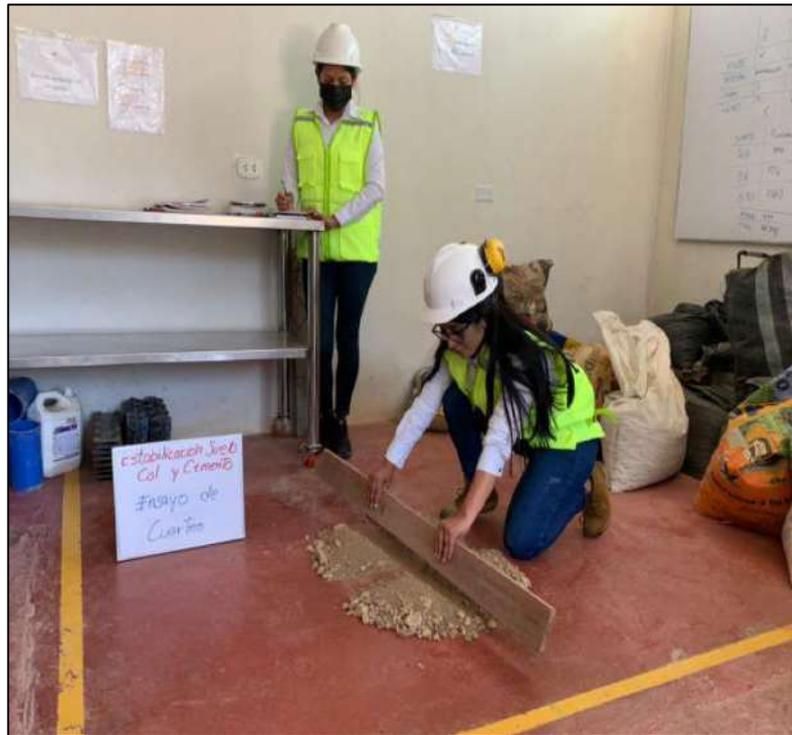
EVALUACIÓN DE ESTABILIZACION CON CAL VIVA Y CEMENTO PARA BASES CON PRESENCIA DE BOFEDALES, CARRETERA SANTA INÈS-PLAZAPATA, HUANCVELICA-2021						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<b>PROBLEMA GENERAL:</b>	<b>OBJETIVO GENERAL:</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL:</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b>	<b>D1:</b> Propiedades de cal	<b>I1:</b> Físicas <b>I2:</b> Químicas	<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN:</b> Científico  <b>ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN:</b> Cuantitativo
¿De qué manera influye la cal viva y el cemento en la evaluación de estabilización de la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés -Plazapata, Huancavelica 2021?	Evaluar la influencia de la estabilización con cal viva y cemento en bases con presencia de bofedales carretera Santa Inés – Plazapata, Huancavelica 2021.	La cal viva y el cemento influyen significativamente en la evaluación de estabilización de la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021.	Cal viva y cemento	<b>D1:</b> Propiedades del cemento  <b>D3:</b> Costo	<b>I1:</b> Físicas <b>I2:</b> Químicas  <b>I1:</b> Precios unitario del cemento <b>I2:</b> Precios unitarios de cal viva  <b>I1:</b> Granulometría del suelo <b>I2:</b> Proporción de cemento 2%,3% y 4% <b>I3:</b> Proporción de cal viva 3%, 4% y 5%	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> Aplicada  <b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</b> Descriptivo - explicativo-comparativo  <b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</b> Experimental. <b>GE: 0<sub>1</sub> X 0<sub>2</sub></b> <b>GC: 0<sub>3</sub> - 0<sub>4</sub></b>
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS:</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>	<b>D1:</b> Preparación suelo cemento	<b>I1:</b> CBR con 3%, 4% y 5% de cal viva <b>I2:</b> CBR con 2%, 3% y 4% de cemento	<b>POBLACIÓN:</b> Carretera Santa Inés – Plazapata, PE-28D  <b>MUESTRA:</b> Del (km. 128+000 al km. 134+000)
¿De qué manera influye la cal viva y el cemento en la resistencia a compresión simple en la estabilización de la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés-Plazapata, Huancavelica 2021?	Determinar de qué manera influye la cal viva y el cemento en la resistencia a compresión simple en la estabilización de la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés, Plazapata-Huancavelica 2021.	La cal viva y el cemento influye en la resistencia a la compresión simple en la estabilización de la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés Plazapata Huancavelica 2021.	Bases con presencia de bofedales	<b>D2:</b> Relación de humedad suelo-cal viva y cemento		<b>INSTRUMENTOS:</b> • Formatos de los ensayos. • Ficha de recopilación de datos
¿Cómo influye la cal viva y el cemento en las propiedades del suelo en la estabilización de la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés-Plazapata, Huancavelica 2021?	Identificar como influye la cal viva y cemento en las propiedades del suelo en la estabilización de la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés, Plazapata-Huancavelica 2021	La cal viva y el cemento contribuye en las propiedades del suelo en la estabilización de base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés Plazapata Huancavelica 2021.		<b>D3:</b> Resistencia a compresión	<b>I1:</b> Edad de 3 días <b>I2:</b> Edad de 7 días	
¿En qué medida influye el uso de cal viva y de cemento en el costo de la estabilización de la base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021?	Evaluar en qué medida influye la cal viva y el cemento en el costo de la estabilización de la base con presencia de los bofedales en la carretera Santa Inés-Plazapata, Huancavelica 2021	La cal viva y el cemento influye en el costo de la estabilización de base con presencia de bofedales en la carretera Santa Inés Plazapata Huancavelica 2021				

## ANEXO N°2: Matriz de operacionalización de variables

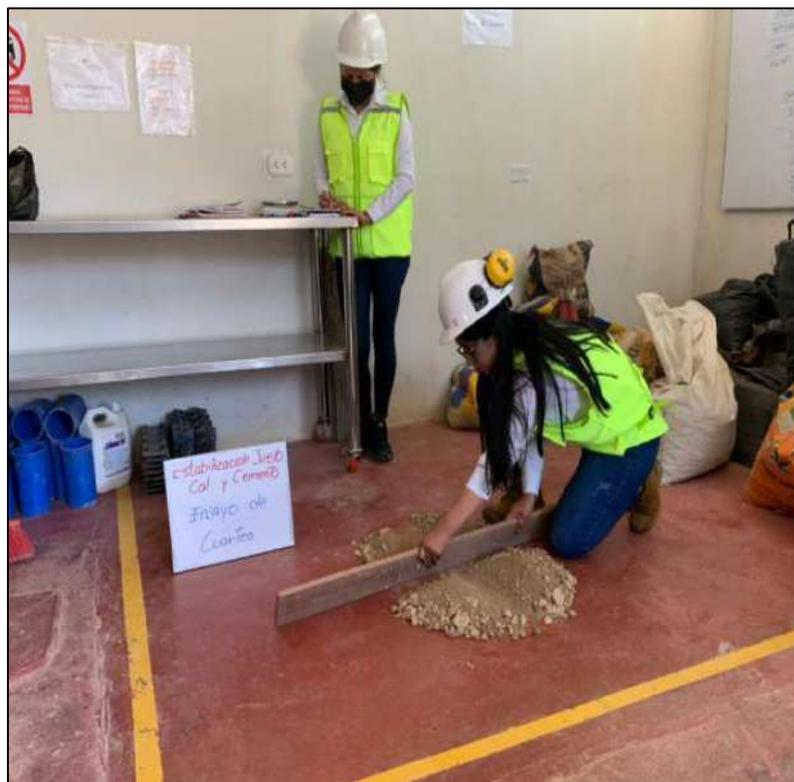
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA
<b>V1: Cal viva y cemento</b>	El cemento y la cal viva genera reacciones químicas en el suelo porque influye una fuerte captación de iones de calcio por las partículas de suelo.	El cemento y la cal viva actúan como un punto de soldadura en las partículas del suelo manteniéndolas unidas durante mucho tiempo al haber compactado	D1: Propiedades de cal	I1: Físicas I2: Químicas	Ficha técnica	Intervalo
			D2: Propiedades del cemento	I1: Físicas I2: Químicas		
				D3: Costo	I1: Precios unitario del cemento I2: Precios unitarios de cal viva	
			<b>V2: Bases con presencia de bofedales</b>		Genera riesgos con respecto al soporte de la estructura de una vía debido al mayor % de contenido de humedad.	
D2: Relación de humedad suelo-cal viva y cemento	I1: CBR con 3%, 4% y 5% de cal viva I2: CBR con 2%, 3% y 4% de cemento					
D3: Resistencia a compresión	I1: Edad de 3 días I2: Edad de 7 días					

# PANEL FOTOGRAFICO

**FOTOGRAFIA 1:** Se inicia con los trabajos del cuarteo de la muestra.



**FOTOGRAFIA 2:** Se continua con los trabajos de cuarteo de la muestra para seleccionar la parte que se va a ensayar.



**FOTOGRAFIA 3:** Se realiza el recojo de la muestra seleccionada inmediatamente después del cuarteo.



**FOTOGRAFIA 4:** La muestra seleccionada se agrega a la tara designada.



**FOTOGRAFIA 5:** Se inicia a tamizar la muestra por la malla N°40 para así realizar después, el ensayo de límites.



**FOTOGRAFIA 6:** Se realiza el ensayo de contenido de humedad, la muestra obtenida es ingresada en el horno para el secado correspondiente.



**FOTOGRAFIA 7:** Luego retiramos la muestra del horno utilizando los guantes de protección.



**FOTOGRAFIA 8:** Se realiza el lavado de la muestra obtenida para el ensayo.



**FOTOGRAFIA 9:** Lavamos bien la muestra hasta que ésta ya no obtenga residuos orgánicos o similares.



**FOTOGRAFIA 10:** Se realiza el lavado la muestra y colocando en el tamiz para poder seleccionar el material.



**FOTOGRAFIA 11:** Lavamos con cuidado y pasamos la muestra por el tamiz de malla N°200.



**FOTOGRAFIA 12:** Procedemos a secar la muestra en el horno.



**FOTOGRAFIA 13:** Dejamos enfriar la muestra y pasamos a pesar.



**FOTOGRAFIA 14:** La muestra seca se deposita en los tamices para realizar el ensayo granulométrico.



**FOTOGRAFIA 15:** Se realiza el tamizado de la muestra.



**FOTOGRAFIA 16:** Sacamos las muestras retenidas por las mallas.



**FOTOGRAFIA 17:** Pesamos el material retenido por cada malla.



**FOTOGRAFIA 18:** Tomamos nota de los pesos del material.



**FOTOGRAFIA 19:** Se realiza el ensayo de límite plástico.



**FOTOGRAFIA 20:** Usamos la copa de Casagrande para el ensayo de límite líquido.



**FOTOGRAFIA 21:** Procedemos hacer un surco lineal con el acanalado para así después dar golpes.



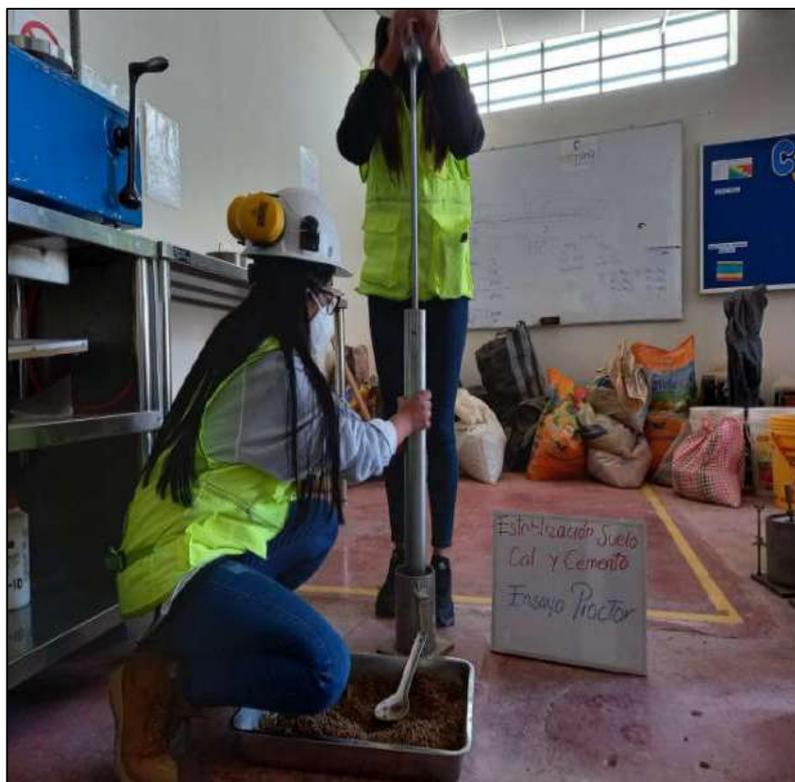
**FOTOGRAFIA 22:** Cortamos y sacamos la muestra en las pequeñas taras para llevar al horno y secar.



**FOTOGRAFIA 23:** Ensayo Proctor.



**FOTOGRAFIA 24:** Ponemos la muestra en el molde y pasamos a compactar con el pisón.



**FOTOGRAFIA 25:** Se realiza la compactación de la muestra.



**FOTOGRAFIA 26:** Con una regla sacamos el material sobrante del molde



**FOTOGRAFIA 27:** Pesamos la muestra compactada con todo y el molde.



**FOTOGRAFIA 28:** Abrimos el molde para sacar la muestra.



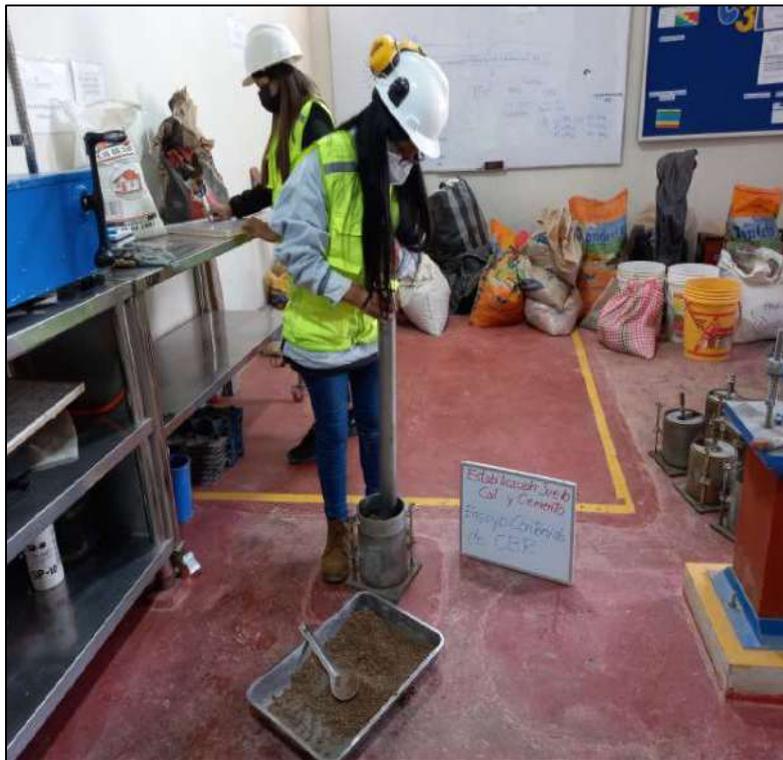
**FOTOGRAFIA 29:** Compactamos la muestra en el siguiente molde, (Ensayo Proctor).



**FOTOGRAFIA 30:** Compactación con un buen uso del pisón.



**FOTOGRAFIA 31:** Compactación para ensayo de CBR.



**FOTOGRAFIA 32:** Ensayo de contenido de CBR



**FOTOGRAFIA 33:** Se realiza ensayo de saturación de los moldes para determinar el CBR.



**FOTOGRAFIA 34:** Sumergimos los moldes con las muestras para el ensayo de saturación de CBR.



**FOTOGRAFIA 35:** Ensayo de saturación con Cemento al 2 – 3%.



**FOTOGRAFIA 36:** Ensayo de saturación – Cal 3% - 4%.



**FOTOGRAFIA 37:** Ensayo de saturación – Cal 5%



**FOTOGRAFIA 38:** Ensayo de penetración de la muestra al 3% de cal



**FOTOGRAFIA 39:** Ensayo de penetración de la muestra al 4% de cal



**FOTOGRAFIA 40:** Ensayo de penetración de la muestra al 5% de cal



**FOTOGRAFIA 41:** Ensayo de penetración de la muestra al 2% de cemento.



**FOTOGRAFIA 42:** Ensayo de penetración de la muestra al 3% de cemento.



**FOTOGRAFIA 43:** Ensayo de penetración de la muestra al 4% de cemento.



**FOTOGRAFIA 44:** Estabilización de suelo con Cal al 3% - 4% y 5%.



**FOTOGRAFIA 45:** Estabilización de suelo con Cal al 2% - 3% y 4%.



**FOTOGRAFIA 46:** Culminación del ensayo de Estabilización de suelo con Cal, curado a los 3 y 7 días.



**ESTABILIZADO CON CEMENTO KM. 128+000 AL KM. 131+000**

**ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO**

**FOTOGRAFIA 47:** Realización del ensayo de densidad de campo in situ de la progresiva 128+000



**FOTOGRAFIA 48:** Extracción del suelo en la progresiva 128+250



**FOTOGRAFIA 49:** Determinación de la humedad con el equipo de Speedy en la progresiva 128+500



**FOTOGRAFIA 50:** Tamizado del suelo extraído por la malla  $\frac{3}{4}$  en la progresiva 128+750



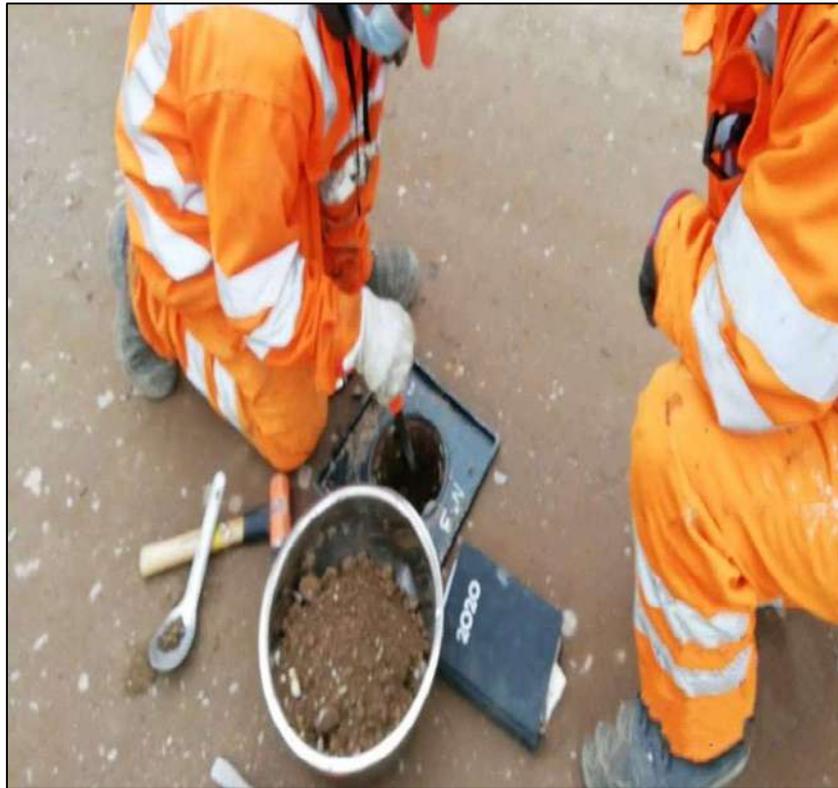
**FOTOGRAFIA 51:** Vaciado de la arena calibrada en la progresiva 129+000



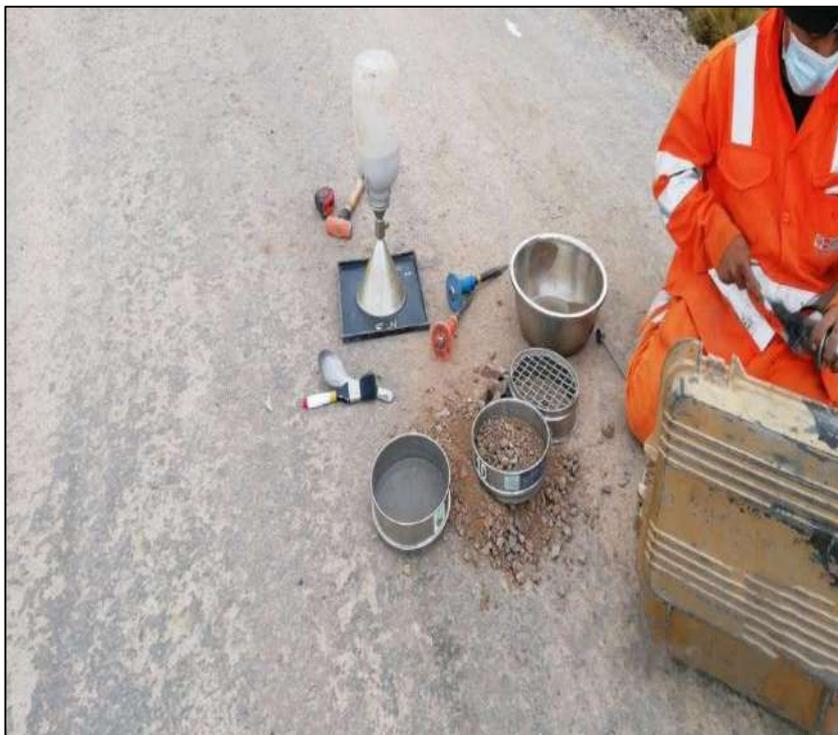
**FOTOGRAFIA 52:** Peso de la muestra extraída en la progresiva 129+750



**FOTOGRAFIA 53:** Excavación del suelo en la progresiva 130+000



**FOTOGRAFIA 54:** Vacado de la arena calibrada en la progresiva 130+250



**FOTOGRAFIA 55:** Extracción de la muestra en la progresiva 130+500



**FOTOGRAFIA 56:** Excavación del suelo en la progresiva 130+750

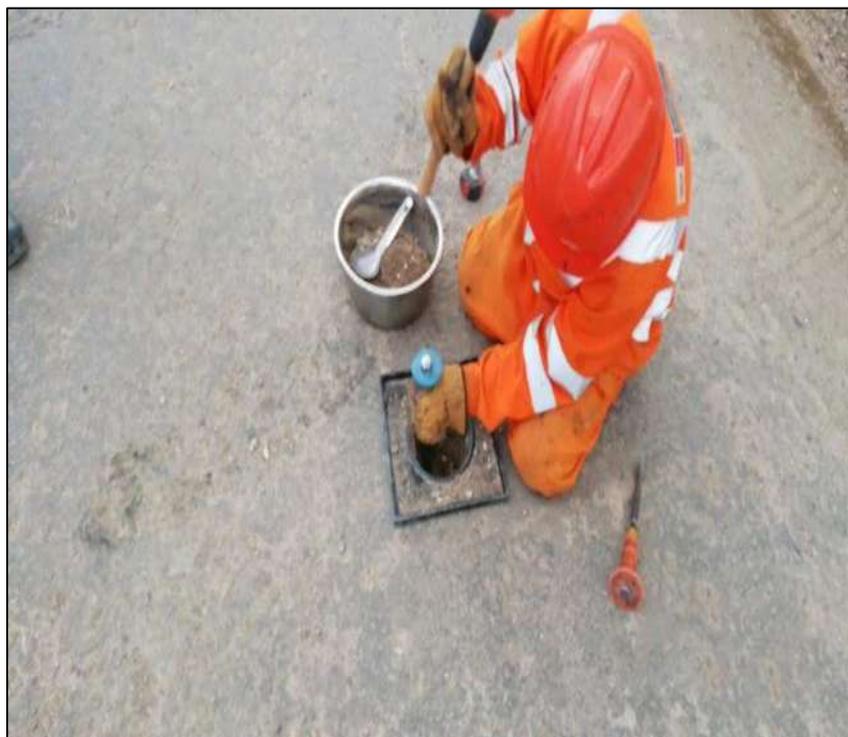


**ESTABILIZADO CON CAL DEL KM. 132+000 AL KM. 134+000**

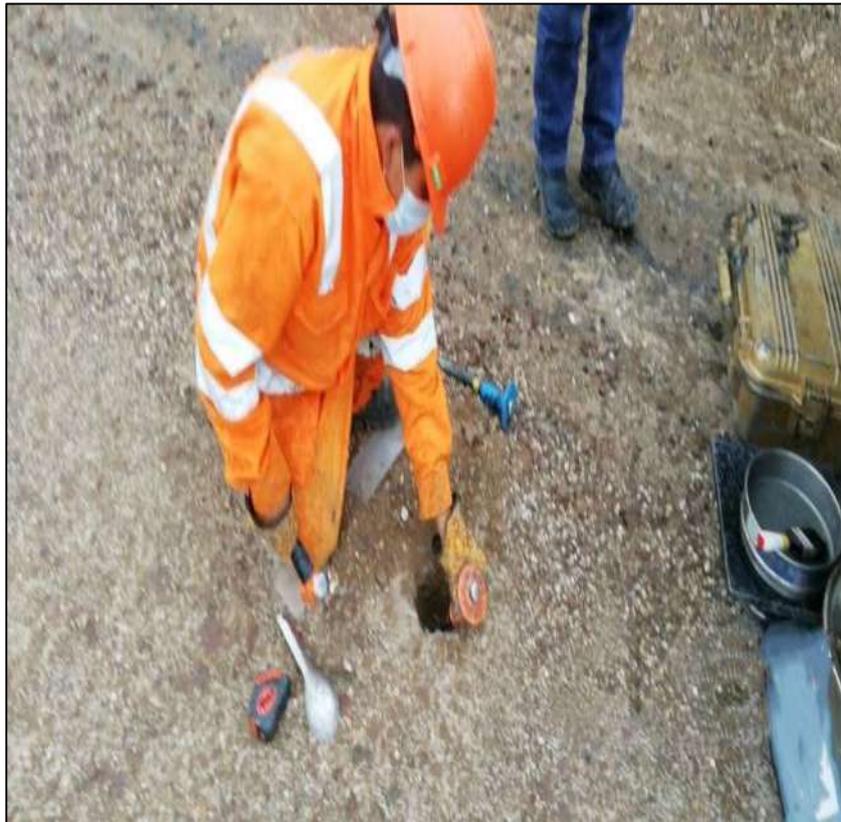
**FOTOGRAFIA 57:** Realización del ensayo de densidad de campo in situ de la progresiva 131+000



**FOTOGRAFIA 58:** Excavación del suelo en la progresiva 131+250



**FOTOGRAFIA 59:** Excavación del suelo en la progresiva 131+500



**FOTOGRAFIA 60:** Vaciado de la arena calibrada en la progresiva 131+750



**FOTOGRAFIA 61:** Vaciado de la arena calibrada en la progresiva 132+000



**FOTOGRAFIA 62:** Determinación de la humedad con el equipo de Speedy en la progresiva



132+250.

**FOTOGRAFIA 63:** Vaciado de la arena calibrada en la progresiva 132+500.



**FOTOGRAFIA 64:** Excavación del suelo en la progresiva 132+750



**FOTOGRAFIA 65:** Excavación del suelo en la progresiva 133+000



**FOTOGRAFIA 66:** Extracción del suelo en la progresiva 133+250



**FOTOGRAFIA 67:** Medición del orificio excavado en la progresiva 133+500



**FOTOGRAFIA 68:** Extracción del suelo en la progresiva 133+750



**FOTOGRAFIA 69:** Extracción del material en la progresiva 134+000



# CERTIFICADO DE ENSAYOS

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

#### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

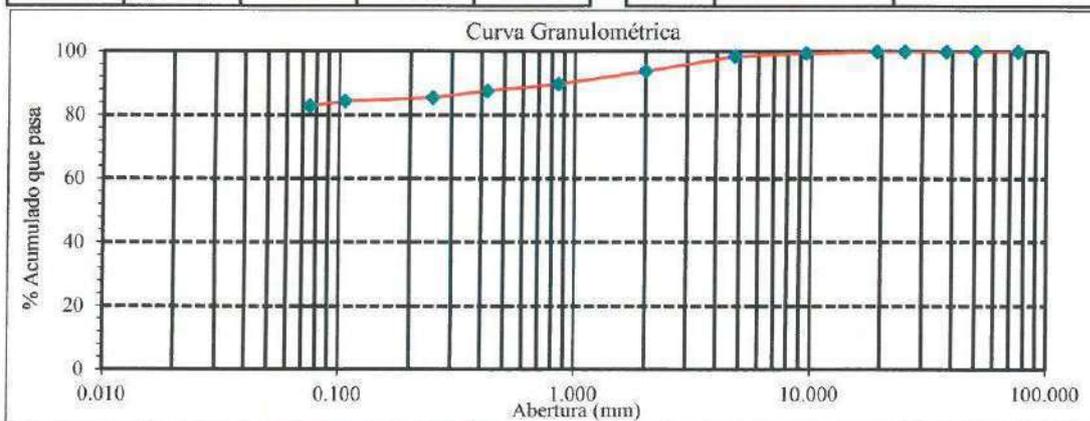
Calicata : Prog. 132+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 in.	75.000	0.0	0.0	100.0
2 in.	50.000	0.0	0.0	100.0
1½ in.	37.500	0.0	0.0	100.0
1 in.	25.000	0.0	0.0	100.0
¾ in.	19.000	0.0	0.0	100.0
½ in.	9.500	0.5	0.5	99.5
No. 4	4.750	1.1	1.6	98.4
No. 10	2.000	4.5	6.1	93.9
No. 20	0.850	4.2	10.3	89.7
No. 40	0.425	2.1	12.4	87.6
No. 60	0.250	2.1	14.5	85.5
No. 140	0.106	1.1	15.6	84.4
No. 200	0.075	1.6	17.2	82.8
Fondo		82.8	100.0	

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	37
Límite Plástico	20
Índice de Plasticidad	17

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	1.6	% Humedad	17.1
% Arena	15.6		
% Finos	82.8		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASHTO NTP 339.135	
Símbolo	CL	A-6 (14)	
Nombre	Arcilla de baja plasticidad		



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

#### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

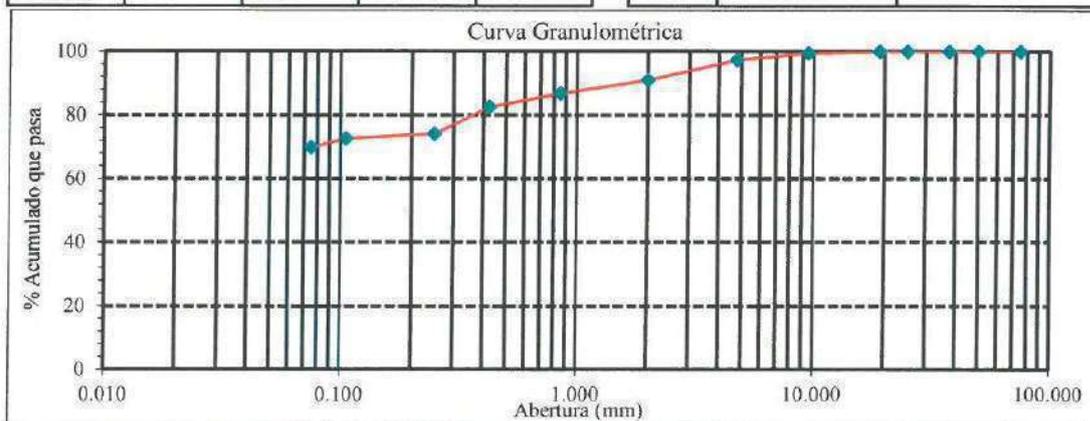
Calicata : Prog. 133+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 in.	75.000	0.0	0.0	100.0
2 in.	50.000	0.0	0.0	100.0
1½ in.	37.500	0.0	0.0	100.0
1 in.	25.000	0.0	0.0	100.0
¾ in.	19.000	0.0	0.0	100.0
½ in.	9.500	0.5	0.5	99.5
No. 4	4.750	2.1	2.6	97.4
No. 10	2.000	6.3	8.9	91.1
No. 20	0.850	4.2	13.2	86.8
No. 40	0.425	4.2	17.4	82.6
No. 60	0.250	8.4	25.8	74.2
No. 140	0.106	1.6	27.4	72.6
No. 200	0.075	2.7	30.1	69.9
Fondo		69.9	100.0	

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	38
Límite Plástico	21
Índice de Plasticidad	17

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	2.6	% Humedad	15.5
% Arena	27.5		
% Finos	69.9		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASHTO NTP 339.135	
Símbolo	CL	A-6 (9)	
Nombre	Arcilla arenosa de baja plasticidad		



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
  - El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).
- Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 3006-2021  
Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
Fecha de emisión : 30-06-21

### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

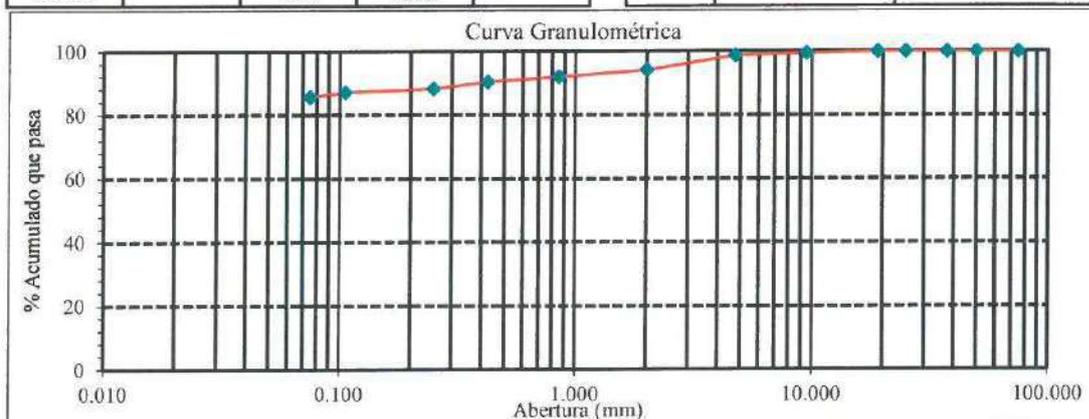
Calicata : Prog. 134+000  
Muestra : M-1  
Profundidad (m) : 1.50

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 in.	75.000	0.0	0.0	100.0
2 in.	50.000	0.0	0.0	100.0
1½ in.	37.500	0.0	0.0	100.0
1 in.	25.000	0.0	0.0	100.0
¾ in.	19.000	0.0	0.0	100.0
½ in.	9.500	0.5	0.5	99.5
No. 4	4.750	0.8	1.4	98.6
No. 10	2.000	4.5	5.9	94.1
No. 20	0.850	2.1	8.0	92.0
No. 40	0.425	1.6	9.6	90.4
No. 60	0.250	2.1	11.7	88.3
No. 140	0.106	1.1	12.7	87.3
No. 200	0.075	1.6	14.3	85.7
Fondo		85.7	100.0	

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	37
Límite Plástico	18
Índice de Plasticidad	19

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	1.4	% Humedad	18.3
% Arena	12.9		
% Finos	85.7		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASHTO NTP 339.135	
Símbolo	CL	A-6 (16)	
Nombre	Arcilla de baja plasticidad		



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Hldefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés -  
 Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

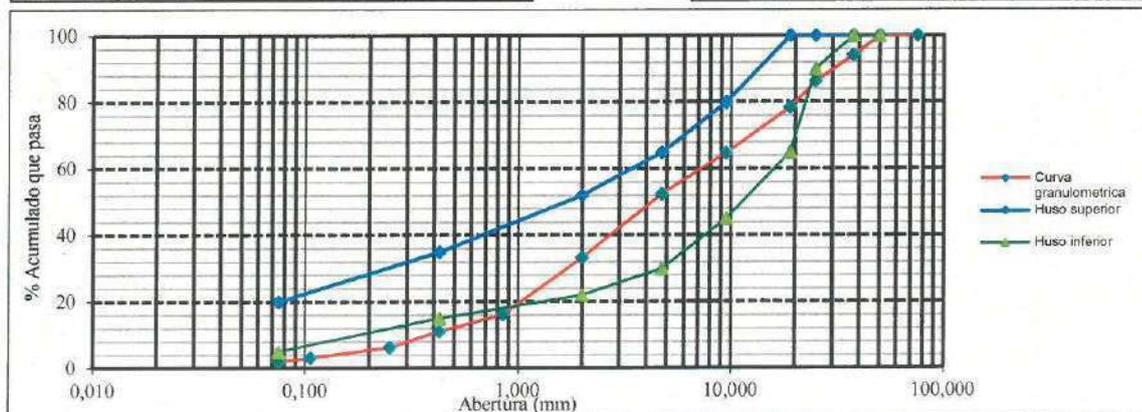
Cantera : San Juan de Astobamba km. 155  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : Superficial

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128					Requerimientos para Base- Gradación "A"
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa	
3 in.	75,000	0,0	0,0	100,0	100
2 in.	50,000	0,0	0,0	100,0	100
1½ in.	37,500	5,8	5,8	94,2	100
1 in.	25,000	8,0	13,7	86,3	100
¾ in.	19,000	7,7	21,5	78,5	100
½ in.	9,500	13,8	35,3	64,7	30 a 65
No. 4	4,750	12,2	47,5	52,5	25 a 55
No. 10	2,000	19,3	66,8	33,2	15 a 40
No. 20	0,850	17,0	83,7	16,3	---
No. 40	0,425	5,1	88,9	11,1	8 a 20
No. 60	0,250	4,8	93,7	6,3	---
No. 140	0,106	3,2	96,9	3,1	---
No. 200	0,075	1,2	98,0	2,0	2 a 8
Fondo		2,0	100,0	0,0	

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	38
Límite Plástico	23
Índice de Plasticidad	15

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	47,5	Humedad (%)	6,2
% Arena	50,5		
% Finos	2,0		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASHTO NTP 339.135	
Símbolo	SC	A-2-6 (0)	
Nombre	Arena arcillosa con grava		



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés  
 Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

### Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada (2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

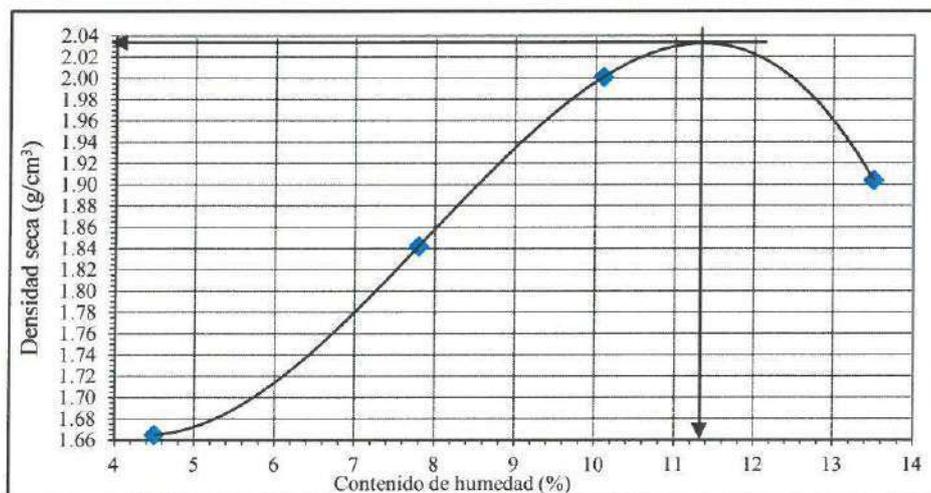
NTP 339.141

#### Método de ensayo Tipo "B"

Cantera : San Juan de Astobamba km. 155  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 2.034 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 11.3 %

% Contenido de humedad	4.5	7.8	10.1	13.5
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.665	1.842	2.001	1.904



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**Expediente N° :** 3006-2021  
**Nombre de los testistas :** Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
**Nombre de la tesis :** Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
**Ubicación :** Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
**Fecha de emisión :** 30-06-21

### Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R. (California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos) NTP 339.175

**Datos de la muestra:**

**Cantera :** San Juan de Astobamba km. 155  
**Muestra :** M-1  
**Profundidad (m) :** 1,50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141**

**Máxima densidad seca :** 2,034 g/cm<sup>3</sup>  
**Óptimo Contenido de Humedad :** 11,3 %

**b).- Compactación de moldes**

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2,034	1,941	1,827
Contenido de Humedad (%)	11,4	11,3	11,2

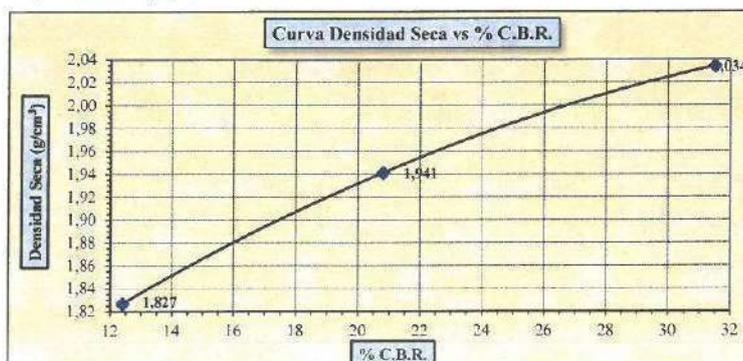
**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0,10	315	1000	31,5
II	0,10	208	1000	20,8
III	0,10	124	1000	12,4

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 31,5%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 19,6%

**d).- Expansión (%) :** SI



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI. GP.004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex





**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 0807-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés -  
 Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 08-07-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
**NTP 339.175**

**Datos de la muestra:**

Cantera : San Juan de Astobamba km. 155 + 2% de cemento  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141**

Máxima densidad seca : 2.114 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 11.4 %

**b).- Compactación de moldes**

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.114	2.046	1.985
Contenido de Humedad (%)	11.4	11.3	11.2

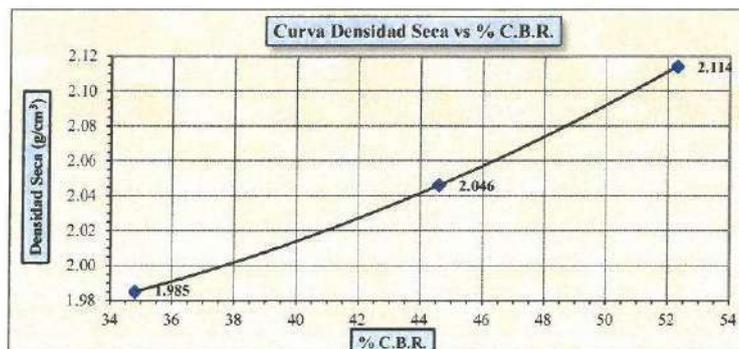
**e).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	523	1000	52.3
II	0.10	446	1000	44.6
III	0.10	348	1000	34.8

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 52.3%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 38.4%

**d).- Expansión (%)** : No



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés  
Plazapata, Huancavelica 2021  
Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**

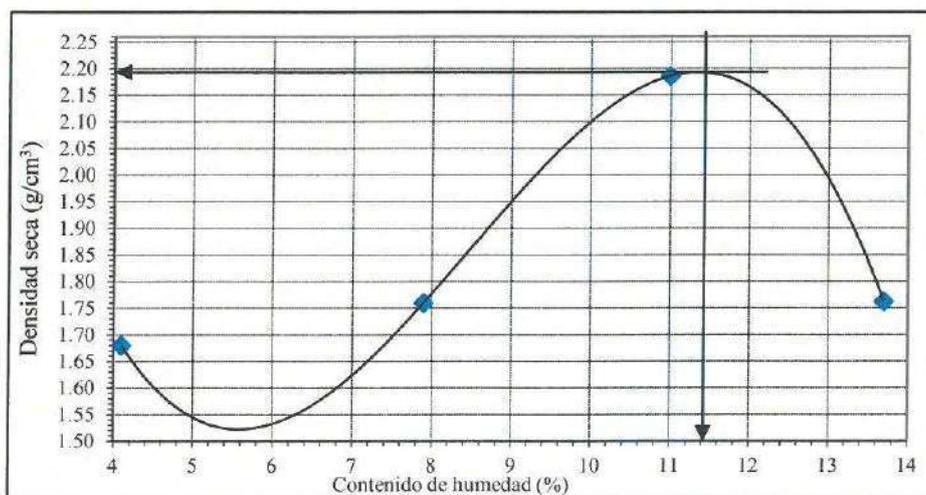
**NTP 339.141**

**Método de ensayo Tipo "B"**

Cantera : San Juan de Astobamba km. 155+ 3% de cemento  
Muestra : M-1  
Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 2.193 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo contenido de humedad : 11.4 %

% Contenido de humedad	4.1	7.9	11.0	13.7
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.680	1.760	2.186	1.762



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex.



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 0807-2021  
Nombre de los tesisas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Idefonso  
Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés -  
Plazapata, Huancavelica 2021  
Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
Fecha de emisión : 08-07-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
**NTP 339.175**

**Datos de la muestra:**

Cantera : San Juan de Astobamba km. 155 + 3% de cemento  
Muestra : M-1  
Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141**

Máxima densidad seca : 2.193 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad : 11.4 %

**b).- Compactación de moldes**

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.193	2.128	2.031
Contenido de Humedad (%)	11.4	11.3	11.2

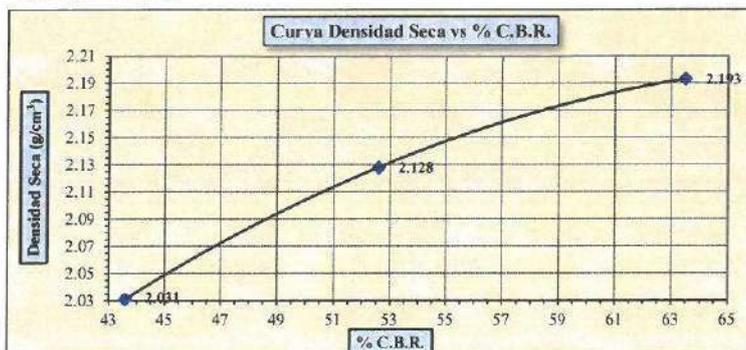
**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	635	1000	63.5
II	0.10	526	1000	52.6
III	0.10	436	1000	43.6

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 63.5%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 47.7%

d).- Expansión (%) : No



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex





**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 0807-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés -  
 Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 08-07-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
**NTP 339.175**

**Datos de la muestra:**

Cantera : San Juan de Astobamba km. 155 + 4% de cemento  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141**

Máxima densidad seca : 2.272 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 11.3 %

**b).- Compactación de moldes**

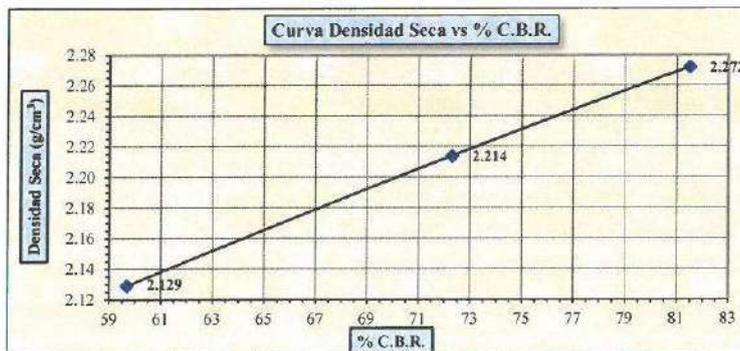
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.272	2.214	2.129
Contenido de Humedad (%)	11.4	11.3	11.2

**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	815	1000	81.5
II	0.10	723	1000	72.3
III	0.10	597	1000	59.7

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 81.5%  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 64.1%

**d).- Expansión (%)** : No



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés  
 Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**

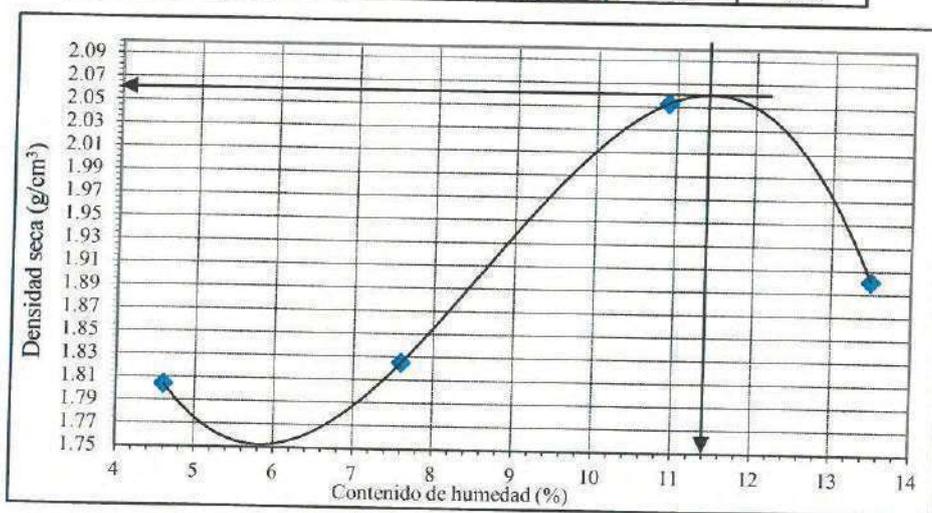
NTP 339.141

Método de ensayo Tipo "B"

Cantera : San Juan de Astobamba km. 155+ 3% de cal  
 Muestra : M-I  
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 2.063 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 11.4 %

% Contenido de humedad	4.6	7.6	10.9	13.5
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.804	1.825	2.053	1.901



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 0807-2021  
 Nombre de los testistas: Bach. Ing. Kely Thalia Torres Idefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés -  
 Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 08-07-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
**NTP 339.175**

**Datos de la muestra:**

Cantera : San Juan de Astobamba km. 155 + 3% de cal  
 Muestra : M-I  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141**

Máxima densidad seca : 2.063 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 11.4 %

**b).- Compactación de moldes**

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.063	1.985	1.851
Contenido de Humedad (%)	11.4	11.3	11.2

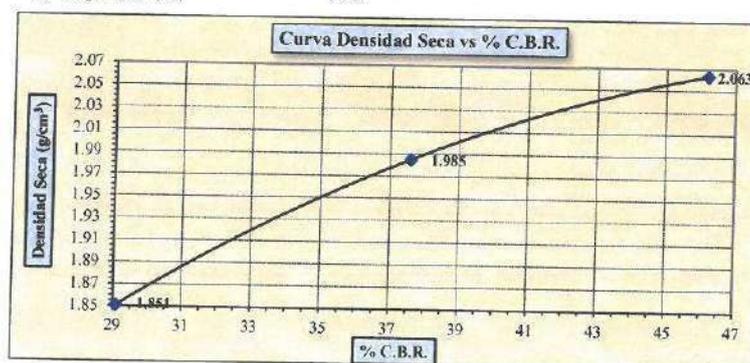
**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	462	1000	46.2
II	0.10	376	1000	37.6
III	0.10	291	1000	29.1

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 46.2%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 35.7%

d).- Expansión (%) : No



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés, Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

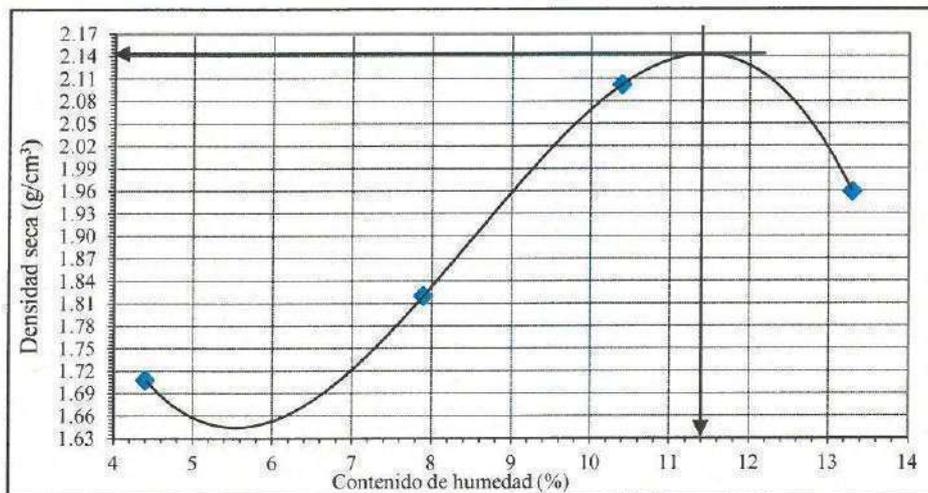
**Método de Ensayo para la Compactacion del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**  
**NTP 339.141**

**Método de ensayo Tipo "B"**

Cantera : San Juan de Astobamba km. 155+ 4% de cal  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 2.142 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 11.4 %

% Contenido de humedad	4.4	7.9	10.4	13.3
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.708	1.820	2.102	1.959



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP.004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 0807-2021  
 Nombre de los testista : Bach. Ing. Kely Thalía Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés -  
 Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyra - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 08-07-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
**NTP 339.175**

**Datos de la muestra:**

Cantera : San Juan de Astobamba km. 155 + 4% de cal  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141**

Máxima densidad seca : 2.142 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 11.4 %

**b).- Compactación de moldes**

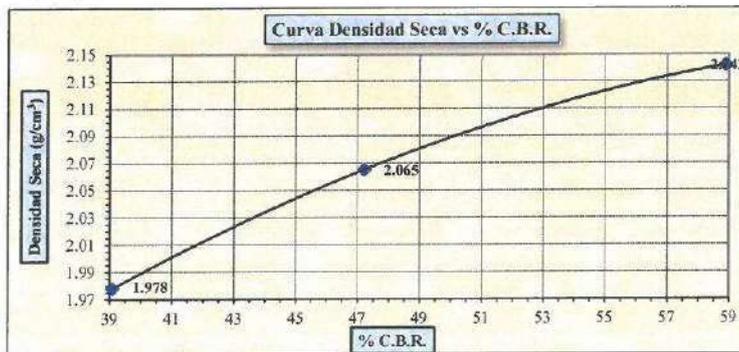
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.142	2.065	1.978
Contenido de Humedad (%)	11.4	11.3	11.2

**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	589	1000	58.9
II	0.10	472	1000	47.2
III	0.10	391	1000	39.1

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 58.9%  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 44.2%

**d).- Expansión (%)** : No



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

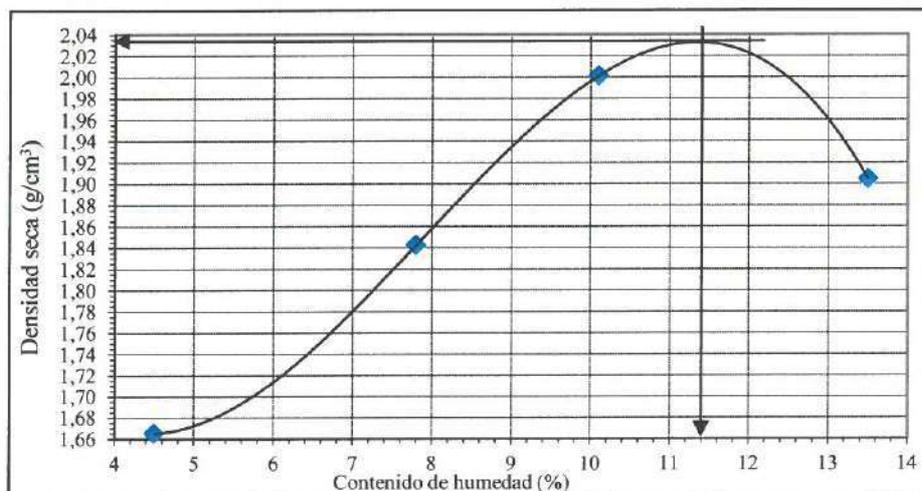
**Expediente N° :** 3006-2021  
**Nombre de los testistas :** Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
**Nombre de la tesis :** Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés Plazapata, Huancavelica 2021  
**Ubicación :** Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
**Fecha de emisión :** 30-06-21

### Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada (2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)) NTP 339.141 Método de ensayo Tipo "B"

**Cantera :** San Juan de Astobamba km. 155 + 5% de cal  
**Muestra :** M-1  
**Profundidad (m) :** 1,50

**Máxima densidad seca :** 2,203 g/cm<sup>3</sup>  
**Óptimo contenido de humedad :** 11,4 %

% Contenido de humedad	4,5	7,8	10,1	13,5
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1,665	1,842	2,001	1,904



#### NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 0807-2021  
Nombre de los tesisas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés -  
Plazapata, Huancavelica 2021  
Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
Fecha de emisión : 08-07-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
**NTP 339.175**

**Datos de la muestra:**

Cantera : San Juan de Astobamba km. 155 + 5% de cal  
Muestra : M-1  
Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141**

Máxima densidad seca : 2.203 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad : 11.4 %

**b).- Compactación de moldes**

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.203	2.138	2.017
Contenido de Humedad (%)	11.4	11.3	11.2

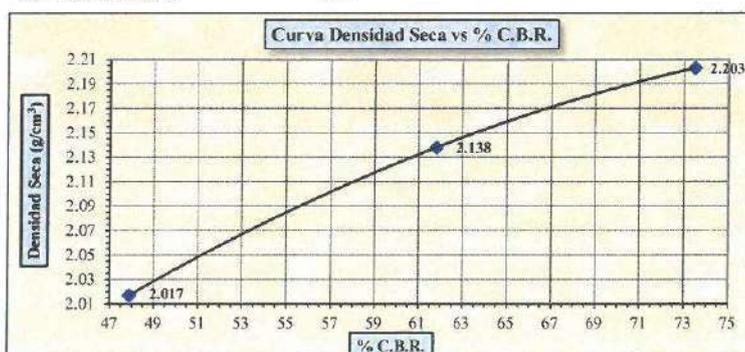
**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	735	1000	73.5
II	0.10	618	1000	61.8
III	0.10	479	1000	47.9

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 73.5%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 56.1%

d).- Expansión (%) : No



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**

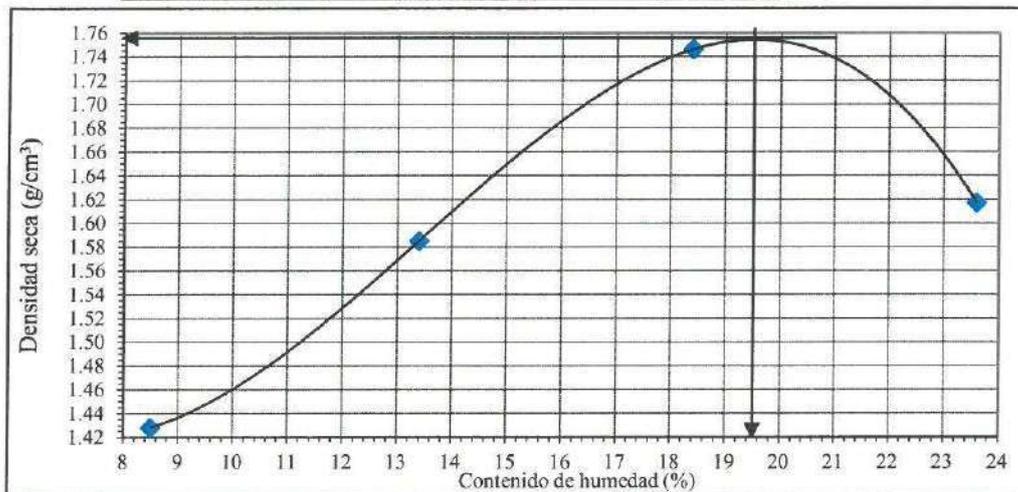
NTP 339.141

Método de ensayo Tipo "A"

Calicata : Prog. 128+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.756 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 19.5 %

% Contenido de humedad	8.5	13.4	18.4	23.6
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.428	1.585	1.746	1.617



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
 NTP 339.175

**Datos de la muestra:**

Calicata : Prog. 128+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141**

Máxima densidad seca : 1.756 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 19.5 %

**b).- Compactación de moldes**

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.756	1.661	1.532
Contenido de Humedad (%)	19.6	19.5	19.4

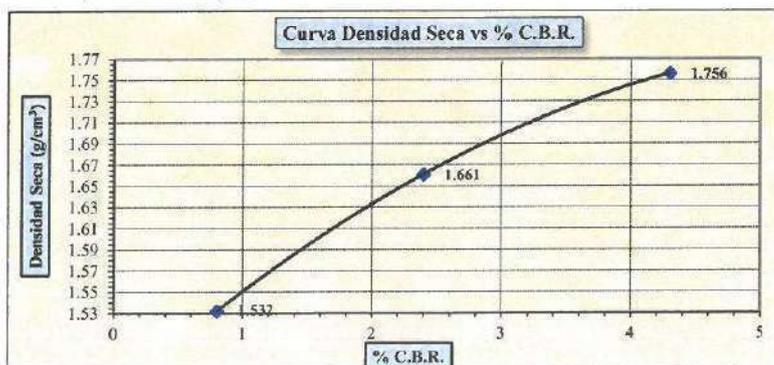
**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	43	1000	4.3
II	0.10	24	1000	2.4
III	0.10	8	1000	0.8

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 4.3%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 2.6%

**d).- Expansión (%)** : SI



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**

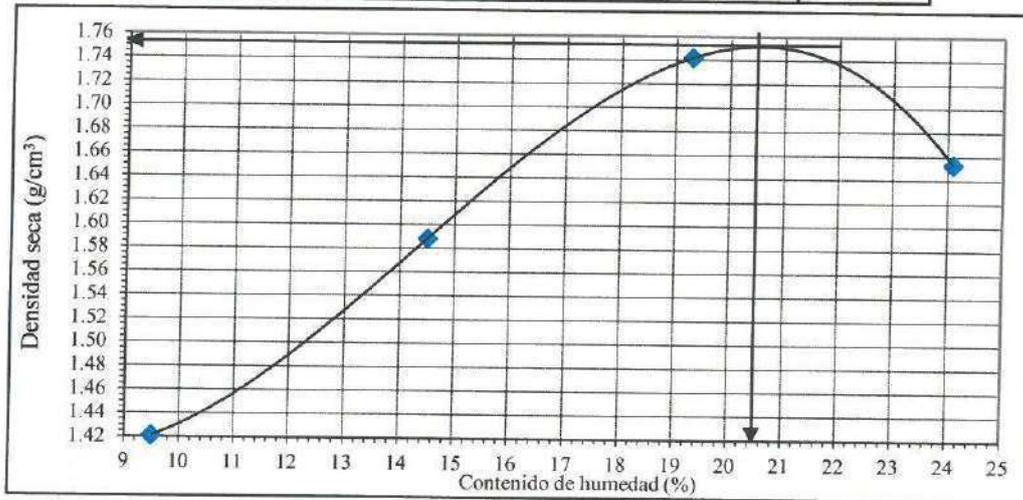
**NTP 339.141**

**Método de ensayo Tipo "A"**

Calicata : Prog. 129+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.753 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 20.5 %

% Contenido de humedad	9.5	14.5	19.3	24.1
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.421	1.588	1.742	1.653



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el petionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas: Bach. Ing. Kely Thalía Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
 NTP 339,175

**Datos de la muestra:**

Calicata : Prog. 129+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141**

Máxima densidad seca : 1.753 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 20.5 %

**b).- Compactación de moldes**

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.753	1.618	1.502
Contenido de Humedad (%)	20.6	20.5	20.4

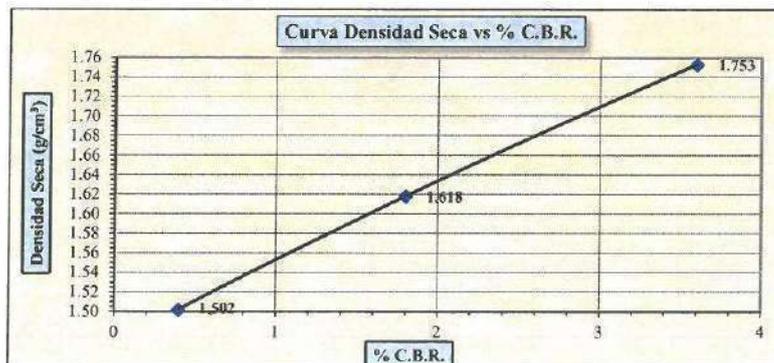
**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	36	1000	3.6
II	0.10	18	1000	1.8
III	0.10	4	1000	0.4

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 3.6%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 2.4%

**d).- Expansión (%)** : SI



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada  
 (2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**

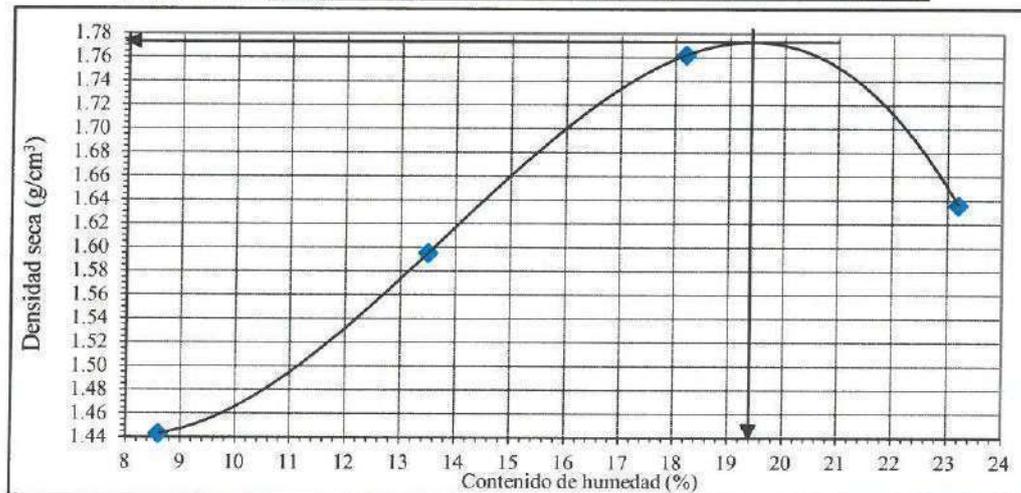
**NTP 339.141**

**Método de ensayo Tipo "A"**

Calicata : Prog. 130+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.774 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 19.4 %

% Contenido de humedad	8.6	13.5	18.2	23.2
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.443	1.595	1.762	1.636



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
Nombre de los testista: : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyra - Huancavelica  
Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
**NTP 339.175**

**Datos de la muestra:**

Calicata : Prog. 130+000  
Muestra : M-1  
Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141**

Máxima densidad seca : 1.774 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad : 19.4 %

**b).- Compactación de moldes**

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.774	1.671	1.542
Contenido de Humedad (%)	19.5	19.4	19.3

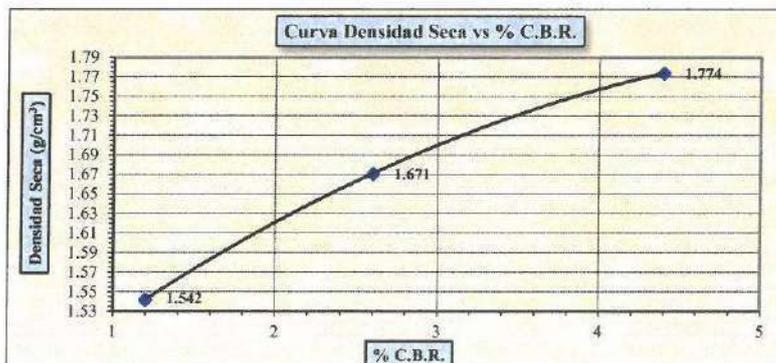
**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	44	1000	4.4
II	0.10	26	1000	2.6
III	0.10	12	1000	1.2

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 4.4%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 2.8%

**d).- Expansión (%)** : SI



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamaní Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada  
 (2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**

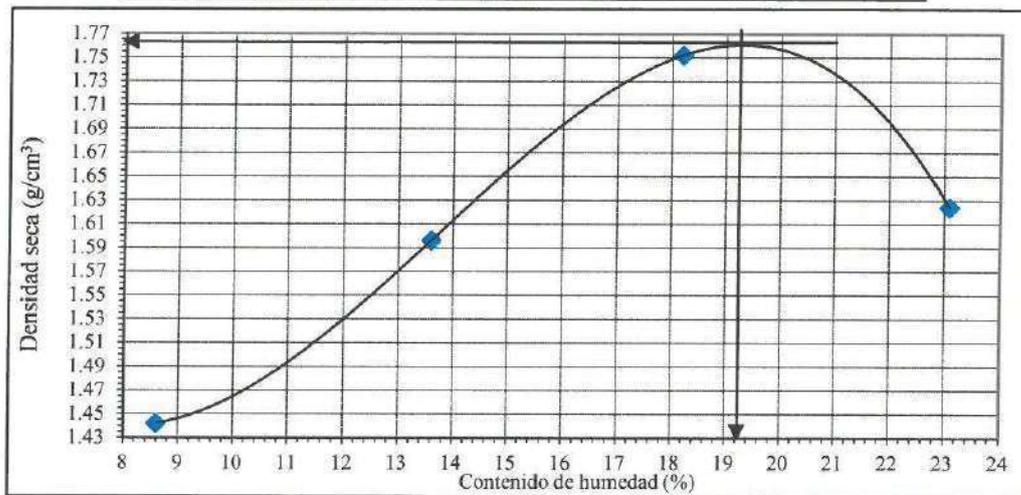
NTP 339.141

Método de ensayo Tipo "A"

Calicata : Prog. 131+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.764 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 19.3 %

% Contenido de humedad	8.6	13.6	18.2	23.1
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.442	1.596	1.752	1.624



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testista: : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

### Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R. (California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos) NTP 339.175

**Datos de la muestra:**

Calicata : Prog. 131+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141**

Máxima densidad seca : 1.764 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 19.3 %

**b).- Compactación de moldes**

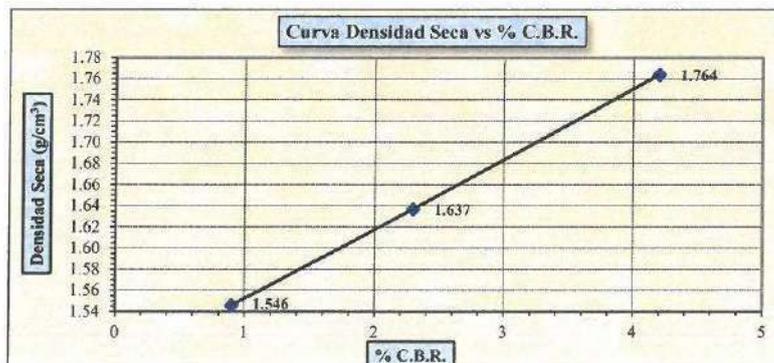
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.764	1.637	1.546
Contenido de Humedad (%)	19.4	19.3	19.2

**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	42	1000	4.2
II	0.10	23	1000	2.3
III	0.10	9	1000	0.9

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 4.2%  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 2.9%

**d).- Expansión (%)** : SI



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI; GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los tesisistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**

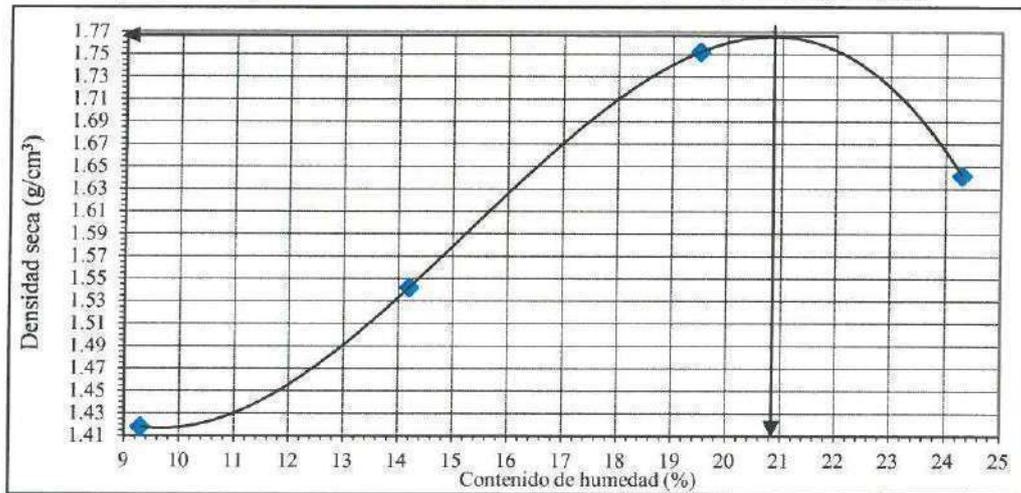
NTP 339.141

Método de ensayo Tipo "A"

Calicata : Prog. 132+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.766 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 20.9 %

% Contenido de humedad	9.3	14.2	19.5	24.3
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.418	1.542	1.752	1.642



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testista: Bach. Ing. Kely Thalia Torres Idefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
 NTP 339.175

**Datos de la muestra:**

Calicata : Prog. 132+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141**

Máxima densidad seca : 1.766 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 20.9 %

**b).- Compactación de moldes**

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.766	1.625	1.511
Contenido de Humedad (%)	21.0	20.9	20.8

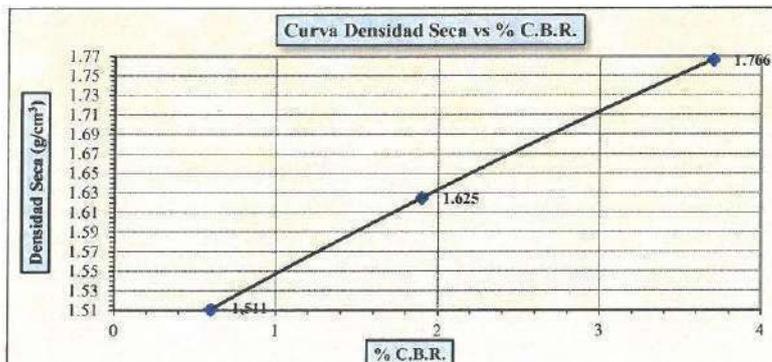
**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	37	1000	3.7
II	0.10	19	1000	1.9
III	0.10	6	1000	0.6

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 3.7%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 2.5%

**d).- Expansión (%)** : SI



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

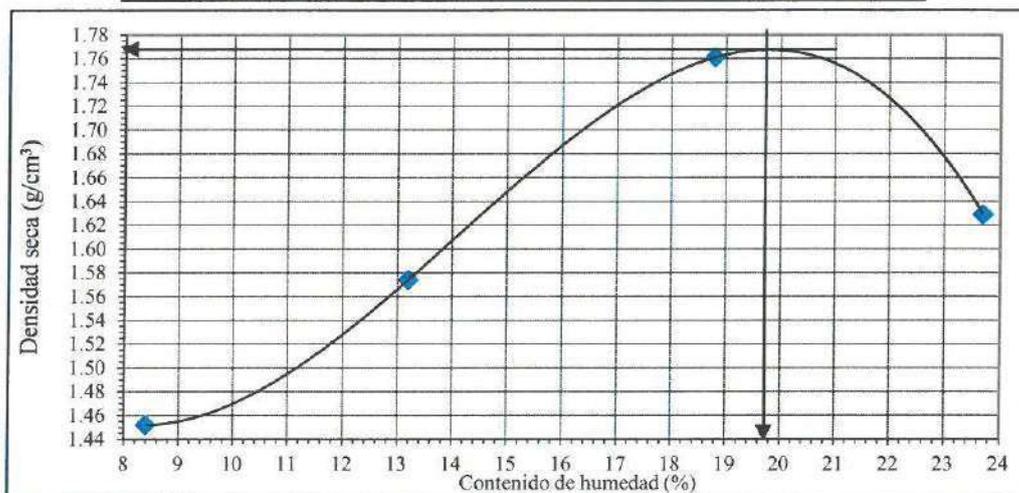
Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los tesisas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**  
**NTP 339.141**  
**Método de ensayo Tipo "A"**

Calicata : Prog. 133+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.768 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 19.7 %

% Contenido de humedad	8.4	13.2	18.8	23.7
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.452	1.574	1.761	1.629



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testista: Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
 NTP 339.175

**Datos de la muestra:**

Calicata : Prog. 133+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141**

Máxima densidad seca : 1.768 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 19.7 %

**b).- Compactación de moldes**

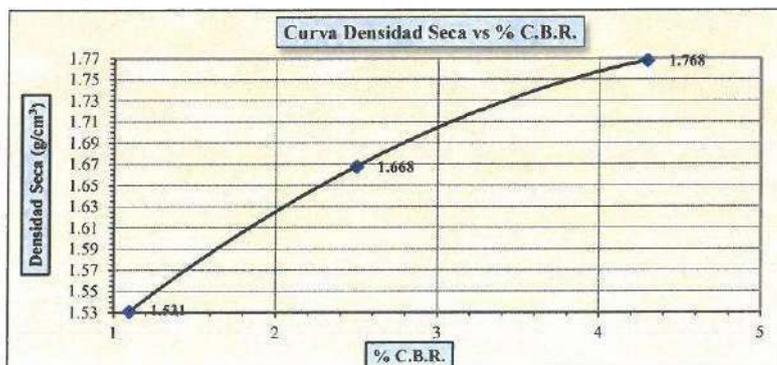
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.768	1.668	1.531
Contenido de Humedad (%)	19.8	19.7	19.6

**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	43	1000	4.3
II	0.10	25	1000	2.5
III	0.10	11	1000	1.1

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 4.3%  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 2.7%

**d).- Expansión (%)** : SI



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

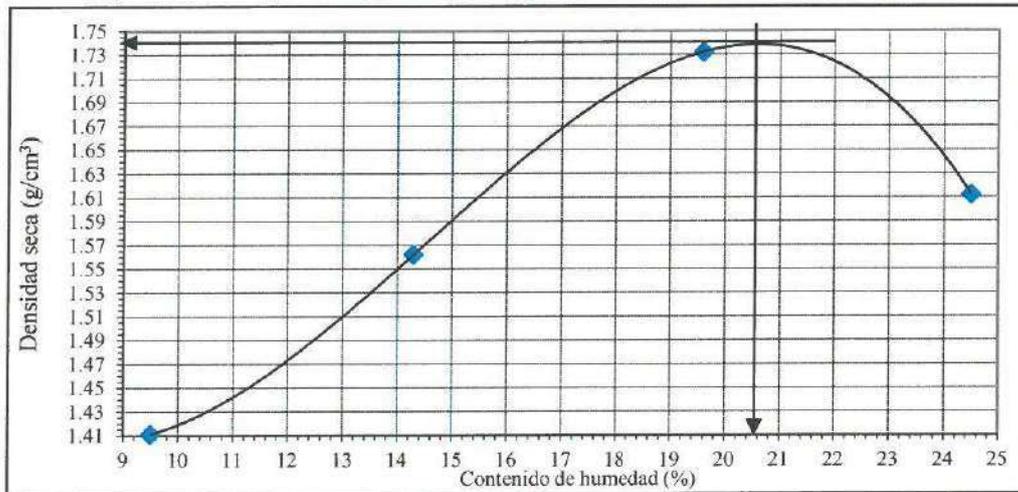
Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**  
**NTP 339.141**  
**Método de ensayo Tipo "A"**

Calicata : Prog. 134+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.741 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 20.5 %

% Contenido de humedad	9.5	14.3	19.6	24.5
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.411	1.562	1.732	1.612



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testista: Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
 NTP 339.175

**Datos de la muestra:**

Calicata : Prog. 134+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141**

Máxima densidad seca : 1.741 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 20.5 %

**b).- Compactación de moldes**

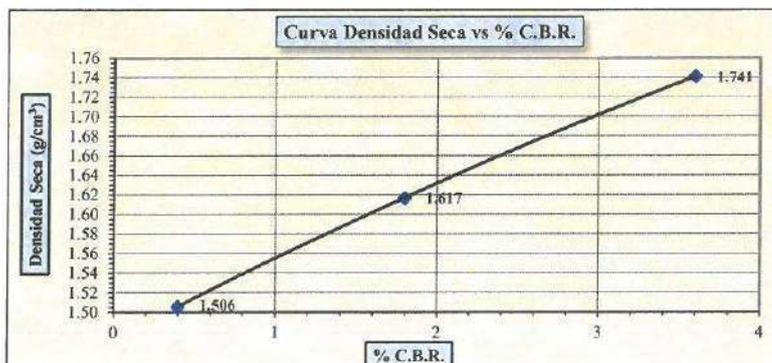
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.741	1.617	1.506
Contenido de Humedad (%)	20.6	20.5	20.4

**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	36	1000	3.6
II	0.10	18	1000	1.8
III	0.10	4	1000	0.4

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 3.6%  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 2.3%

**d).- Expansión (%)** : SI



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP.004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**INFORME DE ENSAYO**

**Resistencia a la compresión de probetas de suelo-cemento**

MTC E 1103

Código	CS-FOR-020
Versión	01
Fecha	02-01-20
Página	1 de 1

Expediente N° : 1107-2021  
 Nombre de los testees : Bach. Ing. Kely Triana Torres Maldonado  
 Nombre de la tesis : Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Ubicación : Evaluación de estabilización con cal V19 y cemento para bases en presencia de bofedales, carreteras Santa Inés - Puzosana, Huancavelica, 2021  
 Fecha de emisión : Señor Chorna - Santa Ana - Calatayucmarca - Huancavelica  
 Fecha de omisión : 11-07-21  
 Cantidad : San Juan de Atoconchillo km. 155  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : Superficial

**DATOS GENERALES**

Muestra N°	Tipo de suelo	Capa de la estructura del pavimento	Tipo y marca de cemento	% de cemento	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad (días)	Resistencia a la compresión requerida kg/cm²	Tipo de proctor	Densidad seca máxima (g/cm³)	% Óptimo contenido de humedad	Masas (g)			Diámetros Ø (cm)			Alturas h (cm)			Áreas (cm²)			Densidad seca (g/cm³)			Lecturas (kg)			Resistencia a la compresión (Rc)			Observaciones			
												Masa N1	Masa N2	Masa N3	Ø N1	Ø N2	Ø N3	h N1	h N2	h N3	Área N1	Área N2	Área N3	Densidad N1	Densidad N2	Densidad N3	Lectura N1	Lectura N2	Lectura N3	Rc N1 kg/cm²	Rc N2 kg/cm²	Rc N3 kg/cm²		Re Prom. kg/cm²	% Rer	
1				2%	02-07-21	05-07-21	3	18,35	Modificado	2,034	11,3	3763	3786	3797	10,10	10,10	10,12	20,15	20,12	20,13	80,1	80,1	80,4	2,095	2,110	2,105	932	962	960	11,9	12,0	11,9	11,9	65%	...	
2				2%	02-07-21	09-07-21	7	18,35	modificado	2,034	11,3	3718	3740	3748	10,00	10,00	10,00	10,05	20,11	20,18	20,14	78,5	78,5	79,3	2,115	2,120	2,108	1241	1253	1248	15,8	16,0	15,7	15,8	86%	...
3				3%	03-07-21	06-07-21	3	18,35	modificado	2,034	11,3	3863	3886	3894	10,00	10,00	10,00	10,03	20,01	20,13	20,01	78,5	78,5	80,6	2,208	2,208	2,169	1342	1356	1352	17,1	17,3	16,8	17,0	93%	...
4	A-2-6 (0) estabilizado		1 Anuloso	3%	03-07-21	10-07-21	7	18,35	modificado	2,034	11,3	3851	3874	3882	10,00	10,00	10,00	10,08	20,06	20,07	20,10	78,5	78,5	79,8	2,196	2,208	2,174	1713	1730	1721	21,8	22,0	21,6	21,8	199%	...
5				4%	04-07-21	07-07-21	3	18,35	modificado	2,034	11,3	3973	3997	4005	10,00	10,00	10,00	10,07	20,04	20,13	20,11	78,5	78,5	79,6	2,268	2,271	2,247	1428	1435	1437	18,2	18,3	18,0	18,2	99%	...
6				4%	04-07-21	11-07-21	7	18,35	modificado	2,034	11,3	3765	3789	3797	10,00	10,00	10,00	10,03	20,03	20,01	20,01	78,5	78,5	79,0	2,265	2,283	2,271	1899	1903	1912	24,2	24,2	24,2	24,2	133%	...

**NOTAS:**

- 1) Muestra e identificación realizadas por el personal.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (CITIA PERUANA INDIRCOP, GR° 001, 1993).



**INFORME DE ENSAYO**  
**Resistencia a la compresión de probetas de suelo-cemento**  
**MTC E 1103**

Código	C3-FOR-020
Versión	01
Fecha	02-01-20
Página	1 de 1

Expediente N° : 1107-2021  
 Nombre de los testas : Bach Ing. Kelly Taha Torres Hilefeno  
 Bach Ing. Mabel Viquez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal y/o cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Ines - Puzosipe, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Osona - Santa Ana - Contramiraya - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 11/07/21  
 Centro : San Juan de Astobamba km. 133  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : Superficial

Muestra N°	Tipo de suelo	Caja de la estructura del pavimento	Tipo y marca de cemento	% de cemento	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad (días)	Resistencia a la compresión kg/cm²	Tipo de probador	Densidad seca máximas (g/cm³)	% Óptimo contenido de humedad	Masas (g)			Dimensiones Ø (cm)			Alturas h (cm)			Áreas (cm²)			Densidad seca (g/cm³)			Lecturas (kg)			Resistencia a la compresión (Rc)			Observaciones					
												Masa N°1	Masa N°2	Masa N°3	Ø N°1	Ø N°2	Ø N°3	h (cm) N°1	h (cm) N°2	h (cm) N°3	Área N°1	Área N°2	Área N°3	Densidad seca N°1	Densidad seca N°2	Densidad seca N°3	Lectura N°1	Lectura N°2	Lectura N°3	Rc N°1 kg/cm²	Rc N°2 kg/cm²	Rc N°3 kg/cm²		Rc Prom. kg/cm²	% Rer			
1				2%	02-07-21	05-07-21	3	18,35	Modificado	2,034	11,3	3763	3786	3795	10,10	10,10	10,12	20,15	20,12	20,13	80,1	80,1	80,4	2,095	2,110	2,105	952	962	960	11,9	12,0	11,9	15,8	16,0	15,7	15,8	65%	
2				2%	02-07-21	09-07-21	7	18,35	modificado	2,034	11,3	3718	3740	3748	10,00	10,00	10,05	20,11	20,18	20,14	78,5	78,5	79,3	2,115	2,120	2,108	1341	1253	1248	15,8	16,0	15,7	15,8	66%				
3				3%	03-07-21	06-07-21	3	18,35	modificado	2,034	11,3	3863	3886	3894	10,00	10,00	10,13	20,01	20,13	20,01	78,5	78,5	80,6	2,208	2,208	2,169	1442	1356	1352	17,1	17,3	17,0	17,0	69%				
4	A-2-6 (0) arenhizas		1 Andino	3%	03-07-21	10-07-21	7	18,35	modificado	2,034	11,3	3851	3874	3882	10,00	10,00	10,08	20,05	20,07	20,10	78,5	78,5	79,8	2,196	2,204	2,174	1713	1750	1721	21,8	22,0	21,6	21,8	119%				
5				4%	04-07-21	07-07-21	5	18,35	modificado	2,034	11,3	3973	3997	4005	10,00	10,00	10,07	20,04	20,13	20,11	78,5	78,5	79,6	2,268	2,271	2,247	1428	1435	1447	18,2	18,3	18,0	18,2	99%				
6				4%	04-07-21	11-07-21	7	18,35	modificado	2,034	11,3	3965	3989	3997	10,00	10,00	10,03	20,05	20,01	20,01	78,5	78,5	79,0	2,265	2,280	2,271	1899	1963	1912	24,2	24,2	24,2	24,2	124%				

**NOTAS:**

1) Muestras e identificación realizadas por el personal.

2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDERCOP/ GP-004/ 1993)



	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>	Código	C3-FOR-Co-A-008
	Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena	Versión	01
	NTP 339.143	Fecha	04-01-21
		Página	1 de 2

Expediente N° : 1007-2021  
Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
Fecha de emisión : 10-07-21

**CONTROL DE COMPACTACION**  
**Mezcla Suelo - Cemento**

Fecha de ensayo		sábado, 10 de julio de 2021							
N°	Datos	Punto N°1	Punto N°2	Punto N°3	Punto N°4	Punto N°5	Punto N°6	Punto N°7	Punto N°8
1	Masa del cono con arena inicial (g)	6859	6845	7251	7147	7085	7214	6958	6982
2	Masa del cono con arena final (g)	2595	2784	3105	3091	2958	2980	2951	2726
3	Masa de la arena utilizada (g)	4264	4061	4146	4056	4127	4234	4007	4256
4	Masa de la arena en el cono (g)	1680	1680	1680	1680	1680	1680	1680	1680
5	Masa de la arena en el hoyo (g)	2584	2381	2466	2376	2447	2554	2327	2576
6	Densidad de la arena (g/cm <sup>3</sup> )	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42
7	Volumen del hoyo (cm <sup>3</sup> )	1819,7	1676,8	1736,6	1673,2	1723,2	1798,6	1638,7	1814,1
8	Masa de suelo extraído con bolsa (g)	4251	3895	4128	3914	4025	4182	3859	4218
9	Masa de la bolsa (g)	20	20	20	20	20	20	20	20
10	Masa de suelo extraído (g)	4231	3875	4108	3894	4005	4162	3839	4198
11	Masa retenido en ¾ in. (g)	562	458	615	582	674	594	608	628
12	Masa del material que pasa la ¾ in. (g)	3669	3417	3493	3312	3331	3568	3231	3570
13	Peso específico de la ¾ in. (g/cm <sup>3</sup> )	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34
14	Volumen de la ¾ in. (cm <sup>3</sup> )	240,2	195,7	262,8	248,7	288,0	253,8	259,8	268,4
15	Volumen que pasa la ¾ in. (cm <sup>3</sup> )	1579,5	1481,0	1473,8	1424,5	1435,2	1544,7	1378,9	1545,7
16	Densidad húmeda de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2,323	2,307	2,370	2,325	2,321	2,310	2,343	2,310
17	Contenido de humedad en campo (%)	10,8	10,7	11,1	10,6	10,4	11,4	11,2	10,6
18	Densidad seca de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2,096	2,084	2,133	2,102	2,102	2,073	2,107	2,088
19	Maxima densidad seca de laboratorio (g/cm <sup>3</sup> )	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143
20	Grado de Compactacion (%)	98	97	100	98	98	97	98	97

**DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS:**

Punto N°1 : Afirmado Prog. 128+000 Lado derecho  
Punto N°2 : Afirmado Prog. 128+250 Lado cje  
Punto N°3 : Afirmado Prog. 128+500 Lado izquierdo  
Punto N°4 : Afirmado Prog. 128+750 Lado eje  
Punto N°5 : Afirmado Prog. 129+000 Lado derecho  
Punto N°6 : Afirmado Prog. 129+250 Lado eje  
Punto N°7 : Afirmado Prog. 129+500 Lado izquierdo  
Punto N°8 : Afirmado Prog. 129+750 Lado eje

**NOTAS:**

- 1) La identificación de los puntos fueron realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).



	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>	Código	C3-FOR-Co-A-008
	Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena	Versión	01
	NTP 339.143	Fecha	04-01-21
		Página	2 de 2

Expediente N° : 1007-2021  
Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
: Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
Fecha de emisión : 10-07-21

**CONTROL DE COMPACTACION  
Mezcla Suelo - Cemento**

Fecha de ensayo		sábado, 10 de julio de 2021				
N°	Datos	Punto N°9	Punto N°10	Punto N°11	Punto N°12	Punto N°13
1	Masa del cono con arena inicial (g)	7002	6814	6758	6925	7124
2	Masa del cono con arena final (g)	2524	2560	2671	2690	2995
3	Masa de la arena utilizada (g)	4478	4254	4087	4235	4129
4	Masa de la arena en el cono (g)	1680	1680	1680	1680	1680
5	Masa de la arena en el hoyo (g)	2798	2574	2407	2555	2449
6	Densidad de la arena (g/cm <sup>3</sup> )	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42
7	Volumen del hoyo (cm <sup>3</sup> )	1970,4	1812,7	1695,1	1799,3	1724,6
8	Masa de suelo extraído con bolsa (g)	4582	4281	3988	4151	4008
9	Masa de la bolsa (g)	20	20	20	20	20
10	Masa de suelo extraído (g)	4562	4261	3968	4131	3988
11	Masa retenido en ¾ in. (g)	859	814	927	841	836
12	Masa del material que pasa la ¾ in. (g)	3703	3447	3041	3290	3152
13	Peso específico de la ¾ in. (g/cm <sup>3</sup> )	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34
14	Volumen de la ¾ in. (cm <sup>3</sup> )	367,1	347,9	396,2	359,4	357,3
15	Volumen que pasa la ¾ in. (cm <sup>3</sup> )	1603,3	1464,8	1298,9	1439,9	1367,4
16	Densidad húmeda de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2,310	2,353	2,341	2,285	2,305
17	Contenido de humedad en campo (%)	11,4	11,8	10,6	10,4	10,7
18	Densidad seca de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2,073	2,105	2,117	2,070	2,082
19	Maxima densidad seca de laboratorio (g/cm <sup>3</sup> )	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143
20	Grado de Compactacion (%)	97	98	99	97	97

**DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS:**

Punto N°9 : Afirmado Prog. 130+000 Lado derecho  
Punto N°10 : Afirmado Prog. 130+250 Lado eje  
Punto N°11 : Afirmado Prog. 130+500 Lado izquierdo  
Punto N°12 : Afirmado Prog. 130+750 Lado eje  
Punto N°13 : Afirmado Prog. 131+000 Lado derecho

**NOTAS:**

- 1) La identificación de los puntos fueron realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).



	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>	Código	C3-FOR-Co-A-008
	Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena	Versión	01
	NTP 339.143	Fecha	04-01-21
		Página	1 de 2

Expediente N° : 1207-2021  
Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildefonso  
: Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
Fecha de emisión : 12-07-21

**CONTROL DE COMPACTACION**  
**Mezcla Suelo - Cal**

N°	Fecha de ensayo	lunes, 12 de julio de 2021							
		Datos	Punto N°1	Punto N°2	Punto N°3	Punto N°4	Punto N°5	Punto N°6	Punto N°7
1	Masa del cono con arena inicial (g)	6982	6758	7025	7001	6985	6758	7214	7109
2	Masa del cono con arena final (g)	2675	2498	2892	2681	2644	2684	3025	3058
3	Masa de la arena utilizada (g)	4307	4260	4133	4320	4341	4074	4189	4051
4	Masa de la arena en el cono (g)	1680	1680	1680	1680	1680	1680	1680	1680
5	Masa de la arena en el hoyo (g)	2627	2580	2453	2640	2661	2394	2509	2371
6	Densidad de la arena (g/cm <sup>3</sup> )	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42
7	Volumen del hoyo (cm <sup>3</sup> )	1850,0	1816,9	1727,5	1859,2	1873,9	1685,9	1766,9	1669,7
8	Masa de suelo extraído con bolsa (g)	4251	4158	4008	4271	4315	3968	4058	3859
9	Masa de la bolsa (g)	20	20	20	20	20	20	20	20
10	Masa de suelo extraído (g)	4231	4138	3988	4251	4295	3948	4038	3839
11	Masa retenido en ¼ in. (g)	758	655	825	819	782	865	914	725
12	Masa del material que pasa la ¼ in. (g)	3473	3483	3163	3432	3513	3083	3124	3114
13	Peso específico de la ¼ in. (g/cm <sup>3</sup> )	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34
14	Volumen de la ¼ in. (cm <sup>3</sup> )	323,9	279,9	352,6	350,0	334,2	369,7	390,6	309,8
15	Volumen que pasa la ¼ in. (cm <sup>3</sup> )	1526,1	1537,0	1374,9	1509,2	1539,8	1316,3	1376,3	1359,9
16	Densidad húmeda de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2,276	2,266	2,301	2,274	2,282	2,342	2,270	2,290
17	Contenido de humedad en campo (%)	11,1	10,4	10,8	10,1	11,6	11,4	11,1	10,6
18	Densidad seca de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2,048	2,053	2,076	2,066	2,044	2,103	2,043	2,070
19	Maxima densidad seca de laboratorio (g/cm <sup>3</sup> )	2,112	2,112	2,112	2,112	2,112	2,112	2,112	2,112
20	Grado de Compactacion (%)	97	97	98	98	97	100	97	98

**DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS:**

Punto N°1 : Afirmado Prog. 131+250 Lado derecho  
Punto N°2 : Afirmado Prog. 131+500 Lado eje  
Punto N°3 : Afirmado Prog. 131+750 Lado izquierdo  
Punto N°4 : Afirmado Prog. 132+000 Lado eje  
Punto N°5 : Afirmado Prog. 132+250 Lado derecho  
Punto N°6 : Afirmado Prog. 132+500 Lado eje  
Punto N°7 : Afirmado Prog. 132+750 Lado izquierdo  
Punto N°8 : Afirmado Prog. 133+000 Lado eje

**NOTAS:**

- 1) La identificación de los puntos fueron realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI. GP.004: 1993).



	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>	<b>Código</b>	<b>C3-FOR-Co-A-008</b>
	Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena	<b>Versión</b>	<b>01</b>
	NTP 339.143	<b>Fecha</b>	<b>04-01-21</b>
		<b>Página</b>	<b>2 de 2</b>

Expediente N° : 1207-2021  
Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
Fecha de emisión : 12-07-21

**CONTROL DE COMPACTACION**  
**Mezcla Suelo - Cal**

Fecha de ensayo		lunes, 12 de julio de 2021			
N°	Datos	Punto N°9	Punto N°10	Punto N°11	Punto N°12
1	Masa del cono con arena inicial (g)	6859	7252	7158	7109
2	Masa del cono con arena final (g)	2581	3071	3052	2921
3	Masa de la arena utilizada (g)	4278	4181	4106	4188
4	Masa de la arena en el cono (g)	<b>1680</b>	<b>1680</b>	<b>1680</b>	<b>1680</b>
5	Masa de la arena en el hoyo (g)	2598	2501	2426	2508
6	Densidad de la arena (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1,42</b>	<b>1,42</b>	<b>1,42</b>	<b>1,42</b>
7	Volumen del hoyo (cm <sup>3</sup> )	1829,6	1761,3	1708,5	1766,2
8	Masa de suelo extraído con bolsa (g)	4251	4008	3985	4154
9	Masa de la bolsa (g)	20	20	20	20
10	Masa de suelo extraído (g)	4231	3988	3965	4134
11	Masa retenido en ¾ in. (g)	856	585	674	814
12	Masa del material que pasa la ¾ in. (g)	3375	3403	3291	3320
13	Peso específico de la ¾ in. (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2,34</b>	<b>2,34</b>	<b>2,34</b>	<b>2,34</b>
14	Volumen de la ¾ in. (cm <sup>3</sup> )	365,8	250,0	288,0	347,9
15	Volumen que pasa la ¾ in. (cm <sup>3</sup> )	1463,8	1511,3	1420,4	1418,3
16	Densidad húmeda de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2,306	2,252	2,317	2,341
17	Contenido de humedad en campo (%)	10,4	10,2	11,8	11,4
18	Densidad seca de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2,088	2,043	2,072	2,101
19	Maxima densidad seca de laboratorio (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2,112</b>	<b>2,112</b>	<b>2,112</b>	<b>2,112</b>
20	Grado de Compactacion (%)	<b>99</b>	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>99</b>

**DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS:**

Punto N°9 : Afirmado Prog. 133+250 Lado derecho  
Punto N°10 : Afirmado Prog. 133+500 Lado eje  
Punto N°11 : Afirmado Prog. 133+750 Lado izquierdo  
Punto N°12 : Afirmado Prog. 134+000 Lado eje

**NOTAS:**

- 1) La identificación de los puntos fueron realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP/004: 1993).



# **CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN**



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 0247 - 2021

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

<b>1. Expediente</b>	<b>02779-2021</b>
<b>2. Solicitante</b>	<b>C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.</b>
<b>3. Dirección</b>	Av. los Proceros Nro. 1000 - Chilca - Huancayo - Junin
<b>4. Equipo de medición</b>	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>
<b>Capacidad Máxima</b>	<b>30000 g</b>
<b>División de escala (d)</b>	<b>1 g</b>
<b>Div. de verificación (e)</b>	<b>1 g</b>
<b>Clase de exactitud</b>	<b>III</b>
<b>Marca</b>	<b>OHAUS</b>
<b>Modelo</b>	<b>R21PE30ZH</b>
<b>Número de Serie</b>	<b>8342167613</b>
<b>Capacidad mínima</b>	<b>20 g</b>
<b>Procedencia</b>	<b>CHINA</b>
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2021-10-25</b>

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

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

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2021-10-25

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello





### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 0247 - 2021

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

#### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL

#### 7. Lugar de calibración

Laboratorio de Masa de CALIBRATEC S.A.C.  
Avenida Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima

#### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.3 °C	20.4 °C
Humedad Relativa	65%	65%

#### 9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	JUEGO DE PESAS 10 kg (Clase de Exactitud: M1)	M-0687-2021
METROIL	JUEGO DE PESAS 20 kg (Clase de Exactitud: M1)	M-0688-2021
METROIL	JUEGO DE PESAS 1 kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0726-2021
METROIL	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0689-2021
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	T-1774-2021

#### 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (\*\*) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 0247 - 2021

Página 3 de 4

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

### 11. Resultados de Medición

#### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	20.3 °C	20.4 °C

Medición N°	Carga L1 = 15,000 g			Carga L2 = 30,000 g			
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	14,999	200	-700	29,999	200	-700	
2	14,999	100	-600	30,000	500	0	
3	14,999	200	-700	29,999	200	-700	
4	15,000	500	0	30,000	400	100	
5	15,000	500	0	30,000	500	0	
6	15,000	500	0	30,000	400	100	
7	15,000	500	0	30,000	500	0	
8	14,999	400	-900	30,001	800	700	
9	15,000	500	0	30,001	700	800	
10	15,001	700	800	29,999	200	-700	
Diferencia Máxima			1,700	Diferencia Máxima			1,500
Error Máximo Permissible			± 3,000	Error Máximo Permissible			± 3,000

#### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	1	5
3		4

Posición  
de las  
cargas

	Inicial	Final
Temperatura	20.3 °C	20.4 °C



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1		9	200	-700		10,001	800	700	1,400
2		10	500	0		10,000	500	0	0
3	10 g	10	500	0	10,000	10,000	400	100	100
4		9	300	-800		9,999	200	-700	100
5		11	800	700		10,000	500	0	-700
Error máximo permisible									± 3,000

\* Valor entre 0 y 10e



Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 0247 - 2021

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	20.3 °C	20.4 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± mg)
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
10	10	500	0						
20	20	400	100	100	20	500	0	0	1,000
100	100	500	0	0	100	500	0	0	1,000
500	500	400	100	100	500	400	100	100	2,000
1,000	1,000	400	100	100	1,000	500	0	0	2,000
5,000	5,000	400	100	100	5,000	400	100	100	3,000
10,000	10,001	800	700	700	10,000	500	0	0	3,000
15,000	14,999	300	-800	-800	14,999	400	-900	-900	3,000
20,000	19,999	200	-700	-700	19,999	300	-800	-800	3,000
25,000	24,999	300	-800	-800	24,999	200	-700	-700	3,000
30,000	29,999	400	-900	-900	29,999	400	-900	-900	3,000

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.

ΔL: Carga adicional.

E<sub>0</sub>: Error en cero.

l: Indicación de la balanza.

E: Error encontrado

E<sub>c</sub>: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0.4968333 \text{ g}^2 + 0.00000000460 \text{ R}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R - 0.0000213 \text{ R}$$

### 12. 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, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



# Certificado de Calibración

## Calibration Certificate

N° BD21-C-0948

**Cliente:** C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
*Customer*

**Dirección:** Av. Los Próceros Nro. 1000 Urb. Cercado (Junín/Huancayo/Chilca)  
*Address*

**Instrumento de medición:** Balanza Electrónica  
*Measuring instrument*

**Marca:** OHAUS  
*Brand*

**Modelo:** AX8201  
*Model*

**Número de Serie:** B725279758  
*Serial Number*

**Identificación:** C3-B-001 (\*\*)  
*Identification*

**Lugar de Calibración:** Laboratorio  
*Place of Calibration*

**Orden de Trabajo:** OT-02101939  
*Service Work*

**Fecha de Calibración:** 2021-11-12  
*Date of Calibration*

**Fecha de Emisión:** 2021-11-16  
*Date of Issue*

Este Certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. mantiene y calibra sus patrones de referencia para garantizar la cadena de trazabilidad de las mediciones que realiza, así mismo realiza certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados y brinda asistencia técnica en temas relacionados al campo de la metrología en la industria peruana.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

*This Calibration Certificate documents the traceability to national or international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI). KOSSODO METROLOGIA S.A.C. supports and calibrates his standards of reference to guarantee the chain of traceability of the measurements realized, as well as the metrological certifications realize at the request of the interested parties and offers technical assistance in topics related to the metrology field in the Peruvian industry. In order to assure the quality of measurements the user should recalibrate his instruments at appropriate intervals.*

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

*Technical characteristics of the calibrated object*

Capacidad Máxima (Max):	8200 g	Cap. Mínima (Min):	5 g (*)	Número de Divisiones (n):	82000
<i>Maximum Capacity</i>		<i>Minimum load</i>		<i>Number of Scale Intervals</i>	
División de escala real (d):	0,1 g	División de verificación de escala (e):	0,1 g (*)	Clase de Exactitud:	II (*)
<i>Division from real scale</i>		<i>Division verification of scale</i>		<i>Accuracy Class</i>	

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

*Calibration Method*

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones; siguiendo el procedimiento P-CAL-01 "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático"(Versión 02) basado en el PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) del SNM- INDECOPI; este procedimiento cumple con los ensayos realizados a las balanzas de funcionamiento no automático de acuerdo a la recomendación internacional OIML-R-76:2006.

*Calibration was performed by direct comparison between the indications of the scale reading and the loads applied by standard weights, following the procedure P-CAL-01 "Calibration Procedure non-automatic scales" (Version 02) based on PC-011 "Procedure for the calibration of non-automatic scales class I and II" (Edition 04) of the SNM-INDECOPI, this procedure meets the tests performed on non-automatic scales agree to the international recommendation OIML-R-76 : 2006.*

Coordinador del SIG  
*SIG's Coordinator*

Supervisor de Laboratorio  
*Laboratory Supervisor*



*[Signature]*

Daniel Torres Díaz

*[Signature]*

Jano Ahumada M.

N° BD21-C-0948

**PATRONES UTILIZADOS**

Standards Used

Nombre del Patrón <i>Standard name</i>	Código y/o serie del Patrón <i>Pattern code and/or series</i>	N° de Certificado <i>certificate number</i>	Trazabilidad <i>Traceability</i>
Pesa de 5 kg / F1	PTB-PEF1-21 / 16928273	IP-044-2021	LO JUSTO S.A.C.
Pesa de 2 kg / F1	PTB-PEF1-19 / 16928273	IP-042-2021	LO JUSTO S.A.C.
Pesa de 1 kg / E2	PTB-PEE2-03 / 32029452	PE21-C-1202	KOSSODO METROLOGIA S.A.C.
Pesa de 500 g / E2	PTB-PEE2-02 / 32029360	PE21-C-1201	KOSSODO METROLOGIA S.A.C.
Pesa de 1 kg / F1	PTB-PEF1-11 / 14F85	PE21-C-0320	KOSSODO METROLOGIA S.A.C.
Juego de pesas de 1 mg a 200 g / F1	PTB-STF1-02 / 16929269	PE21-C-1473	KOSSODO METROLOGÍA S.A.C.

**INSPECCIÓN VISUAL**

Visual inspection

Nivelación: <i>Leveling</i>	Tiene	Plataforma: <i>Plate</i>	Tiene	Oscilación libre : <i>Free oscillation</i>	Tiene	Display <i>Display</i>	Tiene
Ajuste de cero: <i>Zero Adjust</i>	Tiene	Sistema de traba: <i>locking system</i>	No tiene	Escala: <i>Escale</i>	No tiene	Cursor: <i>Cursor</i>	No tiene

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**

measurement results

**RESULTADOS ANTES DEL AJUSTE**

Results before adjust

Previo al ajuste del instrumento se encontraron los siguientes resultados para dos valores de carga.

Before the adjust of the instrument, it was found the following results for two loads values.

Valor Nominal <i>Nominal value</i> (g)	Carga <i>load</i> (g)	Indicación <i>Indication</i> (g)
Aprox. al 50 % de la cap. max.	4 000,00	3 999,9
Aprox. al 100 % de la cap. max.	8 000,01	7 999,9

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Repeatability Test

Temperatura Inicial: <i>Initial Temperature</i>	18,7 °C	Humedad Inicial: <i>Initial Humidity</i>	52 %
Temperatura Final: <i>Final Temperature</i>	18,6 °C	Humedad Final: <i>Final Humidity</i>	52 %

Serie 1-Aproximadamente 50% Máx . <i>Series 1 - Approximately 50% Max.</i>		Carga Aplicada L <i>Load Applied L</i>	
N° Pesada <i>Weighing N°</i>	Indicación I <i>Indication I</i> g	ΔL <i>Δ L</i> g	E <i>E</i> g
		4 000,004 g	
1	4 000,0	0,07	-0,024
2	4 000,0	0,07	-0,024
3	4 000,0	0,08	-0,034
4	4 000,0	0,07	-0,024
5	4 000,0	0,07	-0,024
6	4 000,0	0,08	-0,034
7	4 000,0	0,07	-0,024
8	4 000,0	0,07	-0,024
9	4 000,0	0,07	-0,024
10	4 000,0	0,08	-0,034
Diferencia Máxima Encontrada <i>Maximum Difference Found</i>		0,010 g	
E.M.P <i>E.M.P</i>		0,3 g	

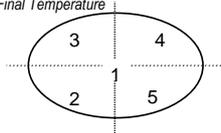
Serie 2-Aproximadamente 100% Máx . <i>Series 2 - Approximately 100% Max.</i>		Carga Aplicada L <i>Load Applied L</i>	
N° Pesada <i>Weighing N°</i>	Indicación I <i>Indication I</i> g	ΔL <i>Δ L</i> g	E <i>E</i> g
		8 000,010 g	
1	7 999,9	0,05	-0,110
2	7 999,9	0,05	-0,110
3	7 999,9	0,05	-0,110
4	7 999,9	0,04	-0,100
5	7 999,9	0,04	-0,100
6	7 999,9	0,05	-0,110
7	7 999,9	0,05	-0,110
8	7 999,9	0,04	-0,100
9	7 999,9	0,04	-0,100
10	7 999,9	0,05	-0,110
Diferencia Máxima Encontrada <i>Maximum Difference Found</i>		0,010 g	
E.M.P <i>E.M.P</i>		0,3 g	

N° BD21-C-0948

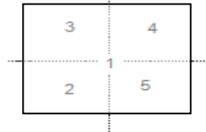
ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Test Exentricity

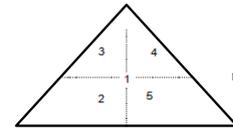
Temperatura Inicial: 18,6 °C Humedad Inicial: 52 %  
Initial Temperature Initial Humidity  
Temperatura Final: 18,6 °C Humedad Final: 52 %  
Final Temperature Final Humidity



Circular



Rectangular



Triangular

Posición	Carga	Indicación	$\Delta L$	E	Carga	Indicación	$\Delta L$	E	Ec
Location	Load	Indication	$\Delta L$	E	Load	Indication	$\Delta L$	E	Ec
N°	g	g	g	g	g	g	g	g	g
1		1,0	0,06	-0,010		2 999,9	0,02	-0,074	-0,064
2		1,0	0,07	-0,020		2 999,9	0,06	-0,114	-0,094
3	1,000	1,0	0,06	-0,010	3 000,004	2 999,9	0,02	-0,074	-0,064
4		1,0	0,05	0,000		3 000,0	0,09	-0,044	-0,044
5		1,0	0,05	0,000		2 999,9	0,02	-0,074	-0,074
E.M.P									0,3 g
E.M.P									

ENSAYO DE PESAJE

Weighing test

Temperatura Inicial: 18,6 °C Humedad Inicial: 52 %  
Initial Temperature Initial Humidity  
Temperatura Final: 18,4 °C Humedad Final: 51 %  
Final Temperature Final Humidity

Carga (L)	Indicación I	$\Delta L$	E	Ec	Indicación	$\Delta L$	E	Ec	E.M.P
Load (L)	Indication I	$\Delta L$	E	Ec	Indication	$\Delta L$	E	Ec	E.M.P
g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
1,000	1,0	0,05	0,000						0,1 g
5,000	5,0	0,07	-0,020	-0,020	5,0	0,07	-0,020	-0,020	0,1 g
500,000	500,0	0,07	-0,020	-0,020	500,0	0,07	-0,020	-0,020	0,1 g
1 000,001	1 000,0	0,07	-0,021	-0,021	1 000,0	0,08	-0,031	-0,031	0,2 g
2 000,005	2 000,0	0,08	-0,035	-0,035	2 000,0	0,08	-0,035	-0,035	0,3 g
3 000,004	2 999,9	0,03	-0,084	-0,084	2 999,9	0,03	-0,084	-0,084	0,3 g
4 000,004	3 999,9	0,04	-0,094	-0,094	3 999,9	0,05	-0,104	-0,104	0,3 g
5 000,006	4 999,9	0,02	-0,076	-0,076	4 999,9	0,03	-0,086	-0,086	0,3 g
6 000,005	5 999,9	0,04	-0,095	-0,095	5 999,9	0,05	-0,105	-0,105	0,3 g
7 000,011	6 999,9	0,07	-0,131	-0,131	6 999,9	0,07	-0,131	-0,131	0,3 g
8 200,009	8 199,9	0,07	-0,129	-0,129	8 199,9	0,07	-0,129	-0,129	0,3 g

L Carga colocada sobre la balanza  
L Load placed on the balance

I Indicación de la balanza  
I Balance display

E Error encontrado  
E Error found

Ec Error Corregido  
Ec Error corrected

$\Delta L$  Carga incrementada  
 $\Delta L$  Increased load

E.M.P Error Máximo Permitido  
E.M.P Maximum Error Permitted

N° BD21-C-0948

**INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA**

*Expanded uncertainty and corrected reading*

Incetidumbre expandida de  
medición

*Expanded measurement uncertainty*

$$U_R = 2^* \sqrt{0,0017 \text{ g}^2 + 0,00000000025 \text{ R}^2}$$

Lectura Corregida

*Corrected reading*

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,000018 \text{ R}$$

R : Indicación de lectura de la balanza ( g )

*R : Reading indication of the balance*

**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

*Measurement Uncertainty*

La incertidumbre de medición calculada (*U*), ha sido determinada a partir de la Incertidumbre estándar de medición combinada, multiplicada por el factor de cobertura *k=2*. Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza aproximado del 95%.

*The calculated uncertainty of measurement (U), it has been determined from the combined Standard Uncertainty of Measurement multiplied by the coverage factor k=2. This value has been calculated for a confidence level approximate of 95 %.*

**OBSERVACIONES**

*Notes*

(\*) El valor de "e", capacidad mínima y clase de exactitud están de acuerdo a la NMP-003 "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático"

*(\*) The value of "e", minimum capacity and accuracy class are in accordance with NMP-003 "Non-Automatic Operating Weighing Instruments"*

(\*\*) Código indicado en la balanza.

*(\*\*) Code indicated in the balance.*

El coeficiente de variación térmica es 0,000009 °C-1 según el manual de la balanza.

*The coefficient of thermal variation is 0,000009 °C-1 according to the manual of the balance.*

Se ajustó la balanza antes de la calibración.

*The balance was adjusted before calibration.*

**NOTAS**

*Notes*

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del instrumento durante la calibración. KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que puedan derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado.

*The values indicated in this document are only valid for the conditions of the instrument during calibration. KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. takes no responsibility for any damages caused by bad use of the calibrated object.*

Los resultados declarados en el presente documento se relacionan solamente con el ítem sometido a calibración indicado en la pagina 1 de éste documento.

*The results declared in this document relate only to the item undergoing calibration indicated on page 1 of this document.*

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.

*A copy of this document will be kept in electronic device in the laboratory for 4 years at least.*

La versión en inglés de este documento es una traducción relativa. En caso de duda, es válida la versión original en español.

*The version in english of this document is not a binding translation. If any controversy arises, the original version in spanish must be considered.*

# Certificado de Calibración

## Calibration Certificate

N° BD21-C-0949

<b>Cliente:</b> <i>Customer</i>	<b>C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.</b>	<p>Este Certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. mantiene y calibra sus patrones de referencia para garantizar la cadena de trazabilidad de las mediciones que realiza, así mismo realiza certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados y brinda asistencia técnica en temas relacionados al campo de la metrología en la industria peruana. Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p> <p><i>This Calibration Certificate documents the traceability to national or international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI). KOSSODO METROLOGIA S.A.C. supports and calibrates his standards of reference to guarantee the chain of traceability of the measurements realized, as well as the metrological certifications realize at the request of the interested parties and offers technical assistance in topics related to the metrology field in the Peruvian industry. In order to assure the quality of measurements the user should recalibrate his instruments at appropriate intervals.</i></p>
<b>Dirección:</b> <i>Address</i>	Av. Los Próceros Nro. 1000 Urb. Cercado (Junín/Huancayo/Chilca)	
<b>Instrumento de medición:</b> <i>Measuring instrument</i>	<b>Balanza Electrónica</b>	
<b>Marca:</b> <i>Brand</i>	OHAUS	
<b>Modelo:</b> <i>Model</i>	SE602F	
<b>Número de Serie:</b> <i>Serial Number</i>	B528438322	
<b>Identificación:</b> <i>Identification</i>	C3-B-002 (**)	
<b>Lugar de Calibración:</b> <i>Place of Calibration</i>	Laboratorio	
<b>Orden de Trabajo:</b> <i>Service Work</i>	OT-02101939	
<b>Fecha de Calibración:</b> <i>Date of Calibration</i>	2021-11-12	
<b>Fecha de Emisión:</b> <i>Date of Issue</i>	2021-11-16	

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

*Technical characteristics of the calibrated object*

Capacidad Máxima (Max) : <i>Maximum Capacity</i>	600 g	Cap. Mínima (Min) : <i>Minimum load</i>	2 g (*)	Número de Divisiones (n): <i>Number of Scale Intervals</i>	6000
División de escala real (d) : <i>Division from real scale</i>	0,01 g	División de verificación de escala (e) : <i>Division verification of scale</i>	0,1 g (*)	Clase de Exactitud: <i>Accuracy Class</i>	III (*)

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

*Calibration Method*

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento ,P-CAL-01 "Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático" (Versión 02) basado en el PC-001 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automatico clase III y IIII " (Edición 03) del SNM- INDECOPI;este procedimiento cumple con los ensayos realizados a las balanzas de funcionamiento no automatico de acuerdo a la recomendación internacional OIML-R-76:2006.

*Calibration was performed by direct comparison between the indications of the scale reading and the standard weights applied loads by following the procedure, P-CAL-01 calibration procedure non-automatic scales" (Version 02) based on PC-001 "Procedure for the calibration of non-automatic scales class III and IIII" (Edition 03) of SNM-INDECOPI, this procedure meets the tests performed on non-automatic scales agree to the international recommendation OIML-R-76: 2006.*

Coordinador del SIG  
*SIG's Coordinator*

Supervisor de Laboratorio  
*Laboratory Supervisor*



*[Signature]*

Daniel Torres Díaz

*[Signature]*

Jano Ahumada M.

N° BD21-C-0949

## PATRONES UTILIZADOS

Standards Used

Nombre del Patrón <i>Standard name</i>	Código y/o serie del Patrón <i>Pattern code and/or series</i>	N° de Certificado <i>certificate number</i>	Trazabilidad <i>Traceability</i>
Pesa de 500 g / E2	PTB-PEE2-02 / 32029360	PE21-C-1201	KOSSODO METROLOGIA S.A.C.
Juego de pesas de 1 mg a 200 g / F1	PTB-STF1-02 / 16929269	PE21-C-1473	KOSSODO METROLOGIA S.A.C.

## INSPECCIÓN VISUAL

Visual inspection

Nivelación: <i>Levelling</i>	Tiene	Plataforma: <i>Plate</i>	Tiene	Oscilación libre : <i>Free oscillation</i>	Tiene	Display: <i>Display:</i>	Tiene
Ajuste de cero: <i>Zero Adjust</i>	Tiene	Sistema de traba: <i>locking system</i>	No tiene	Escala: <i>Escale</i>	No tiene	Cursor: <i>Cursor:</i>	No tiene

## RESULTADOS DE MEDICIÓN

measurement results

### RESULTADOS ANTES DEL AJUSTE

Results before adjust

Previo al ajuste del instrumento se encontraron los siguientes resultados para dos valores de carga.

Before the adjust of the instrument, it was found the following results for two loads values.

Valor Nominal <i>Nominal value</i>	Carga <i>Load</i>	Indicación <i>Indication</i>
(g)	(g)	(g)
Aprox. al 50 % de la cap. max.	299,999	300,03
Aprox. al 100 % de la cap. max.	599,999	600,04

### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Repeatability Test

Temperatura Inicial: 18,7 °C Humedad Inicial: 51 %  
*Initial Temperature Initial Humidity*

Temperatura Final: 18,4 °C Humedad Final: 51 %  
*Final Temperature Final Humidity*

Serie 1-Aproximadamente 50% Máx .				Serie 2-Aproximadamente 100% Máx .			
		Carga Aplicada L				Carga Aplicada L	
		299,9993 g				599,9994 g	
<i>Series 1 - Approximately 50% Max.</i>		<i>Load Applied L</i>		<i>Series 2 - Approximately 100% Max.</i>		<i>Load Applied L</i>	
N° Pesada <i>Weighing N°</i>	Indicación / <i>Indication I</i>	ΔL <i>Δ L</i>	E <i>E</i>	N° Pesada <i>Weighing N°</i>	Indicación / <i>Indication I</i>	ΔL <i>Δ L</i>	E <i>E</i>
	g	g	g		g	g	g
1	300,00	0,005	0,0007	1	599,99	0,004	-0,0084
2	300,00	0,006	-0,0003	2	599,99	0,004	-0,0084
3	300,00	0,006	-0,0003	3	599,99	0,004	-0,0084
4	300,00	0,006	-0,0003	4	599,99	0,005	-0,0094
5	300,00	0,007	-0,0013	5	599,99	0,005	-0,0094
6	300,00	0,005	0,0007	6	599,99	0,004	-0,0084
7	300,00	0,006	-0,0003	7	599,99	0,004	-0,0084
8	300,00	0,005	0,0007	8	599,99	0,004	-0,0084
9	300,00	0,005	0,0007	9	599,99	0,005	-0,0094
10	300,00	0,006	-0,0003	10	599,99	0,004	-0,0084
Diferencia Máxima Encontrada <i>Maximum Difference Found</i>			0,0020	Diferencia Máxima Encontrada <i>Maximum Difference Found</i>			0,0010
		E.M.P <i>E.M.P</i>	0,3 g			E.M.P <i>E.M.P</i>	0,3 g

### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Test Excentricity

Temperatura Inicial: 18,4 °C Humedad Inicial: 51 %  
*Initial Temperature Initial Humidity*  
 Temperatura Final: 18,6 °C Humedad Final: 51 %  
*Final Temperature Final Humidity*



Posición	Carga	Indicación	$\Delta L$	E	Carga	Indicación	$\Delta L$	E	Ec	
Location	Load	Indication	$\Delta L$	E	Load	Indication	$\Delta L$	E	Ec	
N°	g	g	g	g	g	g	g	g	g	
1		1,00	0,005	0,0000		200,00	0,006	-0,0005	-0,0005	
2		1,00	0,006	-0,0010		200,00	0,007	-0,0015	-0,0005	
3	1,0000	1,00	0,007	-0,0020	199,9995	199,99	0,005	-0,0095	-0,0075	
4		1,00	0,005	0,0000		200,00	0,007	-0,0015	-0,0015	
5		1,00	0,006	-0,0010		200,00	0,005	0,0005	0,0015	
									E.M.P	0,2 g
									E.M.P	

### ENSAYO DE PESAJE

Weighing test

Temperatura Inicial: 18,6 °C Humedad Inicial: 51 %  
*Initial Temperature Initial Humidity*  
 Temperatura Final: 18,6 °C Humedad Final: 50 %  
*Final Temperature Final Humidity*

Carga (L)	Indicación I	$\Delta L$	E	Ec	Indicación	$\Delta L$	E	Ec	Error Máximo Permitido
Load (L)	Indication I	$\Delta L$	E	Ec	Indication	$\Delta L$	E	Ec	
g	g	g	g	g	g	g	g	g	
1,0000	1,00	0,005	0,0000						0,1 g
2,0000	2,00	0,006	-0,0010	-0,0010	2,01	0,007	0,0080	0,0080	0,1 g
9,9999	10,00	0,006	-0,0009	-0,0009	10,01	0,006	0,0091	0,0091	0,1 g
19,9999	20,00	0,005	0,0001	0,0000	20,01	0,006	0,0091	0,0090	0,1 g
49,9997	50,00	0,006	-0,0007	-0,0008	50,01	0,007	0,0083	0,0082	0,1 g
99,9998	100,00	0,005	0,0002	0,0002	100,01	0,006	0,0092	0,0092	0,2 g
199,9995	200,00	0,006	-0,0005	-0,0005	200,01	0,005	0,0105	0,0105	0,2 g
299,9993	300,00	0,005	0,0007	0,0007	300,01	0,006	0,0097	0,0097	0,3 g
399,9989	399,99	0,005	-0,0089	-0,0089	400,00	0,006	0,0001	0,0001	0,3 g
499,9996	499,99	0,004	-0,0086	-0,0086	499,99	0,005	-0,0096	-0,0096	0,3 g
599,9994	599,99	0,004	-0,0084	-0,0084	599,99	0,004	-0,0084	-0,0084	0,3 g

L Carga colocada sobre la balanza  
*L Load placed on the balance*  
 I Indicación de la balanza  
*I Balance display*  
 E Error encontrado  
*E Error found*

Ec Error Corregido  
*Ec Error corrected*  
 $\Delta L$  Carga incrementada  
 *$\Delta L$  Increased load*

**INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA**

*Expanded uncertainty and corrected reading*

$$U_R = 2^* \sqrt{0,000027 \text{ g}^2 + 0,0000000010 \text{ R}^2}$$

Incetidumbre expandida de medición  
*Expanded measurement uncertainty*

Lectura Corregida  
*Corrected reading*

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,000015 R$$

R: Indicación de lectura de balanza : ( g )  
R: *Reading indication of tehe balance*

**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

*Measurement Uncertainty*

La incertidumbre de medición calculada (*U*), ha sido determinada a partir de la Incertidumbre estándar de medición combinada, multiplicada por el factor de cobertura *k=2*. Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza aproximada del 95%.

*The calculated uncertainty of measurement (U), it has been determined from the combined Standard Uncertainty of Measurement multiplied by the coverage factor k=2. This value has been calculated for a confidence level of approximate 95 %.*

**OBSERVACIONES**

*Notes.*

(\*) El valor de "e", capacidad mínima y clase de exactitud están indicadas en la balanza

*(\*) The value of "e", minimum capacity and accuracy class are indicated on the balance*

(\*\*) Código indicado en la balanza.

*(\*\*) Code indicated in the balance.*

Se ha considerado el coeficiente de variación térmica 0,000 01 °C-1 según el PC-001 "Procedimiento de Calibración de Balanzas Clase III y IIII" SNM-INDECOPI.

*It was considered the thermal variation coefficient 0,000 01 ° C-1 according to the PC-001 "Scale Calibration Procedure Class III and IIII" SNM-INDECOPI.*

Se ajustó la balanza antes de la calibración.

*The balance was adjusted before calibration.*

**NOTAS**

*Notes*

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del instrumento durante la calibración. KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que puedan derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado.

*The values indicated in this document are only valid for the conditions of the instrument during calibration. KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. takes no responsibility for any damages caused by bad use of the calibrated object.*

Los resultados declarados en el presente documento se relacionan solamente con el ítem sometido a calibración indicado en la pagina 1 de éste documento.

*The results declared in this document relate only to the item undergoing calibration indicated on page 1 of this document.*

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un período de por lo menos 4 años.

*A copy of this document will be kept in electronic device in the laboratory for 4 years at least.*

La versión en inglés de este documento es una traducción relativa. En caso de duda, es válida la versión original en español.

*The version in english of this document is not a binding translation. If any controversy arises, the original version in spanish must be considered.*

# Certificado de Calibración

## Calibration Certificate

**N° CI21-C-0584**

<b>Cliente:</b> <i>Customer</i>	<b>C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C</b>	<p>Este Certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. mantiene y calibra sus patrones de referencia para garantizar la cadena de trazabilidad de las mediciones que realiza, así mismo realiza certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados y brinda asistencia técnica en temas relacionados al campo de la metrología en la industria peruana.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p> <p><i>This Calibration Certificate documents the traceability to national or international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI). KOSSODO METROLOGIA S.A.C. supports and calibrates his standards of reference to guarantee the chain of traceability of the measurements realized, as well as the metrological certifications realize at the request of the interested parties and offers technical assistance in topics related to the metrology field in the Peruvian industry. In order to assure the quality of measurements the user should recalibrate his instruments at appropriate intervals.</i></p>
<b>Dirección:</b> <i>Address</i>	Av. Los Proceres N° 1000 Urb, Cercado (Junin/Huancayo/Chilca)	
<b>Instrumento de medición:</b> <i>Measuring instrument</i>	<b>HORNO</b>	
<b>Marca:</b> <i>Brand</i>	KAIZACORP	
<b>Modelo:</b> <i>Model</i>	STHX-1A	
<b>Número de Serie:</b> <i>Serial Number</i>	200611	
<b>Identificación:</b> <i>Identification</i>	C3-H-003	
<b>Lugar de Calibración:</b> <i>Place of Calibration</i>	Laboratorio	
<b>Orden de Trabajo:</b> <i>Work Order</i>	OT-02101939	
<b>Fecha de Calibración:</b> <i>Date of Calibration</i>	2021-11-12	
<b>Fecha de Emisión:</b> <i>Date of Issue</i>	2021-11-16	

### CARACTERÍSTICAS DEL OBJETO CALIBRADO

*Characteristics of the calibrated object*

<b>Tipo de Indicador:</b> <i>Type of indicating device</i>	Digital	<b>Tipo de Selector:</b> <i>Type of set point device</i>	Digital
<b>Intervalo de Indicación:</b> <i>Intervale of indication</i>	No indica	<b>Intervalo de Indicación :</b> <i>Intervale of indication</i>	-100,0 °C a 300,0 °C
<b>Resolución:</b> <i>Resolution</i>	0,1 °C	<b>Resolución:</b> <i>Resolution</i>	0,1 °C
<b>Tipo de ventilación:</b> <i>Type of ventilation</i>	Forzada	<b>Carga utilizada (%):</b> <i>Used load (%)</i>	30%
<b>Superficies internas:</b> <i>Internal layers</i>	2	<b>Temperatura de cal.:</b> <i>Calibration temperature</i>	60,0 °C ± 5,0 °C 110,0 °C ± 5,0 °C
<b>Posición de ventilación:</b> <i>Position of ventilation set point</i>	No especifica		

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

*Calibration Method*

La Calibración se ha realizado mediante la determinación de la temperatura, por comparación directa siguiendo el procedimiento, PC-018- "Procedimiento para la Calibración o Caracterización de Medios Isotermos con aire como medio termostático"-SNM-INDECOPI (Segunda Edición).

*Calibration was performed by determining the temperature , by direct comparison following the procedure , PC- 018 "Procedure for calibration or characterization Media isothermal air as thermostatic means " - SNM -INDECOPI (Second Edition).*

Coordinador del SIG

*SIG's Coordinator*



Daniel Torres Díaz

Supervisor de Laboratorio

*Laboratory Supervisor*

Brian Espejo Campos

**N° CI21-C-0584**

**PATRÓN UTILIZADO**

Standard Used

Nombre del patrón <i>Standard name</i>	Código de patrón y/o serie del patrón <i>Standard code and/or series</i>	N° de Certificado <i>certificate number</i>	Trazabilidad <i>Traceability</i>
Termómetro digital multicanal con incertidumbre de calibración no mayor a 0,20 °C	PT-TMUL-06 / 203135B <i>PT-TMUL-06 / 203135B</i>	TD21-C-0082 <i>TD21-C-0082</i>	KOSSODO METROLOGIA S.A.C. <i>KOSSODO METROLOGIA S.A.C.</i>

**CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LA CALIBRACIÓN**

Environment Conditions during Calibration

Temperatura Inicial: 19,0 °C

*Initial Temperature*

Temperatura Final: 19,1 °C

*Final Temperature*

Humedad Inicial: 45 % h.r.

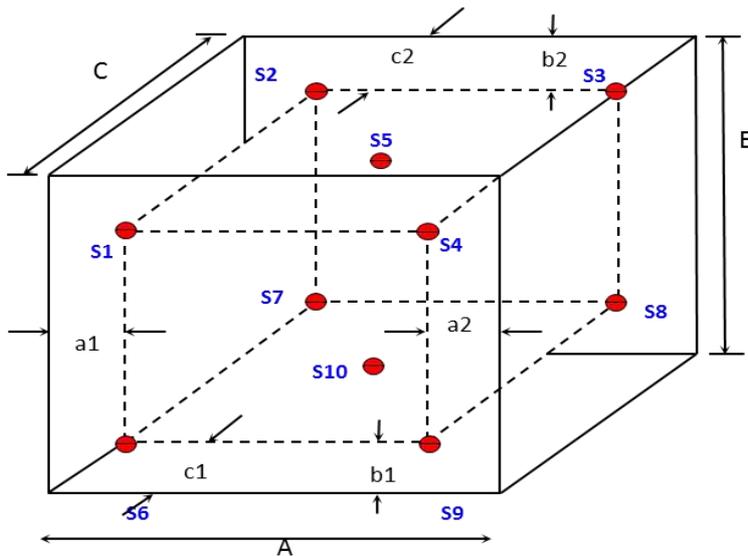
*Initial Humidity*

Humedad Final: 44 % h.r.

*Final Humidity*

**DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES DENTRO DE LA CÁMARA DEL EQUIPO**

Distribution of the sensors inside the chamber of the equipment



● = Sensor de Temperatura

**A, B, C** Dimensiones del volumen interno.

**a, b, c** Aproximadamente entre 1/10 y 1/4 de las de las dimensiones del volumen interno

Los sensores S5 y S10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles

**Ubicación de parrillas durante la calibración:**

Location of grills during calibration:

Distancia de parrilla superior desde la base interna: 31 cm por encima de la base.

*Distance from upper grill the inner core: 31cm above the base.*

Distancia de parrilla inferior desde la base interna: 10 cm por encima de la base.

*Distance from the lower grill inner core: 10cm below the base.*

**Dimensiones internas**

*Internal dimensions*

**A** = 45,0 cm

**B** = 45,0 cm

**C** = 36,0 cm

**Ubicación de los sensores**

*Probe positions*

**a1** = 7,0 cm

**b1** = 8,5 cm

**c1** = 6,0 cm

**a2** = 7,0 cm

**b2** = 7,0 cm

**c2** = 6,0 cm

**N° CI21-C-0584**

**POSICION DEL CONTROLADOR / SELECTOR ANTES DEL AJUSTE**

*Driver positions / selector set before*

No se realizó el ajuste.

*No adjustment was made*

**TEMPERATURAS REGISTRADAS DURANTE LA CALIBRACIÓN**

*Recorded Temperature during calibration*

**TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN 60,0 °C ± 5,0 °C**

Tiempo <i>Time</i>	l <sub>equipo</sub> °C	Indicaciones corregidas de los 10 sensores expresados en °C <i>Corrected indications of 10 sensors expressed in °C</i>										T. prom. °C	ΔT. °C
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10		
00:00	59,9	60,4	63,0	61,4	60,3	61,8	60,9	63,4	63,5	62,4	63,5	62,1	3,2
00:02	59,9	60,5	62,9	61,3	60,3	61,7	60,9	63,4	63,5	62,4	63,5	62,1	3,2
00:04	60,0	60,4	62,7	61,1	60,3	61,6	60,9	63,2	63,5	62,2	63,6	62,0	3,3
00:06	60,2	60,3	62,8	61,1	60,1	61,5	60,9	63,2	63,5	62,1	63,3	61,9	3,4
00:08	60,0	60,4	62,7	61,3	60,2	61,6	60,9	63,1	63,6	62,4	63,4	62,0	3,4
00:10	59,8	60,5	62,9	61,3	60,5	61,9	61,1	63,4	63,6	62,6	63,6	62,2	3,1
00:12	60,0	60,3	62,6	61,0	60,3	61,6	60,9	63,0	63,7	62,5	63,5	62,0	3,4
00:14	60,2	60,4	62,7	61,1	60,2	61,5	60,8	63,1	63,6	62,3	63,4	61,9	3,4
00:16	60,0	60,4	62,7	61,3	60,3	61,7	60,9	63,2	63,6	62,4	63,3	62,0	3,3
00:18	59,8	60,6	63,0	61,4	60,3	61,9	61,2	63,5	63,7	62,5	63,6	62,2	3,4
00:20	60,0	60,5	62,9	61,4	60,5	61,9	61,0	63,4	63,7	62,6	63,6	62,2	3,2
00:22	60,2	60,4	62,7	61,0	60,2	61,6	61,0	63,2	63,6	62,3	63,6	62,0	3,4
00:24	60,1	60,1	62,5	61,0	60,1	61,5	60,9	63,0	63,6	62,2	63,3	61,8	3,5
00:26	59,9	60,5	62,7	61,1	60,3	61,5	60,8	63,0	63,5	62,4	63,3	61,9	3,2
00:28	59,8	60,5	63,0	61,4	60,4	61,7	61,0	63,4	63,8	62,6	63,6	62,2	3,4
00:30	60,0	60,4	62,8	61,3	60,3	61,6	60,9	63,2	63,7	62,5	63,6	62,1	3,4
00:32	60,2	60,2	62,5	61,0	60,2	61,5	60,9	63,1	63,7	62,3	63,3	61,9	3,5
00:34	60,0	60,1	62,5	60,9	60,1	61,4	60,7	62,9	63,6	62,2	63,3	61,8	3,5
00:36	60,2	60,5	63,0	61,4	60,5	61,8	61,1	63,4	63,6	62,4	63,5	62,1	3,1
00:38	60,0	60,6	62,9	61,4	60,6	62,0	61,2	63,5	63,8	62,6	63,6	62,2	3,2
00:40	59,8	60,4	62,7	61,3	60,3	61,6	60,9	63,2	63,7	62,4	63,5	62,0	3,4
00:42	60,0	60,2	62,5	61,0	60,2	61,5	60,7	63,1	63,6	62,4	63,5	61,9	3,4
00:44	60,2	60,4	62,7	61,3	60,4	61,9	61,1	63,3	63,7	62,5	63,5	62,1	3,3
00:46	60,0	60,4	62,9	61,4	60,4	61,7	61,1	63,4	63,7	62,5	63,6	62,1	3,3
00:48	59,8	60,3	62,8	61,3	60,2	61,6	61,0	63,2	63,7	62,4	63,6	62,0	3,5
00:50	60,0	60,4	62,6	61,0	60,3	61,6	61,0	63,1	63,6	62,4	63,5	62,0	3,3
00:52	60,2	60,4	62,9	61,3	60,3	61,7	60,9	63,2	63,6	62,4	63,5	62,0	3,3
00:54	60,1	60,4	62,7	61,3	60,5	61,6	61,0	63,1	63,6	62,4	63,5	62,0	3,2
00:56	59,9	60,6	63,0	61,4	60,5	61,8	61,1	63,4	63,7	62,6	63,6	62,2	3,2
00:58	59,8	60,4	62,6	61,1	60,3	61,6	60,9	63,1	63,6	62,4	63,4	62,0	3,3
01:00	60,0	60,4	62,7	61,1	60,3	61,6	60,9	63,0	63,5	62,4	63,4	62,0	3,2
<b>T. PROM.</b>	60,0	60,4	62,8	61,2	60,3	61,7	61,0	63,2	63,6	62,4	63,5	<b>Temperatura promedio general</b>	
<b>T. MAX</b>	60,2	60,6	63,0	61,4	60,6	62,0	61,2	63,5	63,8	62,6	63,6		
<b>T. MIN</b>	59,8	60,1	62,5	60,9	60,1	61,4	60,7	62,9	63,5	62,1	63,3		
<b>DTT</b>	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,3	0,5	0,3	<b>62,0</b>	

**RESUMEN DE RESULTADOS**

*Resume of results*

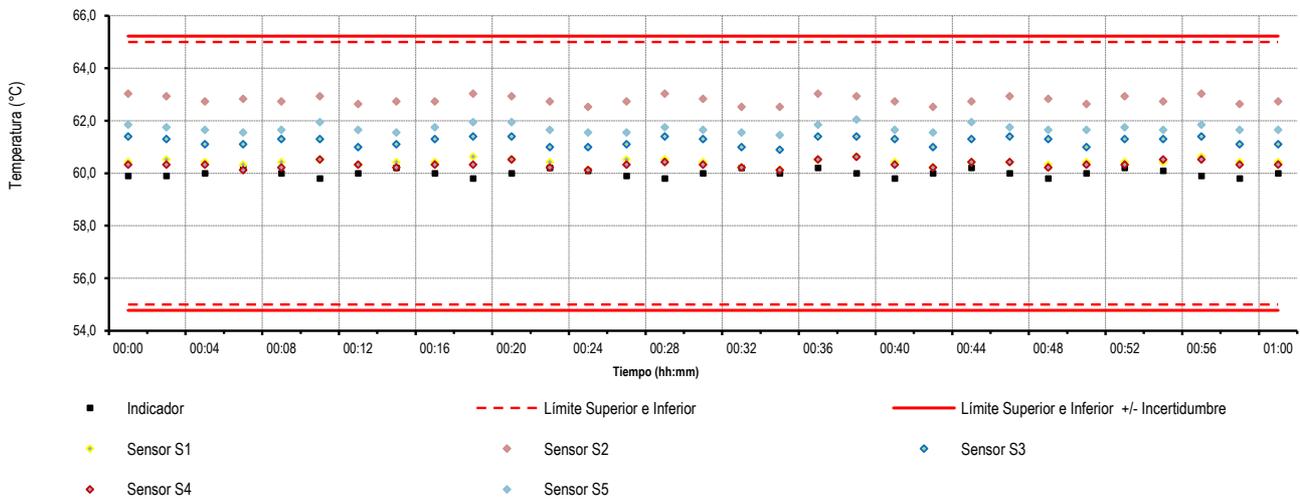
PARAMETROS <i>Parameters</i>	VALOR <i>Value</i>	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA <i>Uncertainty Expanded</i>
Máxima temperatura registrada durante la calibración <i>Maximal temperature recorded during calibration</i>	63,8 °C	0,3 °C
Mínima temperatura registrada durante la calibración <i>Minimal temperature recorded during calibration</i>	60,1 °C	0,3 °C
Desviación de Temperatura en el Tiempo (DTT) <i>Temperature deviation at time</i>	0,6 °C	0,1 °C
Desviación de Temperatura en el Espacio (DTE) <i>Temperature deviation in the space</i>	3,3 °C	0,2 °C
Estabilidad ( ± ) <i>Stability</i>	0,30 °C	0,05 °C
Uniformidad <i>Uniformity</i>	3,5 °C	0,2 °C

N° CI21-C-0584

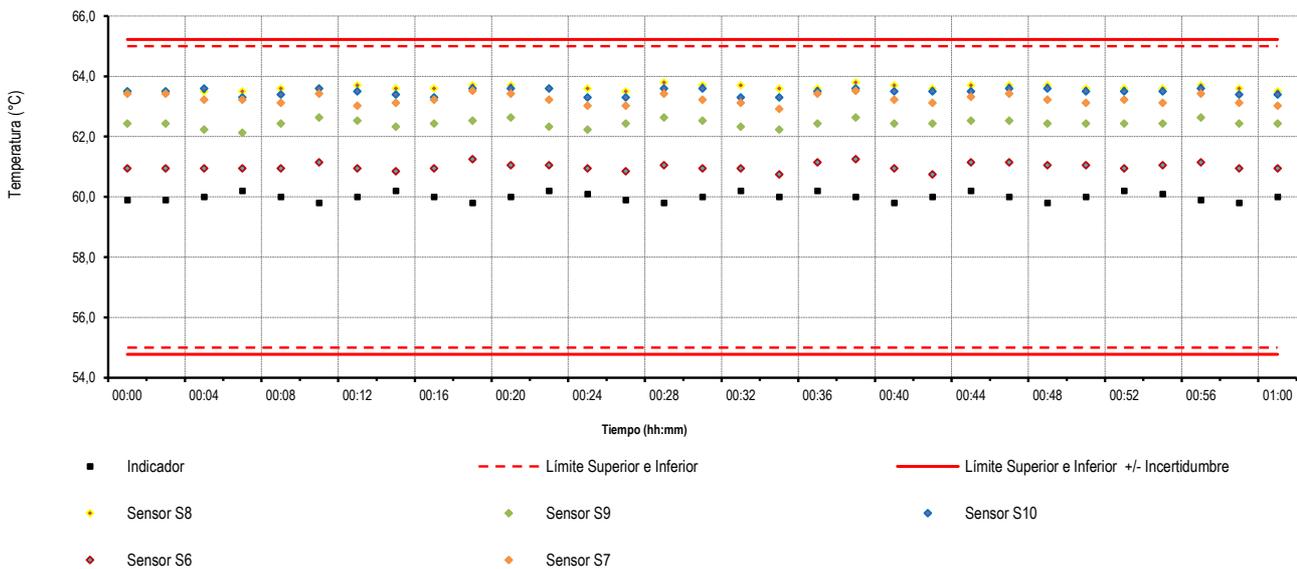
**GRÁFICO DE ESTABILIDAD DE TEMPERATURAS DURANTE LA CALIBRACIÓN**  
*Temperature stability graph during the calibration*

TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN 60,0 °C ± 5,0 °C

Nivel Superior



Nivel Inferior



N° CI21-C-0584

**TEMPERATURAS REGISTRADAS DURANTE LA CALIBRACIÓN**

Recorded Temperature during calibration

TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN 110,0 °C ± 5,0 °C

Tiempo	Equipo	Indicaciones corregidas de los 10 sensores expresados en °C										T. prom.	ΔT.	
		Corrected indications of 10 sensors expressed in °C												
Time	°C	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	°C	°C	
00:00	106,9	106,1	110,7	108,1	106,5	108,8	108,0	112,4	114,3	112,4	114,5	110,2	8,5	
00:02	106,9	106,4	111,1	108,4	106,5	109,1	108,3	113,0	114,6	112,7	114,8	110,5	8,5	
00:04	107,0	106,1	110,7	108,2	106,4	108,9	108,2	112,7	114,5	112,6	114,6	110,3	8,6	
00:06	107,2	105,9	110,5	107,9	106,1	108,6	107,7	112,3	114,2	112,2	114,3	110,0	8,5	
00:08	107,0	106,0	110,7	108,1	106,1	108,8	108,1	112,5	114,2	112,2	114,5	110,1	8,6	
00:10	106,8	106,3	111,0	108,5	106,6	108,9	108,3	112,3	114,6	112,4	114,3	110,3	8,3	
00:12	107,0	106,4	111,0	108,4	106,4	108,9	108,2	112,8	114,5	112,6	114,6	110,4	8,3	
00:14	107,2	105,9	110,7	108,2	106,3	108,7	108,1	112,7	114,4	112,2	114,3	110,2	8,5	
00:16	107,0	106,0	110,5	108,0	106,1	108,6	107,9	112,5	114,6	112,1	114,3	110,1	8,6	
00:18	106,8	106,1	110,7	108,1	106,3	108,8	108,0	112,6	114,2	112,4	114,4	110,2	8,4	
00:20	107,0	106,3	110,9	108,3	106,4	108,9	108,2	112,8	114,5	112,6	114,6	110,4	8,4	
00:22	107,2	106,1	111,0	108,1	106,1	108,7	108,2	112,8	114,7	112,4	114,5	110,3	8,6	
00:24	107,1	106,2	110,7	108,0	106,2	108,9	108,0	112,6	114,4	112,3	114,4	110,2	8,3	
00:26	106,9	106,0	110,6	108,0	106,1	108,6	108,0	112,4	114,4	112,2	114,2	110,1	8,4	
00:28	106,8	106,2	110,9	108,3	106,5	109,0	108,1	112,9	114,5	112,5	114,5	110,3	8,4	
00:30	107,0	106,3	110,9	108,3	106,3	109,0	108,4	112,7	114,7	112,6	114,5	110,4	8,4	
00:32	107,2	106,0	110,5	108,0	106,2	108,6	107,7	112,6	114,4	112,2	114,2	110,0	8,4	
00:34	107,0	105,9	110,4	108,1	106,4	108,6	107,8	112,3	113,9	112,4	114,2	110,0	8,4	
00:36	107,2	106,0	110,7	108,2	106,4	108,6	108,1	112,6	114,5	112,4	114,2	110,2	8,5	
00:38	107,0	106,2	110,9	108,5	106,6	109,0	108,4	112,6	114,5	112,5	114,6	110,4	8,5	
00:40	106,8	106,1	110,7	108,1	106,4	108,9	108,0	112,4	114,6	112,4	114,4	110,2	8,5	
00:42	107,0	106,0	110,6	108,0	106,1	108,6	107,9	112,6	114,4	112,3	114,3	110,1	8,4	
00:44	107,2	106,2	110,8	108,1	106,2	108,9	108,1	112,7	114,5	112,4	114,3	110,2	8,3	
00:46	107,0	106,2	111,0	108,5	106,6	109,0	108,1	112,6	114,6	112,6	114,6	110,4	8,5	
00:48	106,8	106,0	110,7	108,3	106,5	109,0	108,1	112,6	114,5	112,6	114,6	110,3	8,7	
00:50	107,0	105,9	110,4	107,9	106,2	108,5	108,1	112,3	114,2	112,2	114,0	110,0	8,3	
00:52	107,2	105,7	110,4	108,1	106,1	108,6	107,6	112,3	114,0	112,1	114,1	109,9	8,5	
00:54	107,1	106,1	110,7	108,1	106,2	108,5	108,1	112,5	114,3	112,4	114,2	110,1	8,2	
00:56	106,9	106,4	111,1	108,5	106,6	109,1	108,5	113,0	114,8	112,6	114,6	110,5	8,4	
00:58	106,8	106,1	110,7	108,3	106,4	108,8	108,1	112,6	114,6	112,5	114,6	110,3	8,6	
01:00	107,0	106,0	110,7	107,9	106,1	108,6	108,0	112,6	114,3	112,4	114,4	110,1	8,5	
<b>T. PROM.</b>	107,0	106,1	110,7	108,2	106,4	108,8	108,0	112,6	114,4	112,4	114,5	0,0	0,0	<b>Temperatura promedio general</b>
<b>T. MAX</b>	107,2	106,4	111,1	108,5	106,6	109,1	108,5	113,0	114,8	112,7	114,8	0,0	0,0	
<b>T. MÍN</b>	106,8	105,7	110,4	107,9	106,1	108,5	107,6	112,3	113,9	112,1	114,0	0,0	0,0	
<b>DTT</b>	0,4	0,7	0,7	0,6	0,5	0,6	0,9	0,7	0,9	0,6	0,8	0,0	0,0	<b>110,2</b>

**RESUMEN DE RESULTADOS**

Resume of results

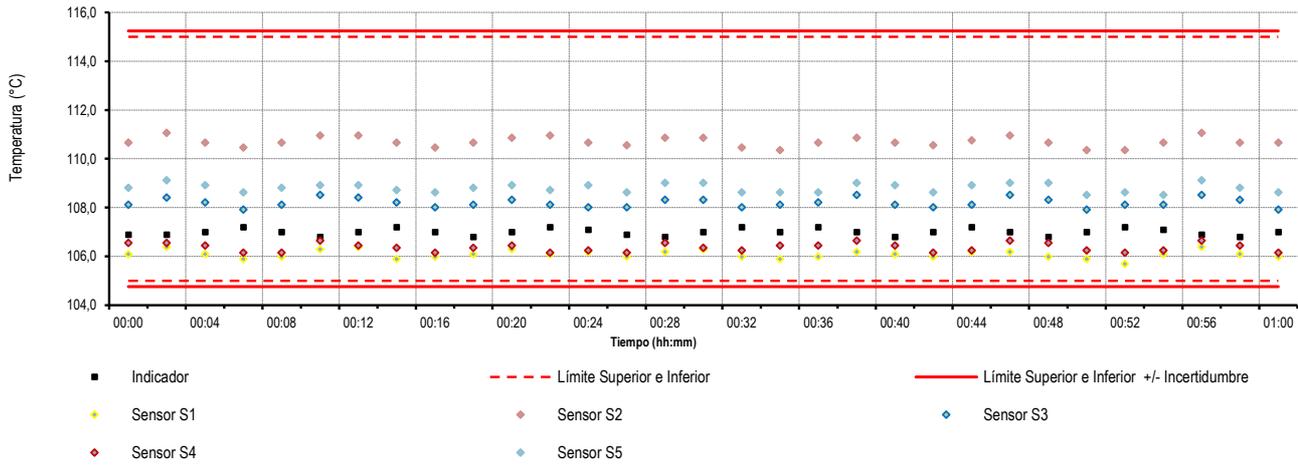
PARAMETROS	VALOR	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA
Parameters	Value	Uncertainty Expanded
Máxima temperatura registrada durante la calibración <i>Maximal temperature recorded during calibration</i>	114,8 °C	0,3 °C
Mínima temperatura registrada durante la calibración <i>Minimal temperature recorded during calibration</i>	105,7 °C	0,3 °C
Desviación de Temperatura en el Tiempo (DTT) <i>Temperature deviation at time</i>	0,9 °C	0,1 °C
Desviación de Temperatura en el Espacio (DTE) <i>Temperature deviation in the space</i>	8,4 °C	0,2 °C
Estabilidad ( ± ) <i>Stability</i>	0,45 °C	0,05 °C
Uniformidad <i>Uniformity</i>	8,7 °C	0,2 °C

**N° CI21-C-0584**

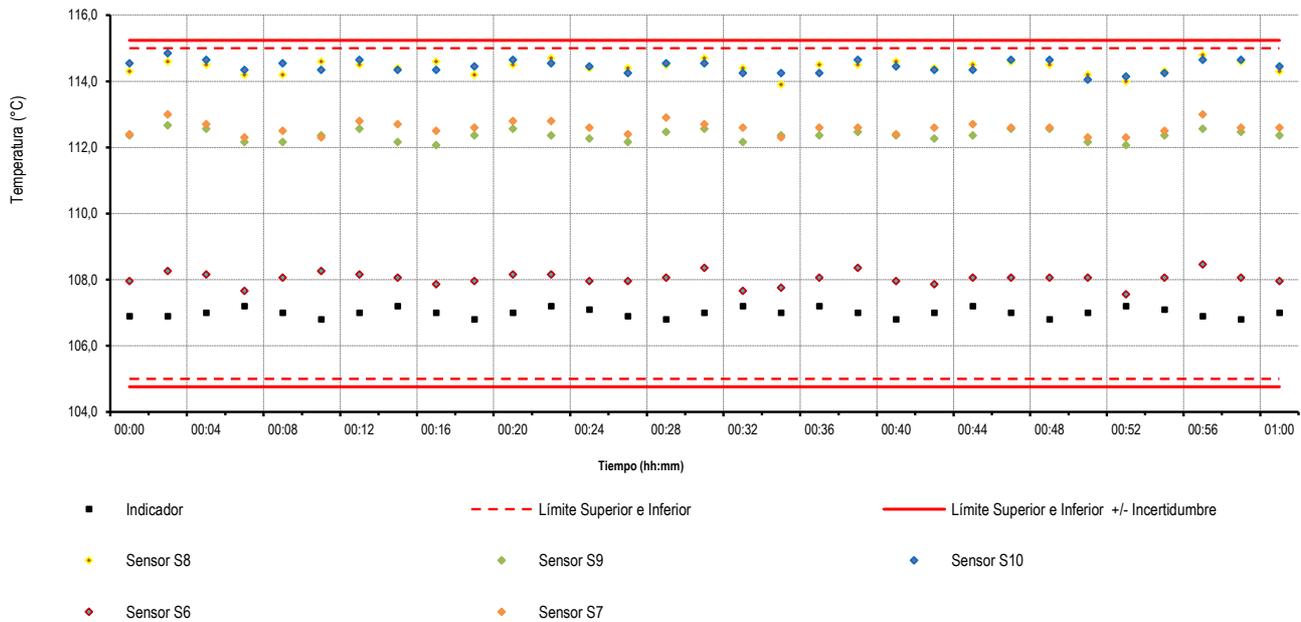
**GRÁFICO DE ESTABILIDAD DE TEMPERATURAS DURANTE LA CALIBRACIÓN**

Temperature stability graph during the calibration

**TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN 110,0 °C ± 5,0 °C**  
**Nivel Superior**



**Nivel Inferior**



## N° CI21-C-0584

### NOMENCLATURA

*Nomenclature*

<b>I equipo</b>	=	Lecturas en el dispositivo de indicación del equipo calibrado. <i>Readings in the indication device of the calibrated equipment.</i>
<b>T.prom.</b>	=	Temperatura promedio de los sensores por cada intervalo <i>Temperature average of sensors for every interval</i>
<b>ΔT</b>	=	Diferencia entre máxima y mínima temperaturas en cada intervalo de registro <i>Difference between maximal and minimal temperatures every interval of record</i>
<b>T. PROM</b>	=	Promedio de indicaciones corregidas para cada sensor durante el tiempo total. <i>Average of corrected indications for every sensor during test.</i>
<b>T. MÁX</b>	=	La máxima de las indicaciones para cada sensor durante el tiempo total. <i>Maximun indication of temperature for every sensor during test.</i>
<b>T. MÍN</b>	=	La mínima de las indicaciones para cada sensor durante el tiempo total. <i>Minimun indication of temperature for every sensor during test.</i>
<b>DTT</b>	=	Desviación de Temperatura en el Tiempo <i>Temperature deviation at time</i>

### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

*Measurement Uncertainty*

Las incertidumbres de medición calculadas (*U*), han sido determinadas a partir de sus Incertidumbres estándares de medición combinadas, multiplicadas por el factor de cobertura *k=2*. Estos valores han sido calculados para un nivel de confianza aproximado del 95%.  
*The calculated uncertainties of measurement (U), have been determined from the combinated Standards Uncertainties of Measurement multiplied by the coverage factor k=2. These values have been calculated for a confidence level of aproximate 95 %.*

### OBSERVACIONES

*Comments*

Las temperaturas convencionalmente verdaderas mostradas en los resultados de medición son las de la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (International Temperature Scale ITS-90).

*The conventionally real temperatures shown in the measurement results are those of the International Temperature Scale 1990 (International Temperature Scale ITS-90).*

Para alcanzar la temperatura de trabajo esperada de 60 °C, el selector de temperatura del equipo ha sido aproximado a: 60,0 °C  
*To achieve the working temperature expected of 60 °C, the temperature selector device was adjust at: 60,0 °C*

Para alcanzar la temperatura de trabajo esperada de 110 °C, el selector de temperatura del equipo ha sido aproximado a: 107,0 °C  
*To achieve the working temperature expected of 110 °C, the temperature selector device was adjust at: 107,0 °C*

Muestra de suelos

*Soil sample*

### DECLARACIÓN DE CUMPLIMIENTO

*Conformity Declaration:*

El Medio Isotermo, Cumple con las desviaciones máximas permisibles de temperatura.

*The medium isotherm, meet the maximum allowable temperature deviations.*



El Medio Isotermo, No cumple con las desviaciones máximas permisibles de temperatura.

*The medium isotherm, does not meet the maximum allowable temperature deviations.*



El Medio Isotermo, No se puede concluir si cumple o no cumple con las desviaciones máximas permisibles de temperatura.

*The medium Isotherm can not conclude within or outside the maximum allowable temperature deviation.*



### NOTAS

*Notes*

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del instrumento durante la calibración. KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que puedan derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado.

*The values indicated in this document are only valid for the conditions of the instrument during calibration. KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. takes no responsibility for any damages caused by bad use of the calibrated object.*

Los resultados declarados en el presente documento se relacionan solamente con el ítem sometido a calibración indicado en la página 1 de éste documento.

*The results declared in this document relate only to the item undergoing calibration indicated on page 1 of this document.*

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un período de por lo menos 4 años.

*A copy of this document will be kept in electronic device in the laboratory for 4 years at least.*

La versión en inglés de este documento es una traducción relativa. En caso de duda, es válida la versión original en español.

*The version in english of this document is not a binding translation. If any controversy arises, the original version in spanish must be considered.*

Los datos de los sensores registrados, han sido obtenidos luego de haber aproximado a la temperatura de trabajo dentro de la cámara durante: 2 horas.

*The registrated temperature of the sensors was obtained after adjusting and stabilization at the working temperature inside the chamber for 2 hours.*

FO-LAB-2-3 Versión: 3 Aprobado el 2021-02-26

Página 7 de 8

N° CI21-C-0584

**FOTOGRAFÍA DEL INTERIOR DEL EQUIPO**

*Photography inside the equipment*



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT-LP-008-2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Presión

Página 1 de 3

1. Expediente	2010-2022
2. Solicitante	C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA
3. Dirección	AV. LOS PROCERES NRO. 1000 - HUANCAYO - JUNIN
4. Instrumento de medición	PROBADOR DE HUMEDAD (SPEEDY)
Marca	ELE INTERNATIONAL
Modelo	No indica
N° de serie	1000002742
Identificación	No indica
Cap de muestra	20 g
Manómetro	Marca: FORNEY Modelo: 3405-26 Serie: No indica Alcance: 0 psi a 22 psi Resolución: 1.1 Clase: No indica
5. Fecha de calibración	2022-05-27

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

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

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Jefe de Laboratorio

Fecha de Emisión

2022-06-01

JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT-LP-008-2022

*Área de Metrología*  
*Laboratorio de Presión*

Página 2 de 3

### 6. Metodo de calibración

La calibración ha sido realizada por el método de comparación directa; el cual consiste en comparar la indicación del instrumento bajo calibración contra la indicación del instrumento patrón, siguiendo el procedimiento PC-004 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de medición de presión relativa con clase de exactitud igual o mayor a 0,05% F.S." y también comparando los valores de humedad directo con el método de "Determinación de Humedad" utilizando equipos de laboratorio (Secado en horno y pesado en balanza), de acuerdo a la norma ASTM D2216

### 7. Lugar de calibración

Laboratorio de calibración de PERUTEST SAC

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21. °C	21. °C
Humedad relativa	65 %	65 %
Presión atmosférica	997 mbar	997 mbar

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
ELICROM	Manómetro de indicación digital de 160 psi con clase de exactitud de 0,1%	CCP-1315-002-21

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT-LP-008-2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Presión

Página 3 de 3

### 11. Resultados de medición

Indicación de instrumento a calibrar psi	Indicación de instrumento patrón psi	Error de indicación psi	Error de histéresis psi	Incertidumbre psi
0.00	0.00	0.00	0.00	0.29
5.50	5.40	0.10	-0.08	0.20
11.00	10.79	0.21	-0.07	0.28
17.25	17.18	0.07	0.14	0.49
22.00	21.70	0.30	0.04	0.23

Lectura del equipo a calibrar (% de Humedad)	Humedad ensayada (% de Humedad)
0.0	0.0
5.0	5.0
10.1	10.0
15.0	15.0
20.0	20.0

### 12. 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  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 068 - 2021

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	0808-2021
2. Solicitante	<b>C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.</b>
3. Dirección	Av. los Proceres Nro. 1000 - Huancayo - Chilca - Junín
4. Equipo	<b>PRENSA MARSHALL - CBR</b>
Capacidad	5000 kgf
Marca	PERUTEST
Modelo	PT-PME
Número de Serie	1002
Procedencia	PERU
Identificación	NO INDICA
Indicación	DIGITAL
Marca	HIGH WEIGHT
Modelo	315-X8
Número de Serie	NO INDICA
Resolución	0.1 kgf
Ubicación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2021-07-14

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

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

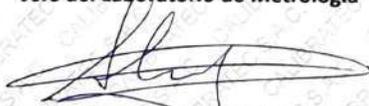
Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2021-07-15

Jefe del Laboratorio de Metrología

  
MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 068 - 2021

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

Av. los Proceres Nro. 1000 - Huancayo - Chilca - Junin

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	12.8 °C	12.8 °C
Humedad Relativa	56 % HR	56 % HR

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-002 Capacidad: 10,000 kg.f	INF-LE-038-21 B

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1,0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 068 - 2021

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

### 11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	$F_1$ (kgf)	$F_1$ (kgf)	$F_2$ (kgf)	$F_3$ (kgf)	$F_{promedio}$ (kgf)
10	500	499.6	498.8	499.3	499.3
20	1000	1001.0	1000.2	1000.6	1000.6
30	1500	1500.6	1499.9	1500.7	1500.4
40	2000	2002.1	2001.9	2004.8	2003.1
50	2500	2500.4	2499.5	2500.4	2500.2
60	3000	3000.9	2998.8	2999.8	2999.8
70	3500	3501.1	3499.0	3499.7	3499.8
80	4000	4001.3	3999.3	3999.9	4000.1
90	4500	4501.8	4499.4	4500.1	4500.4
100	5000	5002.7	4999.6	5000.4	5000.6
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo $F$ (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre $U$ (k=2) (%)
	Exactitud $a$ (%)	Repetibilidad $b$ (%)	Reversibilidad $v$ (%)	Resol. Relativa $a$ (%)	
500	0.14	0.16	-0.12	0.02	0.35
1000	-0.06	0.08	-0.03	0.01	0.34
1500	-0.03	0.05	-0.03	0.01	0.34
2000	-0.15	0.14	-0.07	0.01	0.35
2500	-0.01	0.04	-0.04	0.00	0.34
3000	0.01	0.07	-0.03	0.00	0.34
3500	0.00	0.06	-0.01	0.00	0.34
4000	0.00	0.05	-0.02	0.00	0.34
4500	-0.01	0.05	-0.02	0.00	0.34
5000	-0.01	0.06	0.00	0.00	0.34

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ )	0.00 %
---	--------



### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

### Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada (2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

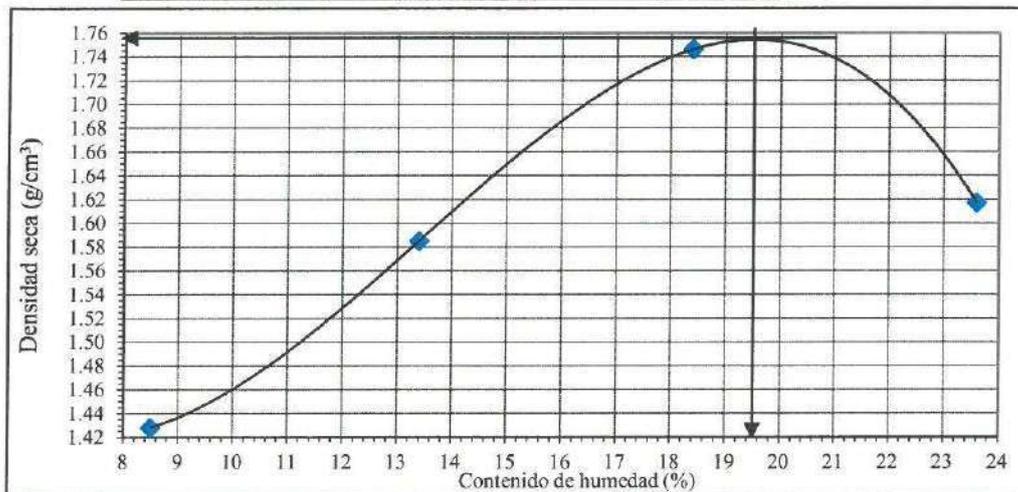
NTP 339.141

Método de ensayo Tipo "A"

Calicata : Prog. 128+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.756 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 19.5 %

% Contenido de humedad	8.5	13.4	18.4	23.6
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.428	1.585	1.746	1.617



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
 NTP 339.175

**Datos de la muestra:**

Calicata : Prog. 128+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141**

Máxima densidad seca : 1.756 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 19.5 %

**b).- Compactación de moldes**

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.756	1.661	1.532
Contenido de Humedad (%)	19.6	19.5	19.4

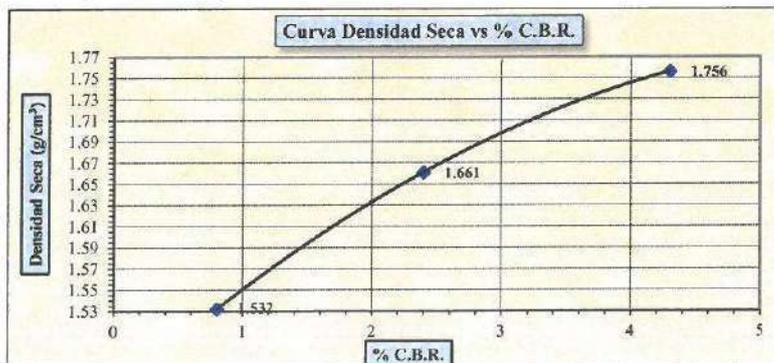
**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C. B.R. (%)
I	0.10	43	1000	4.3
II	0.10	24	1000	2.4
III	0.10	8	1000	0.8

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 4.3%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 2.6%

**d).- Expansión (%)** : SI



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

#### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

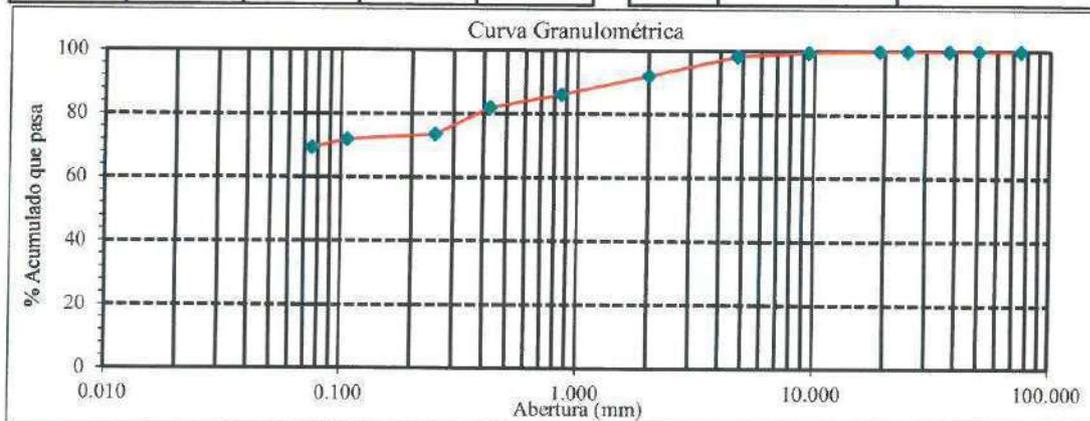
Calicata : Prog. 129+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 in.	75.000	0.0	0.0	100.0
2 in.	50.000	0.0	0.0	100.0
1½ in.	37.500	0.0	0.0	100.0
1 in.	25.000	0.0	0.0	100.0
¾ in.	19.000	0.0	0.0	100.0
½ in.	9.500	0.4	0.4	99.6
No. 4	4.750	1.3	1.7	98.3
No. 10	2.000	6.3	8.0	92.0
No. 20	0.850	5.8	13.8	86.2
No. 40	0.425	4.2	18.0	82.0
No. 60	0.250	8.4	26.4	73.6
No. 140	0.106	1.6	28.0	72.0
No. 200	0.075	2.6	30.6	69.4
Fondo		69.4	100.0	

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	39
Límite Plástico	23
Índice de Plasticidad	16

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	1.7	% Humedad	16.2
% Arena	28.9		
% Finos	69.4		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASHTO NTP 339.135	
Símbolo	CL	A-6 (10)	
Nombre	Arcilla arenosa de baja plasticidad		



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUIA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyrna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**

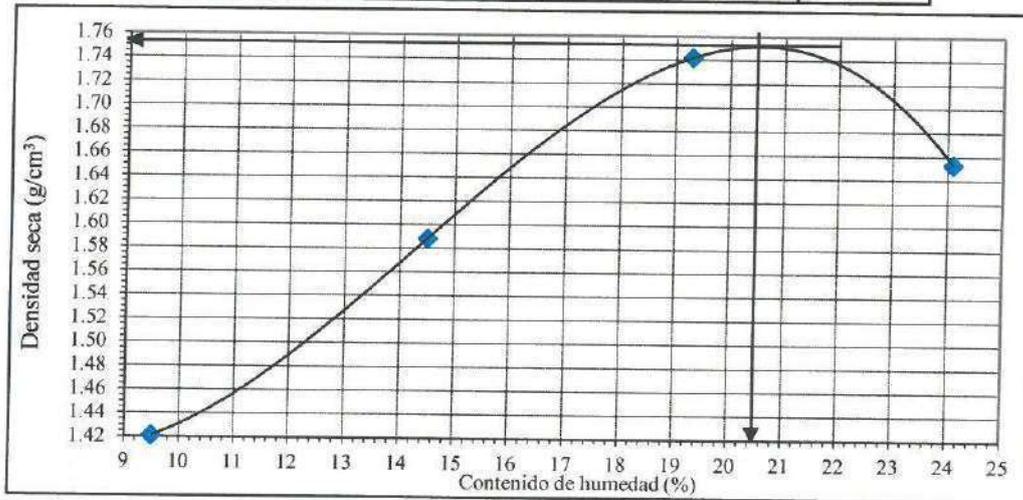
**NTP 339.141**

**Método de ensayo Tipo "A"**

Calicata : Prog. 129+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.753 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 20.5 %

% Contenido de humedad	9.5	14.5	19.3	24.1
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.421	1.588	1.742	1.653



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas: Bach. Ing. Kely Thalía Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
 NTP 339,175

**Datos de la muestra:**

Calicata : Prog. 129+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141**

Máxima densidad seca : 1.753 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 20.5 %

**b).- Compactación de moldes**

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.753	1.618	1.502
Contenido de Humedad (%)	20.6	20.5	20.4

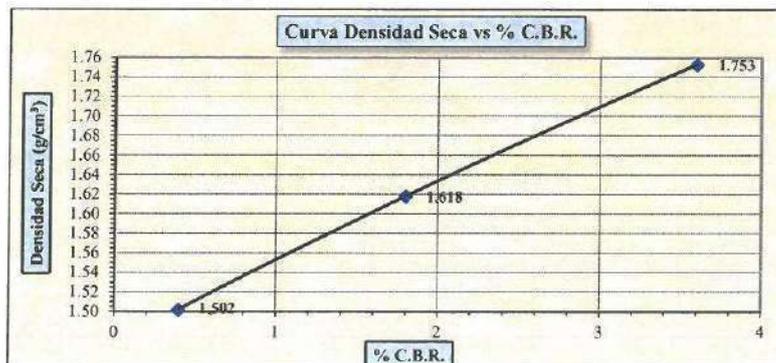
**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	36	1000	3.6
II	0.10	18	1000	1.8
III	0.10	4	1000	0.4

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 3.6%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 2.4%

**d).- Expansión (%)** : SI



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

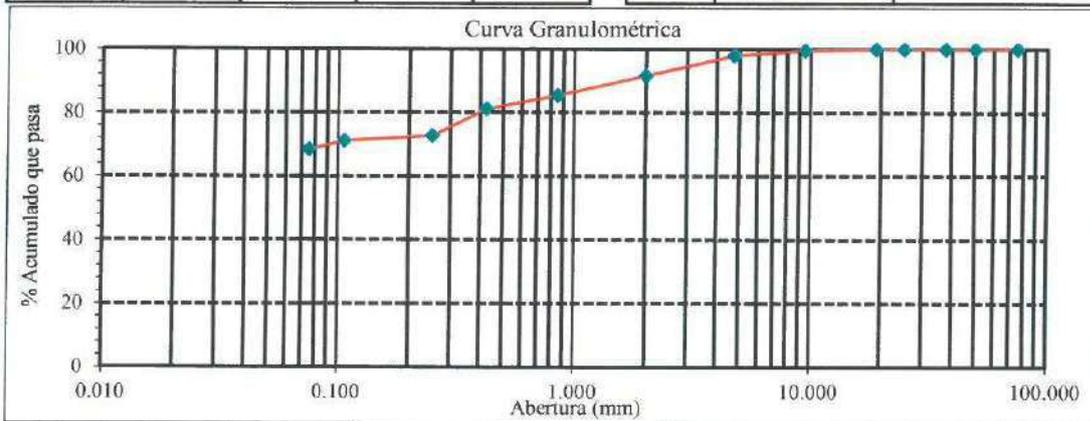
Calicata : Prog. 130+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 in.	75.000	0.0	0.0	100.0
2 in.	50.000	0.0	0.0	100.0
1½ in.	37.500	0.0	0.0	100.0
1 in.	25.000	0.0	0.0	100.0
¾ in.	19.000	0.0	0.0	100.0
½ in.	9.500	0.4	0.4	99.6
No. 4	4.750	1.6	2.0	98.0
No. 10	2.000	6.3	8.3	91.7
No. 20	0.850	6.3	14.6	85.4
No. 40	0.425	4.2	18.8	81.2
No. 60	0.250	8.4	27.3	72.7
No. 140	0.106	1.6	28.8	71.2
No. 200	0.075	2.7	31.6	68.4
Fondo		68.4	100.0	

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	37
Límite Plástico	19
Índice de Plasticidad	18

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	2.0	% Humedad	17.4
% Arena	29.6		
% Finos	68.4		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASHTO NTP 339.135	
Símbolo	CL	A-6 (10)	
Nombre	Arcilla arenosa de baja plasticidad		



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
  - 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).
- Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**

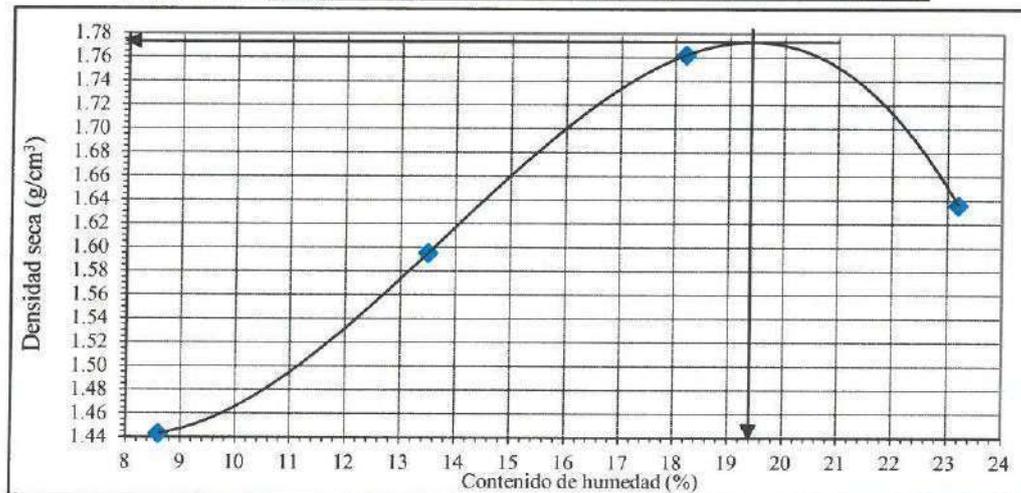
**NTP 339.141**

**Método de ensayo Tipo "A"**

Calicata : Prog. 130+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.774 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 19.4 %

% Contenido de humedad	8.6	13.5	18.2	23.2
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.443	1.595	1.762	1.636



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testista: : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 : Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
**NTP 339.175**

**Datos de la muestra:**

Calicata : Prog. 130+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141**

Máxima densidad seca : 1.774 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 19.4 %

**b).- Compactación de moldes**

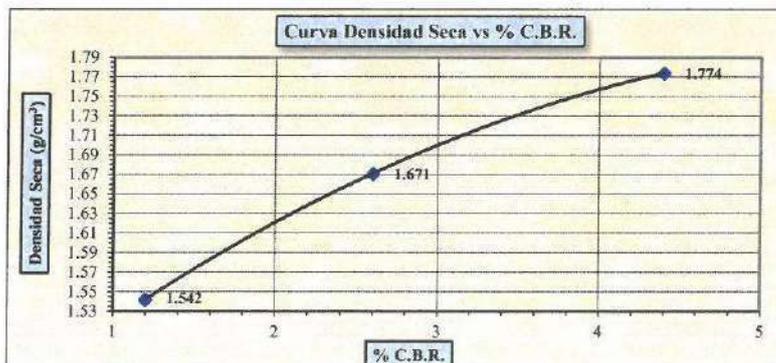
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.774	1.671	1.542
Contenido de Humedad (%)	19.5	19.4	19.3

**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	44	1000	4.4
II	0.10	26	1000	2.6
III	0.10	12	1000	1.2

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 4.4%  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 2.8%

**d).- Expansión (%)** : SI



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamaní Salazar Omar Alex



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

#### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

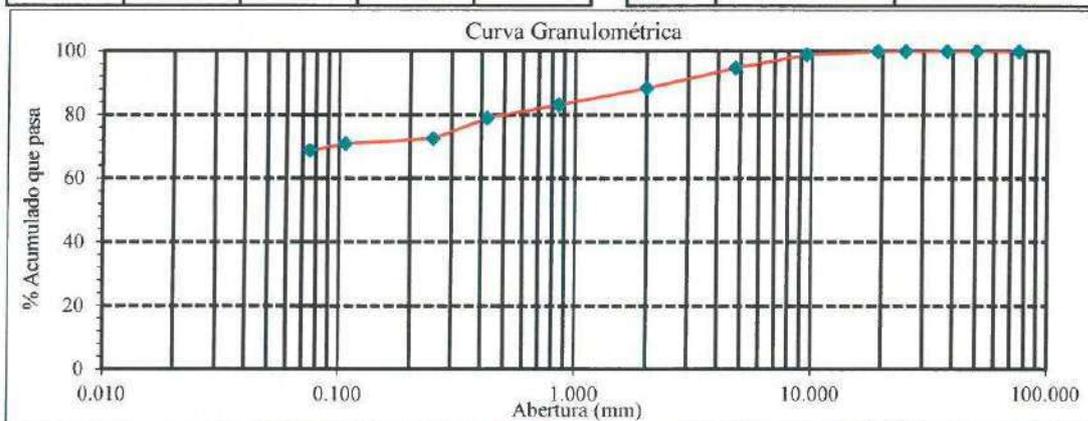
Calicata : Prog. 131+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 in.	75.000	0.0	0.0	100.0
2 in.	50.000	0.0	0.0	100.0
1½ in.	37.500	0.0	0.0	100.0
1 in.	25.000	0.0	0.0	100.0
¾ in.	19.000	0.0	0.0	100.0
½ in.	9.500	1.1	1.1	98.9
No. 4	4.750	4.2	5.3	94.7
No. 10	2.000	6.3	11.6	88.4
No. 20	0.850	5.3	16.8	83.2
No. 40	0.425	4.2	21.1	78.9
No. 60	0.250	6.4	27.5	72.5
No. 140	0.106	1.6	29.1	70.9
No. 200	0.075	2.1	31.2	68.8
Fondo		68.8	100.0	

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	37
Límite Plástico	23
Índice de Plasticidad	14

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	5.3	% Humedad	18.8
% Arena	25.9		
% Finos	68.8		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASHTO NTP 339.135	
Símbolo	CL	A-6 (8)	
Nombre	Arcilla arenosa de baja plasticidad		



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUIA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildefonso  
                                   : Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
                                   : Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

### Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada (2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

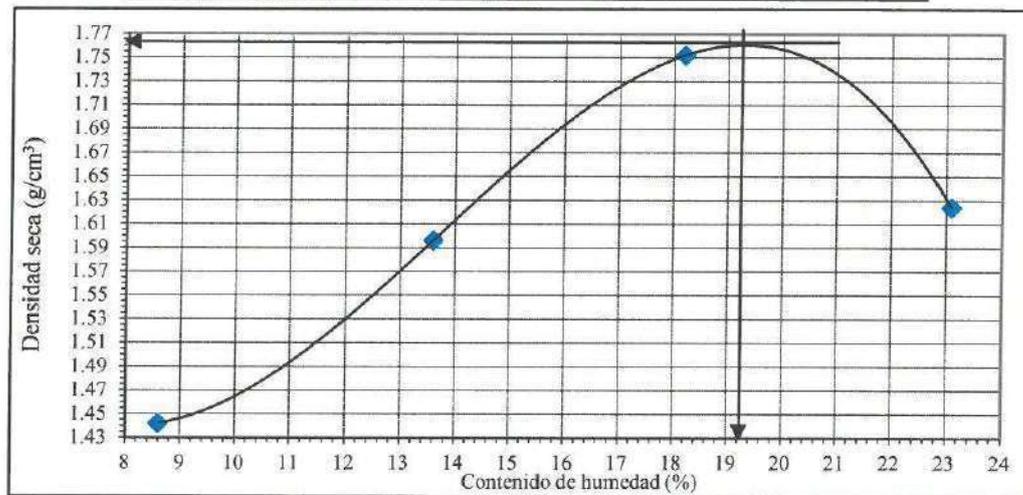
NTP 339.141

#### Método de ensayo Tipo "A"

Calicata : Prog. 131+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.764 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 19.3 %

% Contenido de humedad	8.6	13.6	18.2	23.1
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.442	1.596	1.752	1.624



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testista: : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

### Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R. (California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos) NTP 339.175

**Datos de la muestra:**

Calicata : Prog. 131+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141**

Máxima densidad seca : 1.764 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 19.3 %

**b).- Compactación de moldes**

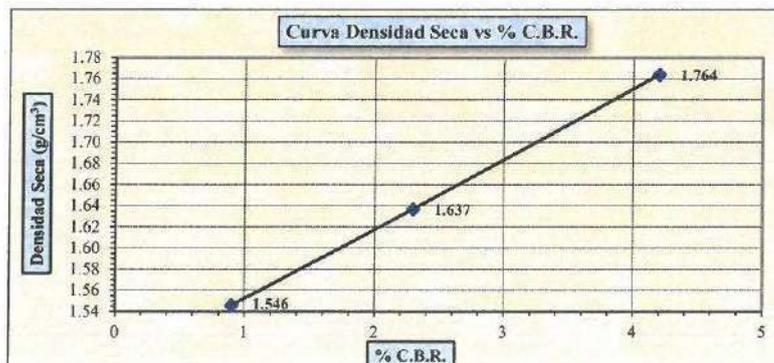
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.764	1.637	1.546
Contenido de Humedad (%)	19.4	19.3	19.2

**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	42	1000	4.2
II	0.10	23	1000	2.3
III	0.10	9	1000	0.9

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 4.2%  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 2.9%

**d).- Expansión (%)** : SI



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI; GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

#### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

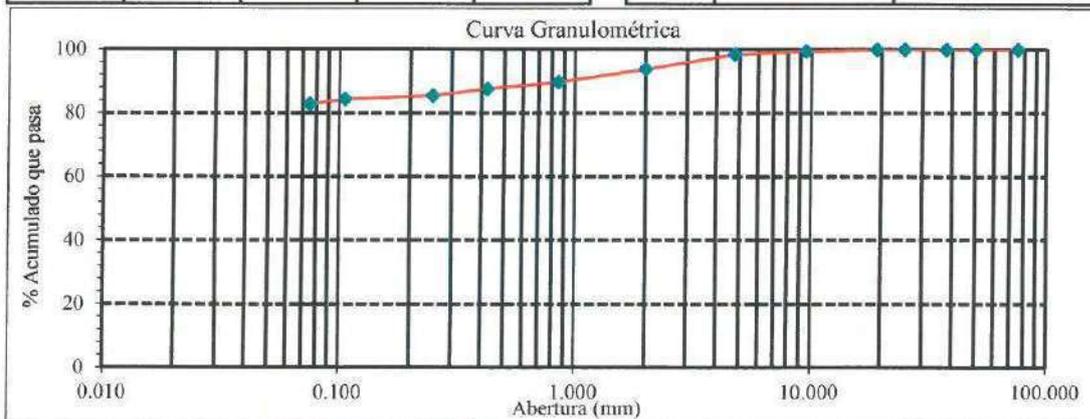
Calicata : Prog. 132+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 in.	75.000	0.0	0.0	100.0
2 in.	50.000	0.0	0.0	100.0
1½ in.	37.500	0.0	0.0	100.0
1 in.	25.000	0.0	0.0	100.0
¾ in.	19.000	0.0	0.0	100.0
½ in.	9.500	0.5	0.5	99.5
No. 4	4.750	1.1	1.6	98.4
No. 10	2.000	4.5	6.1	93.9
No. 20	0.850	4.2	10.3	89.7
No. 40	0.425	2.1	12.4	87.6
No. 60	0.250	2.1	14.5	85.5
No. 140	0.106	1.1	15.6	84.4
No. 200	0.075	1.6	17.2	82.8
Fondo		82.8	100.0	

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	37
Límite Plástico	20
Índice de Plasticidad	17

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	1.6	% Humedad	17.1
% Arena	15.6		
% Finos	82.8		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASHTO NTP 339.135	
Símbolo	CL	A-6 (14)	
Nombre	Arcilla de baja plasticidad		



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar





**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testista: Bach. Ing. Kely Thalia Torres Idefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Ines - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
**NTP 339.175**

**Datos de la muestra:**

Calicata : Prog. 132+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141**

Máxima densidad seca : 1.766 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 20.9 %

**b).- Compactación de moldes**

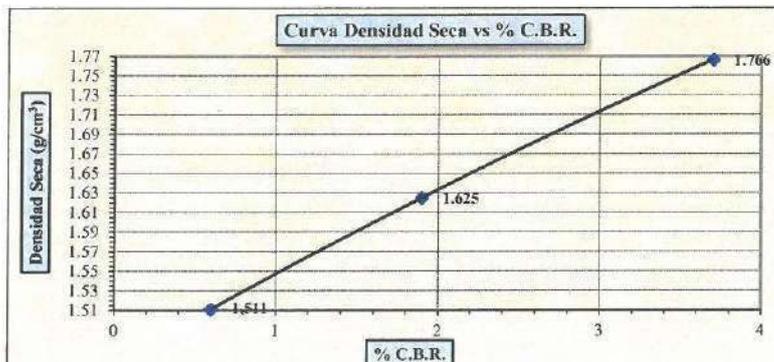
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.766	1.625	1.511
Contenido de Humedad (%)	21.0	20.9	20.8

**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	37	1000	3.7
II	0.10	19	1000	1.9
III	0.10	6	1000	0.6

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 3.7%  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 2.5%

**d).- Expansión (%)** : SI



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP.004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

#### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

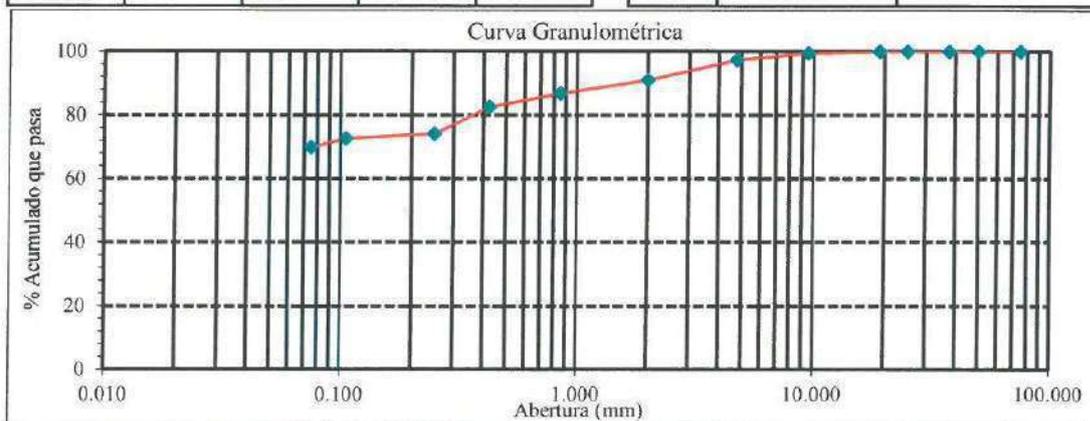
Calicata : Prog. 133+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 in.	75.000	0.0	0.0	100.0
2 in.	50.000	0.0	0.0	100.0
1½ in.	37.500	0.0	0.0	100.0
1 in.	25.000	0.0	0.0	100.0
¾ in.	19.000	0.0	0.0	100.0
½ in.	9.500	0.5	0.5	99.5
No. 4	4.750	2.1	2.6	97.4
No. 10	2.000	6.3	8.9	91.1
No. 20	0.850	4.2	13.2	86.8
No. 40	0.425	4.2	17.4	82.6
No. 60	0.250	8.4	25.8	74.2
No. 140	0.106	1.6	27.4	72.6
No. 200	0.075	2.7	30.1	69.9
Fondo		69.9	100.0	

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	38
Límite Plástico	21
Índice de Plasticidad	17

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	2.6	% Humedad	15.5
% Arena	27.5		
% Finos	69.9		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASHTO NTP 339.135	
Símbolo	CL	A-6 (9)	
Nombre	Arcilla arenosa de baja plasticidad		



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
  - El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).
- Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

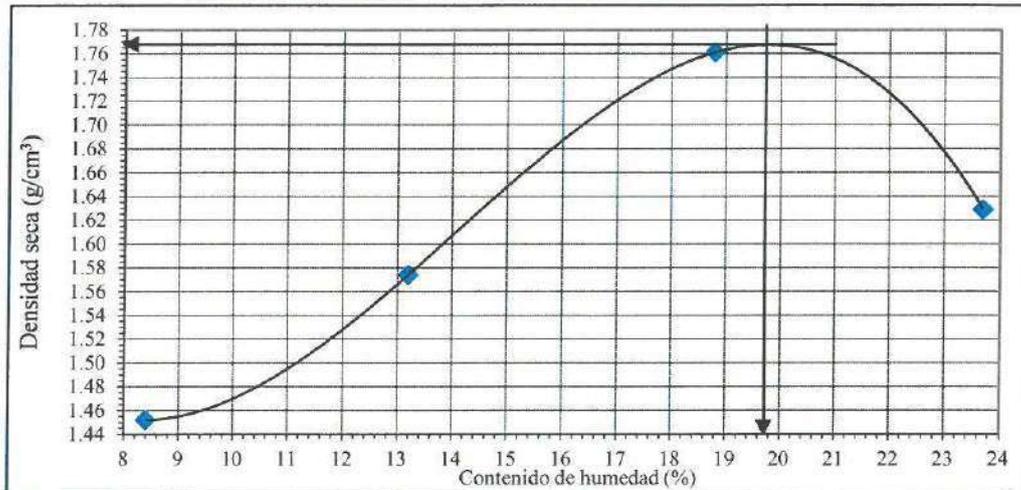
Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los tesisas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**  
**NTP 339.141**  
**Método de ensayo Tipo "A"**

Calicata : Prog. 133+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.768 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 19.7 %

% Contenido de humedad	8.4	13.2	18.8	23.7
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.452	1.574	1.761	1.629



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testista: Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
 NTP 339.175

**Datos de la muestra:**

Calicata : Prog. 133+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141**

Máxima densidad seca : 1.768 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 19.7 %

**b).- Compactación de moldes**

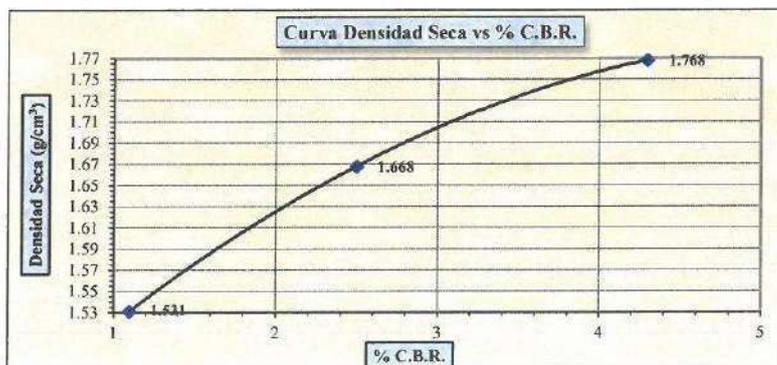
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.768	1.668	1.531
Contenido de Humedad (%)	19.8	19.7	19.6

**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	43	1000	4.3
II	0.10	25	1000	2.5
III	0.10	11	1000	1.1

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 4.3%  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 2.7%

**d).- Expansión (%)** : SI



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 3006-2021  
Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
Fecha de emisión : 30-06-21

### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

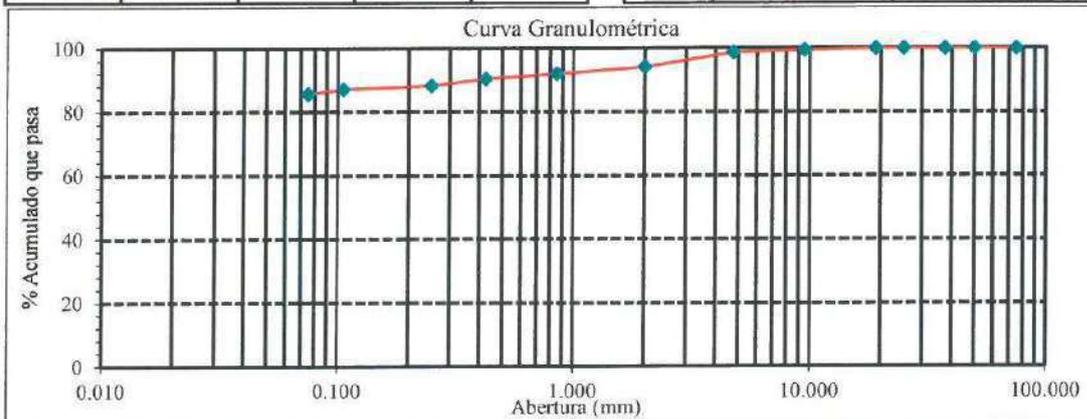
Calicata : Prog. 134+000  
Muestra : M-1  
Profundidad (m) : 1.50

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 in.	75.000	0.0	0.0	100.0
2 in.	50.000	0.0	0.0	100.0
1½ in.	37.500	0.0	0.0	100.0
1 in.	25.000	0.0	0.0	100.0
¾ in.	19.000	0.0	0.0	100.0
½ in.	9.500	0.5	0.5	99.5
No. 4	4.750	0.8	1.4	98.6
No. 10	2.000	4.5	5.9	94.1
No. 20	0.850	2.1	8.0	92.0
No. 40	0.425	1.6	9.6	90.4
No. 60	0.250	2.1	11.7	88.3
No. 140	0.106	1.1	12.7	87.3
No. 200	0.075	1.6	14.3	85.7
Fondo		85.7	100.0	

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	37
Límite Plástico	18
Índice de Plasticidad	19

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	1.4	% Humedad	18.3
% Arena	12.9		
% Finos	85.7		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASHTO NTP 339.135	
Símbolo	CL	A-6 (16)	
Nombre	Arcilla de baja plasticidad		



#### NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUIA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

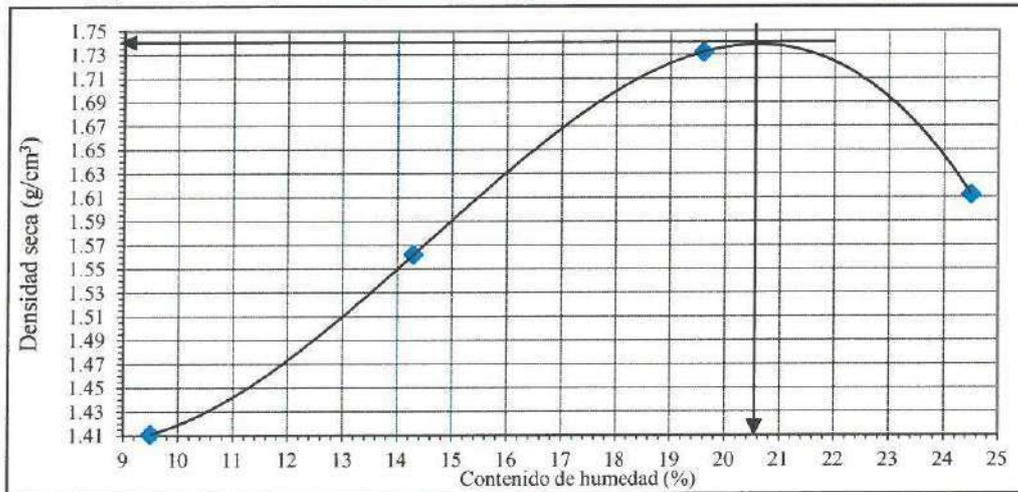
Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**  
**NTP 339.141**  
**Método de ensayo Tipo "A"**

Calicata : Prog. 134+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.741 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 20.5 %

% Contenido de humedad	9.5	14.3	19.6	24.5
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.411	1.562	1.732	1.612



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testista: Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera  
 Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
 NTP 339.175

**Datos de la muestra:**

Calicata : Prog. 134+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141**

Máxima densidad seca : 1.741 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 20.5 %

**b).- Compactación de moldes**

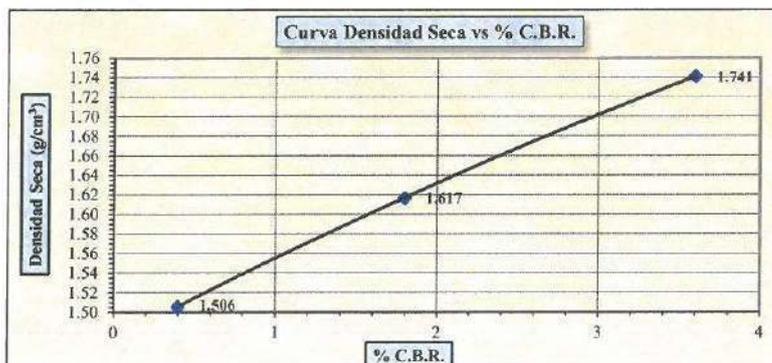
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.741	1.617	1.506
Contenido de Humedad (%)	20.6	20.5	20.4

**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	36	1000	3.6
II	0.10	18	1000	1.8
III	0.10	4	1000	0.4

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 3.6%  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 2.3%

**d).- Expansión (%) : SI**



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP.004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Hldefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés -  
 Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

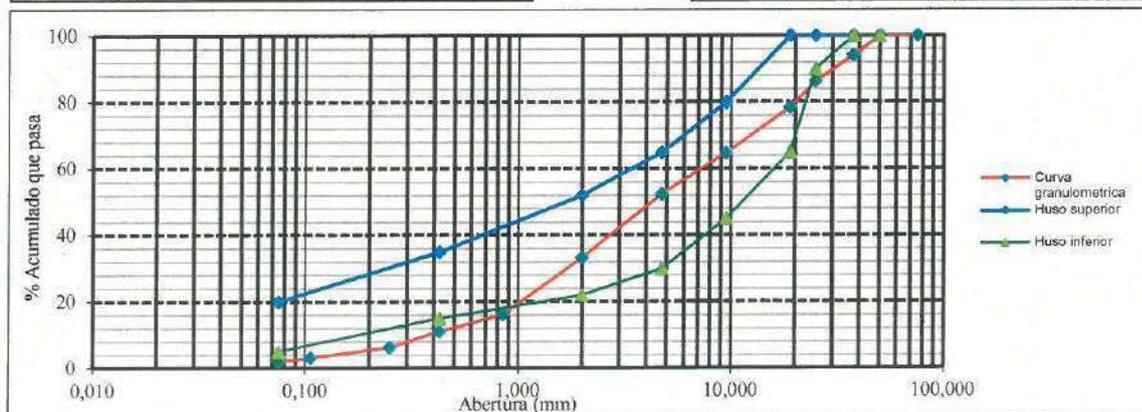
Cantera : San Juan de Astobamba km. 155  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : Superficial

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128					Requerimientos para Base- Gradación "A"
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa	
3 in.	75,000	0,0	0,0	100,0	100
2 in.	50,000	0,0	0,0	100,0	100
1½ in.	37,500	5,8	5,8	94,2	100
1 in.	25,000	8,0	13,7	86,3	100
¾ in.	19,000	7,7	21,5	78,5	100
½ in.	9,500	13,8	35,3	64,7	30 a 65
No. 4	4,750	12,2	47,5	52,5	25 a 55
No. 10	2,000	19,3	66,8	33,2	15 a 40
No. 20	0,850	17,0	83,7	16,3	---
No. 40	0,425	5,1	88,9	11,1	8 a 20
No. 60	0,250	4,8	93,7	6,3	---
No. 140	0,106	3,2	96,9	3,1	---
No. 200	0,075	1,2	98,0	2,0	2 a 8
Fondo		2,0	100,0	0,0	

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	38
Límite Plástico	23
Índice de Plasticidad	15

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	47,5	Humedad (%)	6,2
% Arena	50,5		
% Finos	2,0		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASHTO NTP 339.135	
Símbolo	SC	A-2-6 (0)	
Nombre	Arena arcillosa con grava		



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés  
 Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

### Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada (2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))

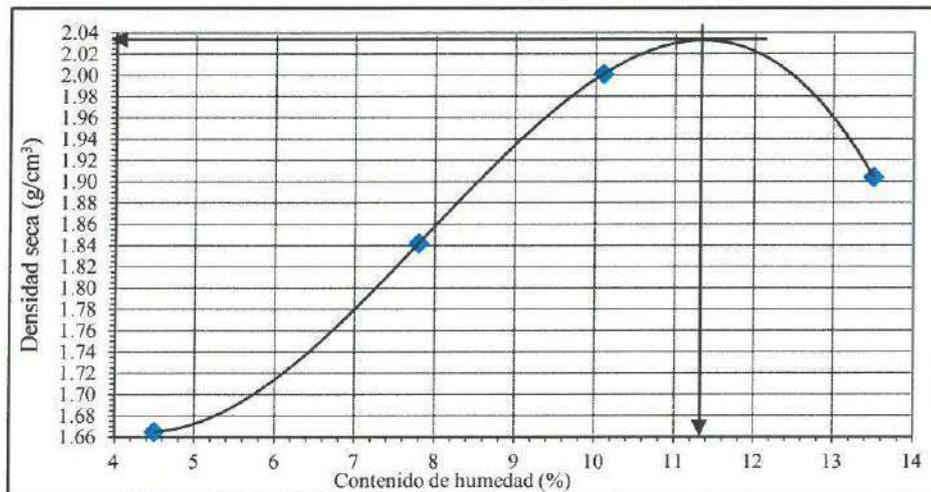
NTP 339.141

#### Método de ensayo Tipo "B"

Cantera : San Juan de Astobamba km. 155  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 2.034 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 11.3 %

% Contenido de humedad	4.5	7.8	10.1	13.5
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.665	1.842	2.001	1.904



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**Expediente N° :** 3006-2021  
**Nombre de los testistas :** Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
**Nombre de la tesis :** Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
**Ubicación :** Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
**Fecha de emisión :** 30-06-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
**NTP 339.175**

**Datos de la muestra:**

**Cantera :** San Juan de Astobamba km. 155  
**Muestra :** M-1  
**Profundidad (m) :** 1,50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141**

**Máxima densidad seca :** 2,034 g/cm<sup>3</sup>  
**Óptimo Contenido de Humedad :** 11,3 %

**b).- Compactación de moldes**

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2,034	1,941	1,827
Contenido de Humedad (%)	11,4	11,3	11,2

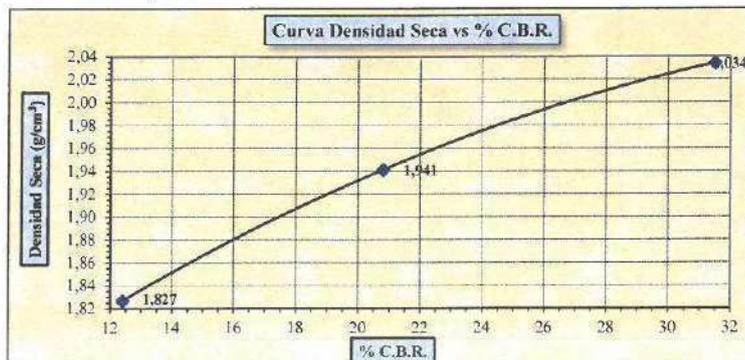
**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0,10	315	1000	31,5
II	0,10	208	1000	20,8
III	0,10	124	1000	12,4

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 31,5%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 19,6%

**d).- Expansión (%) :** SI



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI. GP.004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

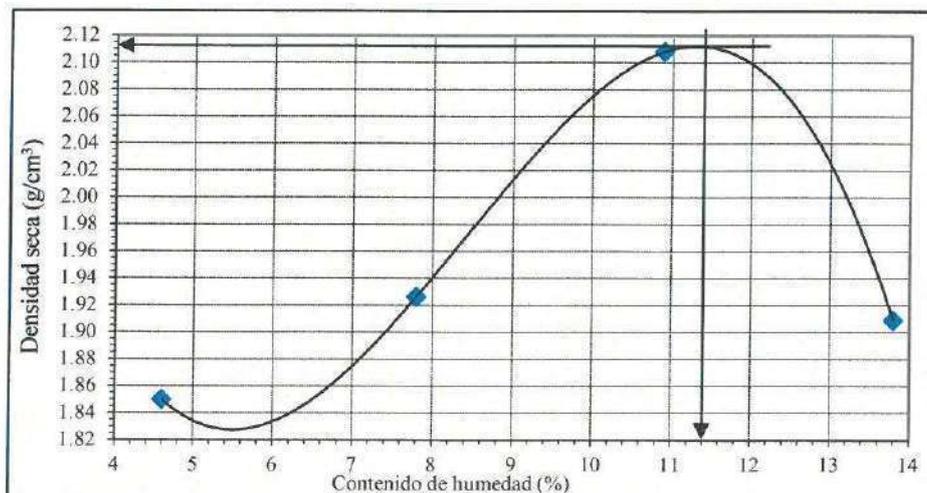
Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los tesisistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés  
 Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyana - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

### Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada (2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)) NTP 339.141 Método de ensayo Tipo "B"

Cantera : San Juan de Astobamba km. 155+ 2% de cemento  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 2.114 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 11.4 %

% Contenido de humedad	4.6	7.8	10.9	13.8
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.850	1.926	2.108	1.909



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 0807-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés -  
 Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 08-07-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
**NTP 339.175**

**Datos de la muestra:**

Cantera : San Juan de Astobamba km. 155 + 2% de cemento  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141**

Máxima densidad seca : 2.114 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 11.4 %

**b).- Compactación de moldes**

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.114	2.046	1.985
Contenido de Humedad (%)	11.4	11.3	11.2

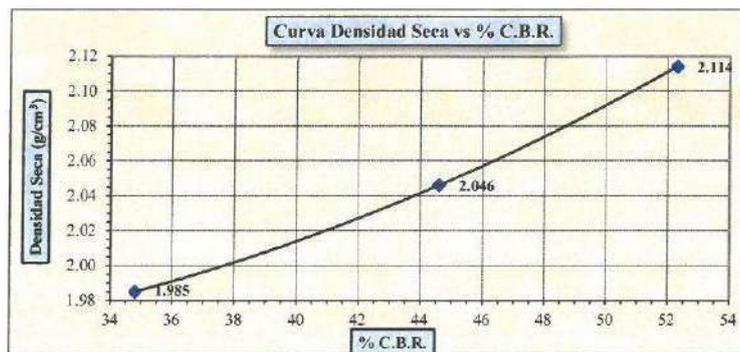
**e).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	523	1000	52.3
II	0.10	446	1000	44.6
III	0.10	348	1000	34.8

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 52.3%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 38.4%

**d).- Expansión (%)** : No



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

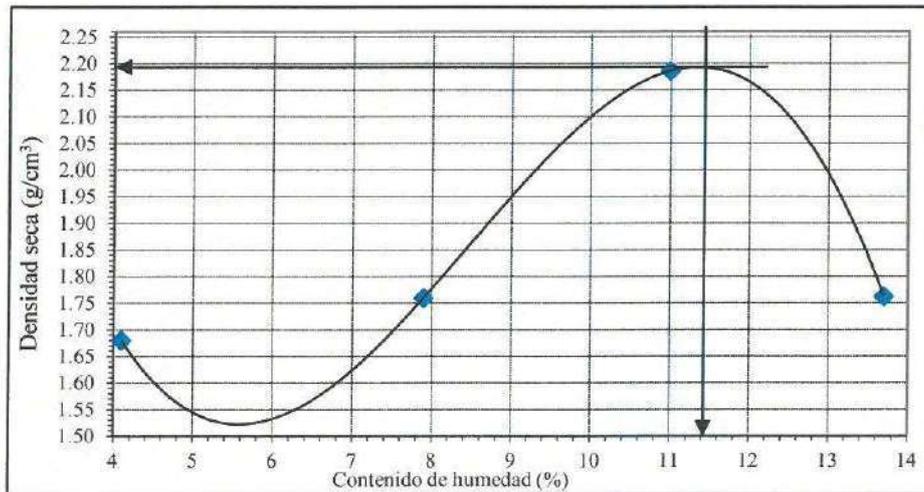
Expediente N° : 3006-2021  
Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés  
Plazapata, Huancavelica 2021  
Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**  
**NTP 339.141**  
**Método de ensayo Tipo "B"**

Cantera : San Juan de Astobamba km. 155+ 3% de cemento  
Muestra : M-1  
Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 2.193 g/cm<sup>3</sup>  
Óptimo contenido de humedad : 11.4 %

% Contenido de humedad	4.1	7.9	11.0	13.7
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.680	1.760	2.186	1.762



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 0807-2021  
 Nombre de los tesisas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Idefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés -  
 Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 08-07-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
**NTP 339.175**

**Datos de la muestra:**

Cantera : San Juan de Astobamba km. 155 + 3% de cemento  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141**

Máxima densidad seca : 2.193 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 11.4 %

**b).- Compactación de moldes**

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.193	2.128	2.031
Contenido de Humedad (%)	11.4	11.3	11.2

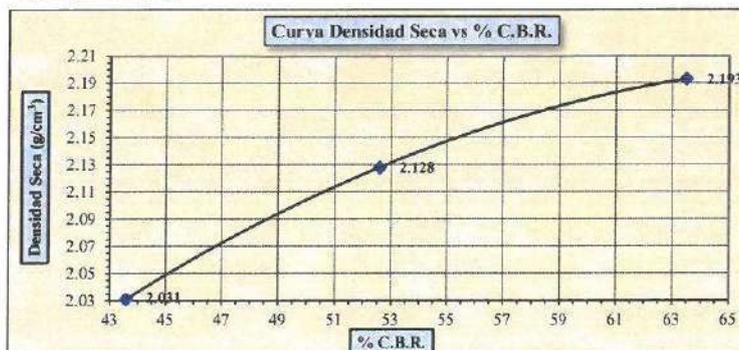
**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	635	1000	63.5
II	0.10	526	1000	52.6
III	0.10	436	1000	43.6

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 63.5%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 47.7%

d).- Expansión (%) : No



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

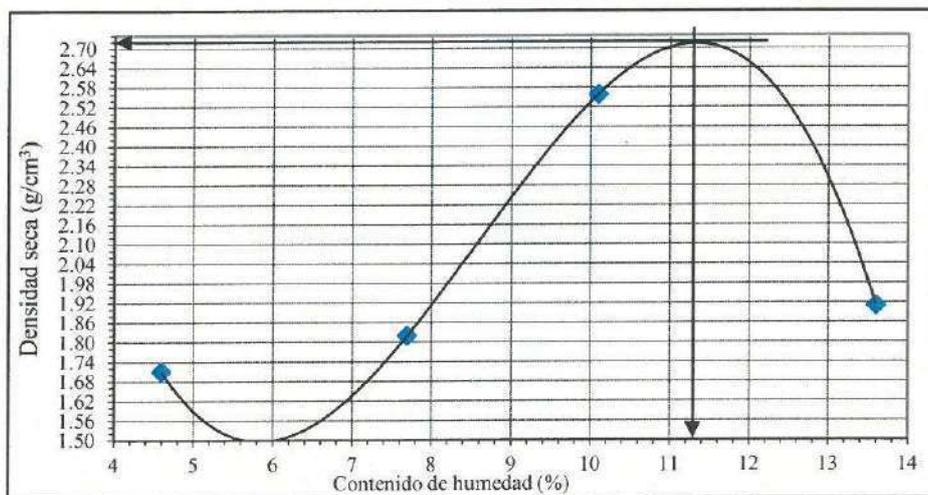
Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Idefonso  
                                     Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés  
                                     Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo para la Compactacion del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**  
**NTP 339.141**  
**Método de ensayo Tipo "B"**

Cantera : San Juan de Astobamba km. 155 + 4% de cemento  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 2.272 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 11.3 %

% Contenido de humedad	4.6	7.7	10.1	13.6
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.710	1.820	2.559	1.910



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004; 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 0807-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés -  
 Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 08-07-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
**NTP 339.175**

**Datos de la muestra:**

Cantera : San Juan de Astobamba km. 155 + 4% de cemento  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141**

Máxima densidad seca : 2.272 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 11.3 %

**b).- Compactación de moldes**

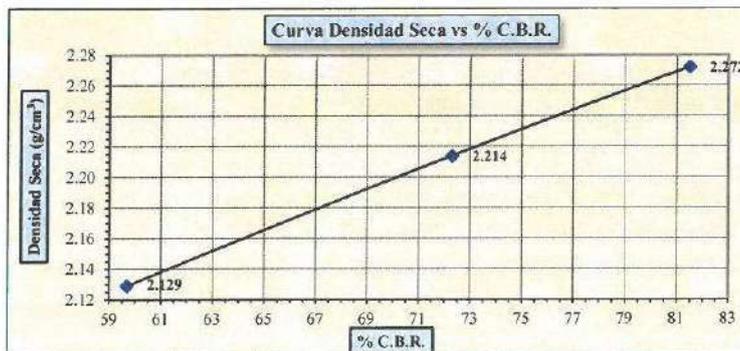
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.272	2.214	2.129
Contenido de Humedad (%)	11.4	11.3	11.2

**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	815	1000	81.5
II	0.10	723	1000	72.3
III	0.10	597	1000	59.7

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 81.5%  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 64.1%

**d).- Expansión (%)** : No



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 3006-2021  
 Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés  
 Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 30-06-21

**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**

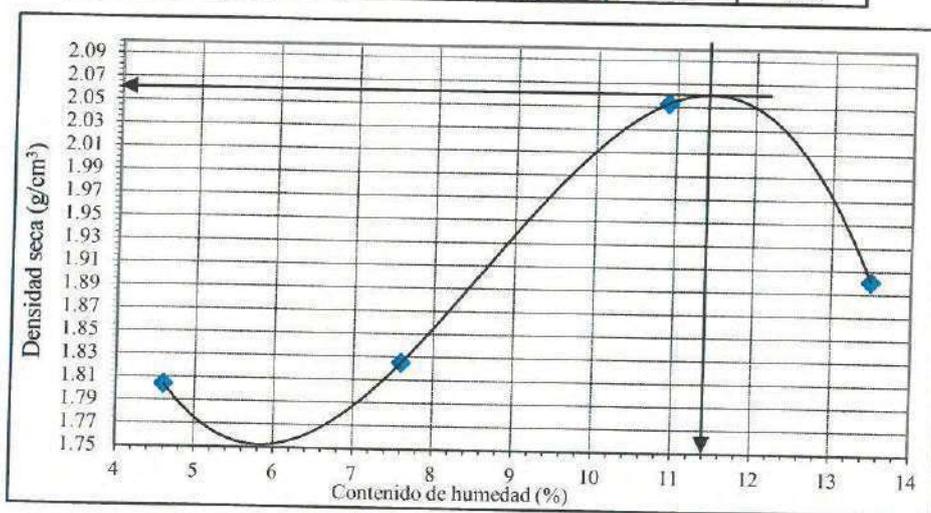
NTP 339.141

Método de ensayo Tipo "B"

Cantera : San Juan de Astobamba km. 155+ 3% de cal  
 Muestra : M-I  
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 2.063 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 11.4 %

% Contenido de humedad	4.6	7.6	10.9	13.5
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.804	1.825	2.053	1.901



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 0807-2021  
 Nombre de los testistas: Bach. Ing. Kely Thalia Torres Idefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés -  
 Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 08-07-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
**NTP 339.175**

**Datos de la muestra:**

Cantera : San Juan de Astobamba km. 155 + 3% de cal  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141**

Máxima densidad seca : 2.063 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 11.4 %

**b).- Compactación de moldes**

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.063	1.985	1.851
Contenido de Humedad (%)	11.4	11.3	11.2

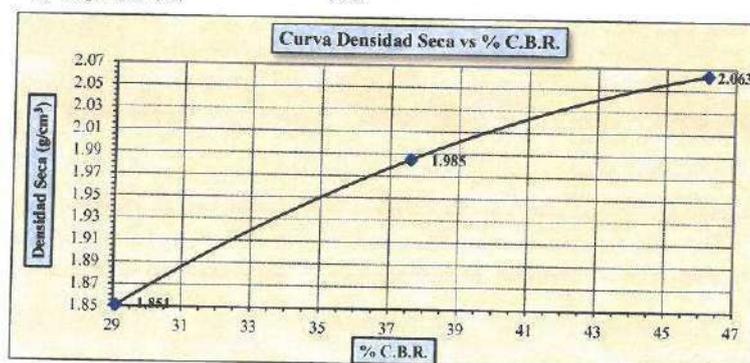
**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	462	1000	46.2
II	0.10	376	1000	37.6
III	0.10	291	1000	29.1

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 46.2%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 35.7%

d).- Expansión (%) : No



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**Expediente N° :** 3006-2021  
**Nombre de los testistas :** Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
**Nombre de la tesis :** Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés  
 Plazapata, Huancavelica 2021  
**Ubicación :** Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
**Fecha de emisión :** 30-06-21

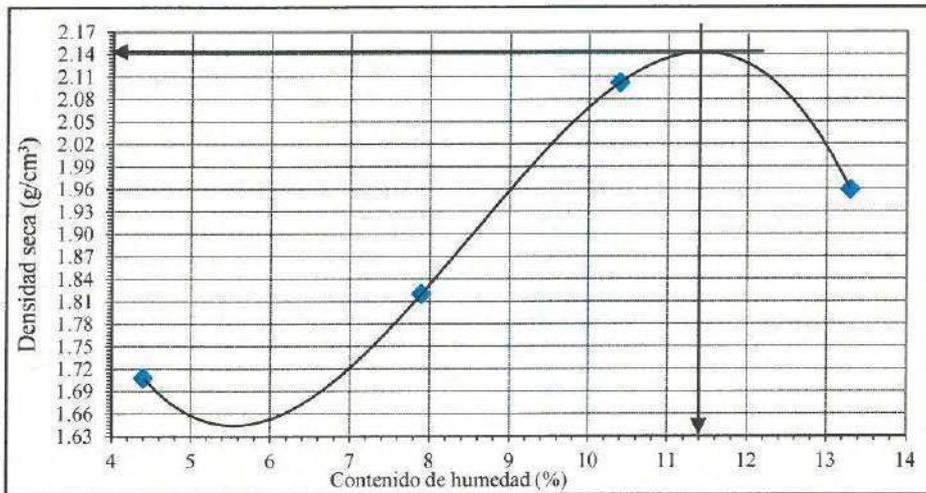
**Método de Ensayo para la Compactacion del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**  
**NTP 339.141**

**Método de ensayo Tipo "B"**

**Cantera :** San Juan de Astobamba km. 155+ 4% de cal  
**Muestra :** M-1  
**Profundidad (m) :** 1.50

**Máxima densidad seca :** 2.142 g/cm<sup>3</sup>  
**Óptimo contenido de humedad :** 11.4 %

% Contenido de humedad	4.4	7.9	10.4	13.3
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.708	1.820	2.102	1.959



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP.004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 0807-2021  
 Nombre de los testista : Bach. Ing. Kely Thalía Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés -  
 Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyra - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 08-07-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
**NTP 339.175**

**Datos de la muestra:**

Cantera : San Juan de Astobamba km. 155 + 4% de cal  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141**

Máxima densidad seca : 2.142 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 11.4 %

**b).- Compactación de moldes**

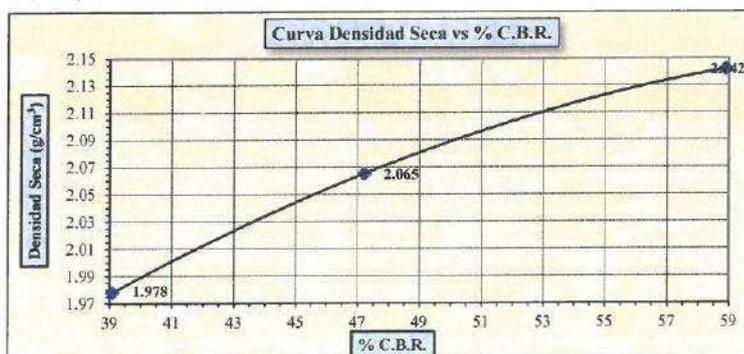
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.142	2.065	1.978
Contenido de Humedad (%)	11.4	11.3	11.2

**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	589	1000	58.9
II	0.10	472	1000	47.2
III	0.10	391	1000	39.1

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 58.9%  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 44.2%

**d).- Expansión (%)** : No



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



## **LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES** **LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

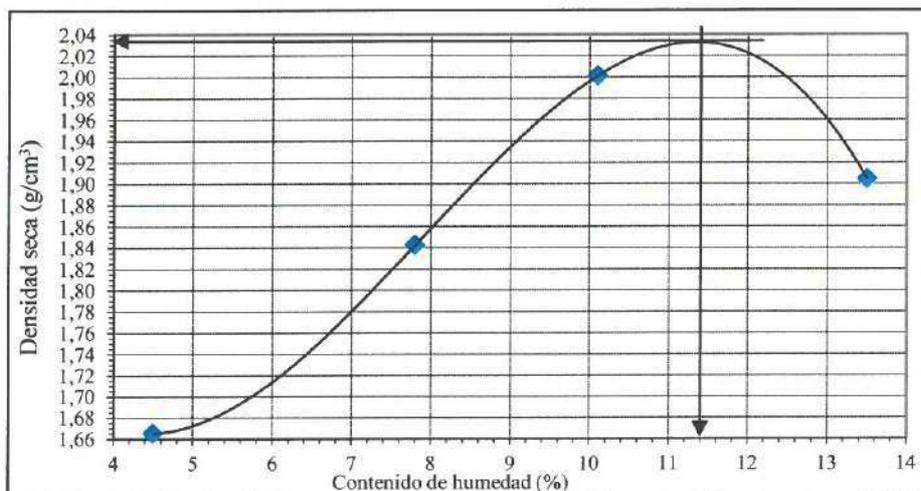
**Expediente N° :** 3006-2021  
**Nombre de los testistas :** Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildefonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
**Nombre de la tesis :** Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés Plazapata, Huancavelica 2021  
**Ubicación :** Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
**Fecha de emisión :** 30-06-21

### **Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada** **(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))** **NTP 339.141** **Método de ensayo Tipo "B"**

**Cantera :** San Juan de Astobamba km. 155 + 5% de cal  
**Muestra :** M-1  
**Profundidad (m) :** 1,50

**Máxima densidad seca :** 2,203 g/cm<sup>3</sup>  
**Óptimo contenido de humedad :** 11,4 %

<b>% Contenido de humedad</b>	<b>4,5</b>	<b>7,8</b>	<b>10,1</b>	<b>13,5</b>
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1,665</b>	<b>1,842</b>	<b>2,001</b>	<b>1,904</b>



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 0807-2021  
 Nombre de los tesisas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
 Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
 Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés -  
 Plazapata, Huancavelica 2021  
 Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
 Fecha de emisión : 08-07-21

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
**NTP 339.175**

**Datos de la muestra:**

Cantera : San Juan de Astobamba km. 155 + 5% de cal  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado NTP 339.141**

Máxima densidad seca : 2.203 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 11.4 %

**b).- Compactación de moldes**

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.203	2.138	2.017
Contenido de Humedad (%)	11.4	11.3	11.2

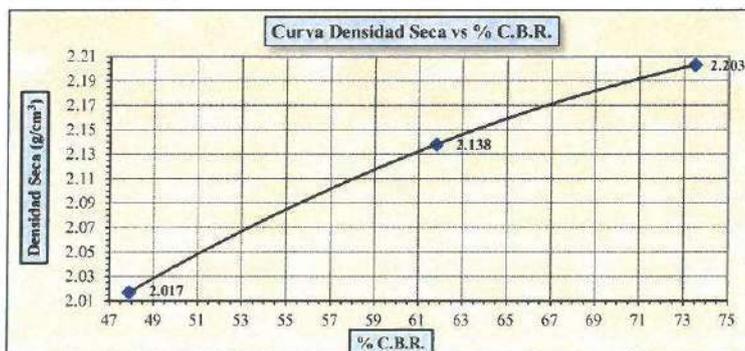
**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	735	1000	73.5
II	0.10	618	1000	61.8
III	0.10	479	1000	47.9

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 73.5%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 56.1%

d).- Expansión (%) : No



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



Resistencia a la compresión de probetas de suelo-cemento

MTC E 1103

Expediente N° 1107-2021

Nombre de los testigos: Bach. Ing. Kelly Thalia Torres Hdefonso

Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri

Nombre de la tesis: Evaluación de estabilidad con est. viva y cemento para bases en presencia de bolcates, carretera Santa Inés - Pizapata, Huancavelica 2021

Ubicación: Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica

Fecha de emisión: 11-07-21

Cantera: San Juan de Astobamba km. 155

Muestra: M-1

Profundidad (m): Superficial

Muestra N°		Tipo de suelo	Capa de la estructura del pavimento	Tipo y marca de cemento	% de cemento	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad (días)	Resistencia a la compresión requerida kg/cm²	Tipo de probador	Densidad seca máxima (g/cm³)	% Óptimo contenido de humedad	Masa (g)			Diámetro Ø (cm)			Altura h (cm)			Área (cm²)			Densidad seca (g/cm³)			Lectura (kg)			Resistencia a la compresión (Rc)			Observaciones		
													Masa N1	Masa N2	Masa N3	Ø N1	Ø N2	Ø N3	Altura N1	Altura N2	Altura N3	Área N1	Área N2	Área N3	Densidad seca N1	Densidad seca N2	Densidad seca N3	Lectura N1	Lectura N2	Lectura N3	Rc N1	Rc N2	Rc N3		Rc Prom.	% Rer
1					2%	02-07-21	05-07-21	3	18,35	Modificado	2,034	11,3	3763	3786	3793	10,10	10,10	10,12	20,13	20,12	20,13	80,1	80,1	80,4	2,095	2,110	2,105	952	962	960	11,9	12,0	11,9	11,9	65%	...
2					2%	02-07-21	09-07-21	7	18,35	modificado	2,034	11,3	3718	3740	3748	10,00	10,00	10,05	20,11	20,18	20,14	78,5	78,5	79,3	2,115	2,120	2,108	1241	1253	1248	15,8	16,0	15,7	15,8	86%	...
3				1 Andino	3%	03-07-21	06-07-21	3	18,35	modificado	2,034	11,3	3863	3886	3894	10,00	10,00	10,13	20,01	20,13	20,01	78,5	78,5	80,6	2,208	2,208	2,169	1342	1356	1352	17,1	17,3	16,8	17,0	93%	...
4					4%	03-07-21	10-07-21	7	18,35	modificado	2,034	11,3	3851	3874	3882	10,00	10,00	10,08	20,06	20,07	20,10	78,5	78,5	79,8	2,196	2,208	2,174	1713	1730	1721	21,8	22,0	21,6	21,8	119%	...
5					4%	04-07-21	07-07-21	3	18,35	modificado	2,034	11,3	3973	3997	4005	10,00	10,00	10,07	20,04	20,13	20,11	78,5	78,5	79,6	2,268	2,271	2,247	1428	1435	1437	18,2	18,3	18,0	18,2	99%	...
6					4%	04-07-21	11-07-21	7	18,35	modificado	2,034	11,3	3965	3989	3997	10,00	10,00	10,03	20,03	20,01	20,01	78,5	78,5	79,0	2,265	2,280	2,271	1899	1903	1912	24,2	24,2	24,2	24,2	132%	...

NOTAS:

1) Muestras e identificaciones realizadas por el personal.

2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI/ GP 001/ 1993).



Expediente N° : 1607-2021

Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Huérfano

Bach. Ing. Maho Vilches Yauri

Nombre de la tesis : Evaluación de estabilizaciones con cal viva y cemento para bases en presencia de brofófitas, carretera Santa Ines - Plazapata, Huancavelica 2021

Ubicación : Sector Choma - Santa Ana - Cuzcovireyna - Huancavelica

Fecha de emisión : 16-07-21

Cantera : San Juan de Astobamba Km. 155

Muestra : M-1

Profundidad (m) : Superficial

Muestra N°	Tipo de suelo	Cupo de la estructura del pavimento	Marca de la cal	% de cal	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad (días)	Resistencia a la compresión requerida (kg/cm²)	Tipo de pector	Densidad seca máxima (g/cm³)	% Óptimo contenido de humedad	Masa (g)						Diámetro Ø (cm)						Altura h (cm)						Área (cm²)						Densidad seca (g/cm³)						Lecturas (kg)						Resistencia a la compresión (Rc)						Observaciones
												Masa N°1	Masa N°2	Masa N°3	Masa N°1	Masa N°2	Masa N°3	Ø N°1	Ø N°2	Ø N°3	h N°1	h N°2	h N°3	h N°1	h N°2	h N°3	Área N°1	Área N°2	Área N°3	Densidad seca N°1	Densidad seca N°2	Densidad seca N°3	Lectura N°1	Lectura N°2	Lectura N°3	Rc N°1 (kg/cm²)	Rc N°2 (kg/cm²)	Rc N°3 (kg/cm²)	Rc N°1 (kg/cm²)	Rc N°2 (kg/cm²)	Rc N°3 (kg/cm²)	Rc Prom. (kg/cm²)	% Rer											
1				3%	07-07-21	10-07-21	3	18.35	Modificado	2.034	11.3	3703	3725	3733	10.10	10.10	10.12	20.15	20.12	20.13	80.1	81.1	80.4	2.061	2.076	2.071	925	934	931	11.5	11.7	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	63%	---											
2					07-07-21	14-07-21	7	18.35	modificado	2.034	11.3	3628	3650	3657	10.00	10.00	10.05	20.11	20.18	20.14	78.5	78.5	79.3	2.064	2.069	2.057	1161	1173	1170	14.8	14.9	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	81%	---									
3			Iludes	4%	08-07-21	11-07-21	3	18.35	modificado	2.034	11.3	3745	3765	3773	10.00	10.00	10.13	20.01	20.13	20.01	78.5	78.5	80.6	2.140	2.140	2.102	1221	1235	1228	15.5	15.7	15.2	15.5	15.7	15.2	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	84%	---								
4		Suelo estabilizado	Iludes		08-07-21	15-07-21	7	18.35	modificado	2.034	11.3	3763	3784	3791	10.00	10.00	10.08	20.06	20.07	20.10	78.5	78.5	79.8	2.145	2.157	2.124	1579	1595	1590	20.1	20.3	19.9	20.1	20.3	19.9	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1	110%	---							
5				5%	07-07-21	12-07-21	3	18.35	modificado	2.034	11.3	3663	3686	3694	10.00	10.00	10.07	20.04	20.13	20.11	78.5	78.5	79.6	2.205	2.208	2.184	1332	1345	1341	17.1	17.1	16.8	17.0	17.0	16.8	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	93%	---								
6					09-07-21	16-07-21	7	18.35	modificado	2.034	11.3	3845	3868	3876	10.00	10.00	10.03	20.03	20.01	20.01	78.5	78.5	79.0	2.106	2.211	2.203	1730	1742	1737	22.0	22.2	22.0	22.0	22.2	22.0	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	120%	---					

**NOTAS:**

1) Muestras e identificación realizadas por el peticionario

2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI, GF.004, 1993).



	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>	Código	C3-FOR-Co-A-008
	Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena	Versión	01
	NTP 339.143	Fecha	04-01-21
		Página	1 de 2

Expediente N° : 1007-2021  
Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
Fecha de emisión : 10-07-21

**CONTROL DE COMPACTACION**  
**Mezcla Suelo - Cemento**

Fecha de ensayo		sábado, 10 de julio de 2021							
N°	Datos	Punto N°1	Punto N°2	Punto N°3	Punto N°4	Punto N°5	Punto N°6	Punto N°7	Punto N°8
1	Masa del cono con arena inicial (g)	6859	6845	7251	7147	7085	7214	6958	6982
2	Masa del cono con arena final (g)	2595	2784	3105	3091	2958	2980	2951	2726
3	Masa de la arena utilizada (g)	4264	4061	4146	4056	4127	4234	4007	4256
4	Masa de la arena en el cono (g)	1680	1680	1680	1680	1680	1680	1680	1680
5	Masa de la arena en el hoyo (g)	2584	2381	2466	2376	2447	2554	2327	2576
6	Densidad de la arena (g/cm <sup>3</sup> )	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42
7	Volumen del hoyo (cm <sup>3</sup> )	1819,7	1676,8	1736,6	1673,2	1723,2	1798,6	1638,7	1814,1
8	Masa de suelo extraído con bolsa (g)	4251	3895	4128	3914	4025	4182	3859	4218
9	Masa de la bolsa (g)	20	20	20	20	20	20	20	20
10	Masa de suelo extraído (g)	4231	3875	4108	3894	4005	4162	3839	4198
11	Masa retenido en ¾ in. (g)	562	458	615	582	674	594	608	628
12	Masa del material que pasa la ¾ in. (g)	3669	3417	3493	3312	3331	3568	3231	3570
13	Peso específico de la ¾ in. (g/cm <sup>3</sup> )	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34
14	Volumen de la ¾ in. (cm <sup>3</sup> )	240,2	195,7	262,8	248,7	288,0	253,8	259,8	268,4
15	Volumen que pasa la ¾ in. (cm <sup>3</sup> )	1579,5	1481,0	1473,8	1424,5	1435,2	1544,7	1378,9	1545,7
16	Densidad húmeda de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2,323	2,307	2,370	2,325	2,321	2,310	2,343	2,310
17	Contenido de humedad en campo (%)	10,8	10,7	11,1	10,6	10,4	11,4	11,2	10,6
18	Densidad seca de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2,096	2,084	2,133	2,102	2,102	2,073	2,107	2,088
19	Maxima densidad seca de laboratorio (g/cm <sup>3</sup> )	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143
20	Grado de Compactacion (%)	98	97	100	98	98	97	98	97

**DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS:**

Punto N°1 : Afirmado Prog. 128+000 Lado derecho  
Punto N°2 : Afirmado Prog. 128+250 Lado eje  
Punto N°3 : Afirmado Prog. 128+500 Lado izquierdo  
Punto N°4 : Afirmado Prog. 128+750 Lado eje  
Punto N°5 : Afirmado Prog. 129+000 Lado derecho  
Punto N°6 : Afirmado Prog. 129+250 Lado eje  
Punto N°7 : Afirmado Prog. 129+500 Lado izquierdo  
Punto N°8 : Afirmado Prog. 129+750 Lado eje

**NOTAS:**

- 1) La identificación de los puntos fueron realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).



	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>	Código	C3-FOR-Co-A-008
	Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena	Versión	01
	NTP 339.143	Fecha	04-01-21
		Página	2 de 2

Expediente N° : 1007-2021  
Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
: Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
Fecha de emisión : 10-07-21

**CONTROL DE COMPACTACION  
Mezcla Suelo - Cemento**

Fecha de ensayo		sábado, 10 de julio de 2021				
N°	Datos	Punto N°9	Punto N°10	Punto N°11	Punto N°12	Punto N°13
1	Masa del cono con arena inicial (g)	7002	6814	6758	6925	7124
2	Masa del cono con arena final (g)	2524	2560	2671	2690	2995
3	Masa de la arena utilizada (g)	4478	4254	4087	4235	4129
4	Masa de la arena en el cono (g)	1680	1680	1680	1680	1680
5	Masa de la arena en el hoyo (g)	2798	2574	2407	2555	2449
6	Densidad de la arena (g/cm <sup>3</sup> )	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42
7	Volumen del hoyo (cm <sup>3</sup> )	1970,4	1812,7	1695,1	1799,3	1724,6
8	Masa de suelo extraído con bolsa (g)	4582	4281	3988	4151	4008
9	Masa de la bolsa (g)	20	20	20	20	20
10	Masa de suelo extraído (g)	4562	4261	3968	4131	3988
11	Masa retenido en ¾ in. (g)	859	814	927	841	836
12	Masa del material que pasa la ¾ in. (g)	3703	3447	3041	3290	3152
13	Peso específico de la ¾ in. (g/cm <sup>3</sup> )	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34
14	Volumen de la ¾ in. (cm <sup>3</sup> )	367,1	347,9	396,2	359,4	357,3
15	Volumen que pasa la ¾ in. (cm <sup>3</sup> )	1603,3	1464,8	1298,9	1439,9	1367,4
16	Densidad húmeda de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2,310	2,353	2,341	2,285	2,305
17	Contenido de humedad en campo (%)	11,4	11,8	10,6	10,4	10,7
18	Densidad seca de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2,073	2,105	2,117	2,070	2,082
19	Maxima densidad seca de laboratorio (g/cm <sup>3</sup> )	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143
20	Grado de Compactacion (%)	97	98	99	97	97

**DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS:**

Punto N°9 : Afirmado Prog. 130+000 Lado derecho  
Punto N°10 : Afirmado Prog. 130+250 Lado eje  
Punto N°11 : Afirmado Prog. 130+500 Lado izquierdo  
Punto N°12 : Afirmado Prog. 130+750 Lado eje  
Punto N°13 : Afirmado Prog. 131+000 Lado derecho

**NOTAS:**

- 1) La identificación de los puntos fueron realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).



	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>	Código	C3-FOR-Co-A-008
	Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena	Versión	01
	NTP 339.143	Fecha	04-01-21
		Página	1 de 2

Expediente N° : 1207-2021  
Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildefonso  
: Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyna - Huancavelica  
Fecha de emisión : 12-07-21

**CONTROL DE COMPACTACION  
Mezcla Suelo - Cal**

N°	Fecha de ensayo	lunes, 12 de julio de 2021							
		Datos	Punto N°1	Punto N°2	Punto N°3	Punto N°4	Punto N°5	Punto N°6	Punto N°7
1	Masa del cono con arena inicial (g)	6982	6758	7025	7001	6985	6758	7214	7109
2	Masa del cono con arena final (g)	2675	2498	2892	2681	2644	2684	3025	3058
3	Masa de la arena utilizada (g)	4307	4260	4133	4320	4341	4074	4189	4051
4	Masa de la arena en el cono (g)	1680	1680	1680	1680	1680	1680	1680	1680
5	Masa de la arena en el hoyo (g)	2627	2580	2453	2640	2661	2394	2509	2371
6	Densidad de la arena (g/cm <sup>3</sup> )	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42
7	Volumen del hoyo (cm <sup>3</sup> )	1850,0	1816,9	1727,5	1859,2	1873,9	1685,9	1766,9	1669,7
8	Masa de suelo extraído con bolsa (g)	4251	4158	4008	4271	4315	3968	4058	3859
9	Masa de la bolsa (g)	20	20	20	20	20	20	20	20
10	Masa de suelo extraído (g)	4231	4138	3988	4251	4295	3948	4038	3839
11	Masa retenido en ¼ in. (g)	758	655	825	819	782	865	914	725
12	Masa del material que pasa la ¼ in. (g)	3473	3483	3163	3432	3513	3083	3124	3114
13	Peso específico de la ¼ in. (g/cm <sup>3</sup> )	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34
14	Volumen de la ¼ in. (cm <sup>3</sup> )	323,9	279,9	352,6	350,0	334,2	369,7	390,6	309,8
15	Volumen que pasa la ¼ in. (cm <sup>3</sup> )	1526,1	1537,0	1374,9	1509,2	1539,8	1316,3	1376,3	1359,9
16	Densidad húmeda de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2,276	2,266	2,301	2,274	2,282	2,342	2,270	2,290
17	Contenido de humedad en campo (%)	11,1	10,4	10,8	10,1	11,6	11,4	11,1	10,6
18	Densidad seca de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2,048	2,053	2,076	2,066	2,044	2,103	2,043	2,070
19	Maxima densidad seca de laboratorio (g/cm <sup>3</sup> )	2,112	2,112	2,112	2,112	2,112	2,112	2,112	2,112
20	Grado de Compactacion (%)	97	97	98	98	97	100	97	98

**DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS:**

Punto N°1 : Afirmado Prog. 131+250 Lado derecho  
Punto N°2 : Afirmado Prog. 131+500 Lado eje  
Punto N°3 : Afirmado Prog. 131+750 Lado izquierdo  
Punto N°4 : Afirmado Prog. 132+000 Lado eje  
Punto N°5 : Afirmado Prog. 132+250 Lado derecho  
Punto N°6 : Afirmado Prog. 132+500 Lado eje  
Punto N°7 : Afirmado Prog. 132+750 Lado izquierdo  
Punto N°8 : Afirmado Prog. 133+000 Lado eje

**NOTAS:**

- 1) La identificación de los puntos fueron realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI. GP:004: 1993).



	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>	<b>Código</b>	<b>C3-FOR-Co-A-008</b>
	Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena	<b>Versión</b>	<b>01</b>
	NTP 339.143	<b>Fecha</b>	<b>04-01-21</b>
		<b>Página</b>	<b>2 de 2</b>

Expediente N° : 1207-2021  
Nombre de los testistas : Bach. Ing. Kely Thalia Torres Ildelfonso  
Bach. Ing. Mabel Vilchez Yauri  
Nombre de la tesis : Evaluación de estabilización con cal viva y cemento para bases en presencia de bofedales, carretera Santa Inés - Plazapata, Huancavelica 2021  
Ubicación : Sector Chonta - Santa Ana - Castrovirreyña - Huancavelica  
Fecha de emisión : 12-07-21

**CONTROL DE COMPACTACION**  
**Mezcla Suelo - Cal**

Fecha de ensayo		lunes, 12 de julio de 2021			
N°	Datos	Punto N°9	Punto N°10	Punto N°11	Punto N°12
1	Masa del cono con arena inicial (g)	6859	7252	7158	7109
2	Masa del cono con arena final (g)	2581	3071	3052	2921
3	Masa de la arena utilizada (g)	4278	4181	4106	4188
4	Masa de la arena en el cono (g)	<b>1680</b>	<b>1680</b>	<b>1680</b>	<b>1680</b>
5	Masa de la arena en el hoyo (g)	2598	2501	2426	2508
6	Densidad de la arena (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1,42</b>	<b>1,42</b>	<b>1,42</b>	<b>1,42</b>
7	Volumen del hoyo (cm <sup>3</sup> )	1829,6	1761,3	1708,5	1766,2
8	Masa de suelo extraído con bolsa (g)	4251	4008	3985	4154
9	Masa de la bolsa (g)	20	20	20	20
10	Masa de suelo extraído (g)	4231	3988	3965	4134
11	Masa retenido en ¾ in. (g)	856	585	674	814
12	Masa del material que pasa la ¾ in. (g)	3375	3403	3291	3320
13	Peso específico de la ¾ in. (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2,34</b>	<b>2,34</b>	<b>2,34</b>	<b>2,34</b>
14	Volumen de la ¾ in. (cm <sup>3</sup> )	365,8	250,0	288,0	347,9
15	Volumen que pasa la ¾ in. (cm <sup>3</sup> )	1463,8	1511,3	1420,4	1418,3
16	Densidad húmeda de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2,306	2,252	2,317	2,341
17	Contenido de humedad en campo (%)	10,4	10,2	11,8	11,4
18	Densidad seca de campo (g/cm <sup>3</sup> )	2,088	2,043	2,072	2,101
19	Maxima densidad seca de laboratorio (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2,112</b>	<b>2,112</b>	<b>2,112</b>	<b>2,112</b>
20	Grado de Compactacion (%)	<b>99</b>	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>99</b>

**DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS:**

Punto N°9 : Afirmado Prog. 133+250 Lado derecho  
Punto N°10 : Afirmado Prog. 133+500 Lado eje  
Punto N°11 : Afirmado Prog. 133+750 Lado izquierdo  
Punto N°12 : Afirmado Prog. 134+000 Lado eje

**NOTAS:**

- 1) La identificación de los puntos fueron realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP/004: 1993).



# CERTIFICADOS DE CALIBRACION



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 0247 - 2021

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

<b>1. Expediente</b>	<b>02779-2021</b>
<b>2. Solicitante</b>	<b>C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.</b>
<b>3. Dirección</b>	Av. los Proceros Nro. 1000 - Chilca - Huancayo - Junín
<b>4. Equipo de medición</b>	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>
<b>Capacidad Máxima</b>	<b>30000 g</b>
<b>División de escala (d)</b>	<b>1 g</b>
<b>Div. de verificación (e)</b>	<b>1 g</b>
<b>Clase de exactitud</b>	<b>III</b>
<b>Marca</b>	<b>OHAUS</b>
<b>Modelo</b>	<b>R21PE30ZH</b>
<b>Número de Serie</b>	<b>8342167613</b>
<b>Capacidad mínima</b>	<b>20 g</b>
<b>Procedencia</b>	<b>CHINA</b>
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2021-10-25</b>

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

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

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2021-10-25

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello





### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 0247 - 2021

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

#### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL

#### 7. Lugar de calibración

Laboratorio de Masa de CALIBRATEC S.A.C.  
Avenida Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima

#### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.3 °C	20.4 °C
Humedad Relativa	65%	65%

#### 9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	JUEGO DE PESAS 10 kg (Clase de Exactitud: M1)	M-0687-2021
METROIL	JUEGO DE PESAS 20 kg (Clase de Exactitud: M1)	M-0688-2021
METROIL	JUEGO DE PESAS 1 kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0726-2021
METROIL	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0689-2021
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	T-1774-2021

#### 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (\*\*) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 0247 - 2021

Página 3 de 4

#### 11. Resultados de Medición

##### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

##### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	20.3 °C	20.4 °C

Medición N°	Carga L1 = 15,000 g			Carga L2 = 30,000 g			
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	14,999	200	-700	29,999	200	-700	
2	14,999	100	-600	30,000	500	0	
3	14,999	200	-700	29,999	200	-700	
4	15,000	500	0	30,000	400	100	
5	15,000	500	0	30,000	500	0	
6	15,000	500	0	30,000	400	100	
7	15,000	500	0	30,000	500	0	
8	14,999	400	-900	30,001	800	700	
9	15,000	500	0	30,001	700	800	
10	15,001	700	800	29,999	200	-700	
Diferencia Máxima			1,700	Diferencia Máxima			1,500
Error Máximo Permissible			± 3,000	Error Máximo Permissible			± 3,000

##### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	1	5
3	4	

Posición  
de las  
cargas

	Inicial	Final
Temperatura	20.3 °C	20.4 °C



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E <sub>0</sub>				Determinación del Error Corregido E <sub>c</sub>					
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (mg)	E <sub>0</sub> (mg)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	
1		9	200	-700		10,001	800	700	1,400	
2		10	500	0		10,000	500	0	0	
3	10 g	10	500	0	10,000	10,000	400	100	100	
4		9	300	-800		9,999	200	-700	100	
5		11	800	700		10,000	500	0	-700	
					Error máximo permissible					± 3,000

\* Valor entre 0 y 10e



Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 0247 - 2021

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	20.3 °C	20.4 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± mg)
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
10	10	500	0						
20	20	400	100	100	20	500	0	0	1,000
100	100	500	0	0	100	500	0	0	1,000
500	500	400	100	100	500	400	100	100	2,000
1,000	1,000	400	100	100	1,000	500	0	0	2,000
5,000	5,000	400	100	100	5,000	400	100	100	3,000
10,000	10,001	800	700	700	10,000	500	0	0	3,000
15,000	14,999	300	-800	-800	14,999	400	-900	-900	3,000
20,000	19,999	200	-700	-700	19,999	300	-800	-800	3,000
25,000	24,999	300	-800	-800	24,999	200	-700	-700	3,000
30,000	29,999	400	-900	-900	29,999	400	-900	-900	3,000

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.

ΔL: Carga adicional.

E<sub>0</sub>: Error en cero.

l: Indicación de la balanza.

E: Error encontrado

E<sub>c</sub>: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0.4968333 \text{ g}^2 + 0.00000000460 \text{ R}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R - 0.0000213 \text{ R}$$

### 12. 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, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



# Certificado de Calibración

## Calibration Certificate

N° BD21-C-0948

<b>Cliente:</b> <i>Customer</i>	<b>C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.</b>	<p>Este Certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. mantiene y calibra sus patrones de referencia para garantizar la cadena de trazabilidad de las mediciones que realiza, así mismo realiza certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados y brinda asistencia técnica en temas relacionados al campo de la metrología en la industria peruana.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p> <p><i>This Calibration Certificate documents the traceability to national or international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI). KOSSODO METROLOGIA S.A.C. supports and calibrates his standards of reference to guarantee the chain of traceability of the measurements realized, as well as the metrological certifications realize at the request of the interested parties and offers technical assistance in topics related to the metrology field in the Peruvian industry.</i></p> <p><i>In order to assure the quality of measurements the user should recalibrate his instruments at appropriate intervals.</i></p>
<b>Dirección:</b> <i>Address</i>	Av. Los Próceros Nro. 1000 Urb. Cercado (Junín/Huancayo/Chilca)	
<b>Instrumento de medición:</b> <i>Measuring instrument</i>	<b>Balanza Electrónica</b>	
<b>Marca:</b> <i>Brand</i>	OHAUS	
<b>Modelo:</b> <i>Model</i>	AX8201	
<b>Número de Serie:</b> <i>Serial Number</i>	B725279758	
<b>Identificación:</b> <i>Identification</i>	C3-B-001 (**)	
<b>Lugar de Calibración:</b> <i>Place of Calibration</i>	Laboratorio	
<b>Orden de Trabajo:</b> <i>Service Work</i>	OT-02101939	
<b>Fecha de Calibración:</b> <i>Date of Calibration</i>	2021-11-12	
<b>Fecha de Emisión:</b> <i>Date of Issue</i>	2021-11-16	

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

*Technical characteristics of the calibrated object*

Capacidad Máxima (Max): <i>Maximum Capacity</i>	8200 g	Cap. Mínima (Min): <i>Minimum load</i>	5 g (*)	Número de Divisiones (n): <i>Number of Scale Intervals</i>	82000
División de escala real (d): <i>Division from real scale</i>	0,1 g	División de verificación de escala (e): <i>Division verification of scale</i>	0,1 g (*)	Clase de Exactitud: <i>Accuracy Class</i>	II (*)

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

*Calibration Method*

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones; siguiendo el procedimiento P-CAL-01 "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático"(Versión 02) basado en el PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) del SNM- INDECOPI; este procedimiento cumple con los ensayos realizados a las balanzas de funcionamiento no automático de acuerdo a la recomendación internacional OIML-R-76:2006.

*Calibration was performed by direct comparison between the indications of the scale reading and the loads applied by standard weights, following the procedure P-CAL-01 "Calibration Procedure non-automatic scales" (Version 02) based on PC-011 "Procedure for the calibration of non-automatic scales class I and II" (Edition 04) of the SNM-INDECOPI, this procedure meets the tests performed on non-automatic scales agree to the international recommendation OIML-R-76 : 2006.*

Coordinador del SIG  
*SIG's Coordinator*

Supervisor de Laboratorio  
*Laboratory Supervisor*



*[Signature]*

Daniel Torres Díaz

*[Signature]*

Jano Ahumada M.

N° BD21-C-0948

**PATRONES UTILIZADOS**

Standards Used

Nombre del Patrón <i>Standard name</i>	Código y/o serie del Patrón <i>Pattern code and/or series</i>	N° de Certificado <i>certificate number</i>	Trazabilidad <i>Traceability</i>
Pesa de 5 kg / F1	PTB-PEF1-21 / 16928273	IP-044-2021	LO JUSTO S.A.C.
Pesa de 2 kg / F1	PTB-PEF1-19 / 16928273	IP-042-2021	LO JUSTO S.A.C.
Pesa de 1 kg / E2	PTB-PEE2-03 / 32029452	PE21-C-1202	KOSSODO METROLOGIA S.A.C.
Pesa de 500 g / E2	PTB-PEE2-02 / 32029360	PE21-C-1201	KOSSODO METROLOGIA S.A.C.
Pesa de 1 kg / F1	PTB-PEF1-11 / 14F85	PE21-C-0320	KOSSODO METROLOGIA S.A.C.
Juego de pesas de 1 mg a 200 g / F1	PTB-STF1-02 / 16929269	PE21-C-1473	KOSSODO METROLOGÍA S.A.C.

**INSPECCIÓN VISUAL**

Visual inspection

Nivelación: <i>Leveling</i>	Tiene	Plataforma: <i>Plate</i>	Tiene	Oscilación libre : <i>Free oscillation</i>	Tiene	Display <i>Display</i>	Tiene
Ajuste de cero: <i>Zero Adjust</i>	Tiene	Sistema de traba: <i>locking system</i>	No tiene	Escala: <i>Escale</i>	No tiene	Cursor: <i>Cursor</i>	No tiene

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**

measurement results

**RESULTADOS ANTES DEL AJUSTE**

Results before adjust

Previo al ajuste del instrumento se encontraron los siguientes resultados para dos valores de carga.

Before the adjust of the instrument, it was found the following results for two loads values.

Valor Nominal <i>Nominal value</i> (g)	Carga <i>load</i> (g)	Indicación <i>Indication</i> (g)
Aprox. al 50 % de la cap. max.	4 000,00	3 999,9
Aprox. al 100 % de la cap. max.	8 000,01	7 999,9

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Repeatability Test

Temperatura Inicial: <i>Initial Temperature</i>	18,7 °C	Humedad Inicial: <i>Initial Humidity</i>	52 %
Temperatura Final: <i>Final Temperature</i>	18,6 °C	Humedad Final: <i>Final Humidity</i>	52 %

Serie 1-Aproximadamente 50% Máx . <i>Series 1 - Approximately 50% Max.</i>		Carga Aplicada L <i>Load Applied L</i>	
N° Pesada <i>Weighing N°</i>	Indicación I <i>Indication I</i> g	ΔL <i>Δ L</i> g	E <i>E</i> g
	4 000,04 g		
1	4 000,0	0,07	-0,024
2	4 000,0	0,07	-0,024
3	4 000,0	0,08	-0,034
4	4 000,0	0,07	-0,024
5	4 000,0	0,07	-0,024
6	4 000,0	0,08	-0,034
7	4 000,0	0,07	-0,024
8	4 000,0	0,07	-0,024
9	4 000,0	0,07	-0,024
10	4 000,0	0,08	-0,034
Diferencia Máxima Encontrada <i>Maximum Difference Found</i>		0,010 g	
E.M.P <i>E.M.P</i>		0,3 g	

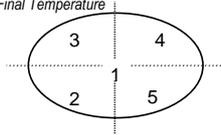
Serie 2-Aproximadamente 100% Máx . <i>Series 2 - Approximately 100% Max.</i>		Carga Aplicada L <i>Load Applied L</i>	
N° Pesada <i>Weighing N°</i>	Indicación I <i>Indication I</i> g	ΔL <i>Δ L</i> g	E <i>E</i> g
	8 000,010 g		
1	7 999,9	0,05	-0,110
2	7 999,9	0,05	-0,110
3	7 999,9	0,05	-0,110
4	7 999,9	0,04	-0,100
5	7 999,9	0,04	-0,100
6	7 999,9	0,05	-0,110
7	7 999,9	0,05	-0,110
8	7 999,9	0,04	-0,100
9	7 999,9	0,04	-0,100
10	7 999,9	0,05	-0,110
Diferencia Máxima Encontrada <i>Maximum Difference Found</i>		0,010 g	
E.M.P <i>E.M.P</i>		0,3 g	

N° BD21-C-0948

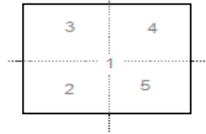
ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Test Exentricity

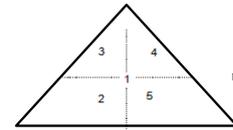
Temperatura Inicial: 18,6 °C Humedad Inicial: 52 %  
Initial Temperature Initial Humidity  
Temperatura Final: 18,6 °C Humedad Final: 52 %  
Final Temperature Final Humidity



Circular



Rectangular



Triangular

Posición	Carga	Indicación	$\Delta L$	E	Carga	Indicación	$\Delta L$	E	Ec
Location	Load	Indication	$\Delta L$	E	Load	Indication	$\Delta L$	E	Ec
N°	g	g	g	g	g	g	g	g	g
1		1,0	0,06	-0,010		2 999,9	0,02	-0,074	-0,064
2		1,0	0,07	-0,020		2 999,9	0,06	-0,114	-0,094
3	1,000	1,0	0,06	-0,010	3 000,004	2 999,9	0,02	-0,074	-0,064
4		1,0	0,05	0,000		3 000,0	0,09	-0,044	-0,044
5		1,0	0,05	0,000		2 999,9	0,02	-0,074	-0,074
E.M.P									0,3 g
E.M.P									

ENSAYO DE PESAJE

Weighing test

Temperatura Inicial: 18,6 °C Humedad Inicial: 52 %  
Initial Temperature Initial Humidity  
Temperatura Final: 18,4 °C Humedad Final: 51 %  
Final Temperature Final Humidity

Carga (L)	Indicación I	$\Delta L$	E	Ec	Indicación	$\Delta L$	E	Ec	E.M.P
Load (L)	Indication I	$\Delta L$	E	Ec	Indication	$\Delta L$	E	Ec	E.M.P
g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
1,000	1,0	0,05	0,000						0,1 g
5,000	5,0	0,07	-0,020	-0,020	5,0	0,07	-0,020	-0,020	0,1 g
500,000	500,0	0,07	-0,020	-0,020	500,0	0,07	-0,020	-0,020	0,1 g
1 000,001	1 000,0	0,07	-0,021	-0,021	1 000,0	0,08	-0,031	-0,031	0,2 g
2 000,005	2 000,0	0,08	-0,035	-0,035	2 000,0	0,08	-0,035	-0,035	0,3 g
3 000,004	2 999,9	0,03	-0,084	-0,084	2 999,9	0,03	-0,084	-0,084	0,3 g
4 000,004	3 999,9	0,04	-0,094	-0,094	3 999,9	0,05	-0,104	-0,104	0,3 g
5 000,006	4 999,9	0,02	-0,076	-0,076	4 999,9	0,03	-0,086	-0,086	0,3 g
6 000,005	5 999,9	0,04	-0,095	-0,095	5 999,9	0,05	-0,105	-0,105	0,3 g
7 000,011	6 999,9	0,07	-0,131	-0,131	6 999,9	0,07	-0,131	-0,131	0,3 g
8 200,009	8 199,9	0,07	-0,129	-0,129	8 199,9	0,07	-0,129	-0,129	0,3 g

L Carga colocada sobre la balanza  
L Load placed on the balance

I Indicación de la balanza  
I Balance display

E Error encontrado  
E Error found

Ec Error Corregido  
Ec Error corrected

$\Delta L$  Carga incrementada  
 $\Delta L$  Increased load

E.M.P Error Máximo Permitido  
E.M.P Maximum Error Permitted

N° BD21-C-0948

**INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA**

*Expanded uncertainty and corrected reading*

Incetidumbre expandida de  
medición

*Expanded measurement uncertainty*

$$U_R = 2^* \sqrt{0,0017 \text{ g}^2 + 0,00000000025 \text{ R}^2}$$

Lectura Corregida

*Corrected reading*

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,000018 \text{ R}$$

R : Indicación de lectura de la balanza ( g )

*R : Reading indication of the balance*

**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

*Measurement Uncertainty*

La incertidumbre de medición calculada (*U*), ha sido determinada a partir de la Incertidumbre estándar de medición combinada, multiplicada por el factor de cobertura *k*=2. Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza aproximado del 95%.

*The calculated uncertainty of measurement (U), it has been determined from the combined Standard Uncertainty of Measurement multiplied by the coverage factor k=2. This value has been calculated for a confidence level approximate of 95 %.*

**OBSERVACIONES**

*Notes*

(\* ) El valor de "e", capacidad mínima y clase de exactitud están de acuerdo a la NMP-003 "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático"

*(\* ) The value of "e", minimum capacity and accuracy class are in accordance with NMP-003 "Non-Automatic Operating Weighing Instruments"*

(\*\* ) Código indicado en la balanza.

*(\*\* ) Code indicated in the balance.*

El coeficiente de variación térmica es 0,000009 °C-1 según el manual de la balanza.

*The coefficient of thermal variation is 0,000009 °C-1 according to the manual of the balance.*

Se ajustó la balanza antes de la calibración.

*The balance was adjusted before calibration.*

**NOTAS**

*Notes*

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del instrumento durante la calibración. KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que puedan derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado.

*The values indicated in this document are only valid for the conditions of the instrument during calibration. KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. takes no responsibility for any damages caused by bad use of the calibrated object.*

Los resultados declarados en el presente documento se relacionan solamente con el ítem sometido a calibración indicado en la pagina 1 de éste documento.

*The results declared in this document relate only to the item undergoing calibration indicated on page 1 of this document.*

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.

*A copy of this document will be kept in electronic device in the laboratory for 4 years at least.*

La versión en inglés de este documento es una traducción relativa. En caso de duda, es válida la versión original en español.

*The version in english of this document is not a binding translation. If any controversy arises, the original version in spanish must be considered.*

# Certificado de Calibración

## Calibration Certificate

N° BD21-C-0949

**Cliente:** C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
*Customer*

**Dirección:** Av. Los Próceros Nro. 1000 Urb. Cercado (Junín/Huancayo/Chilca)  
*Address*

**Instrumento de medición:** Balanza Electrónica  
*Measuring instrument*

**Marca:** OHAUS  
*Brand*

**Modelo:** SE602F  
*Model*

**Número de Serie:** B528438322  
*Serial Number*

**Identificación:** C3-B-002 (\*\*)  
*Identification*

**Lugar de Calibración:** Laboratorio  
*Place of Calibration*

**Orden de Trabajo:** OT-02101939  
*Service Work*

**Fecha de Calibración:** 2021-11-12  
*Date of Calibration*

**Fecha de Emisión:** 2021-11-16  
*Date of Issue*

Este Certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. mantiene y calibra sus patrones de referencia para garantizar la cadena de trazabilidad de las mediciones que realiza, así mismo realiza certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados y brinda asistencia técnica en temas relacionados al campo de la metrología en la industria peruana. Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

*This Calibration Certificate documents the traceability to national or international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI). KOSSODO METROLOGIA S.A.C. supports and calibrates his standards of reference to guarantee the chain of traceability of the measurements realized, as well as the metrological certifications realize at the request of the interested parties and offers technical assistance in topics related to the metrology field in the Peruvian industry. In order to assure the quality of measurements the user should recalibrate his instruments at appropriate intervals.*

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

*Technical characteristics of the calibrated object*

Capacidad Máxima (Max) :	600 g	Cap. Mínima (Min) :	2 g (*)	Número de Divisiones (n):	6000
<i>Maximum Capacity</i>		<i>Minimum load</i>		<i>Number of Scale Intervals</i>	
División de escala real (d) :	0,01 g	División de verificación de escala (e):	0,1 g (*)	Clase de Exactitud:	III (*)
<i>Division from real scale</i>		<i>Division verification of scale</i>		<i>Accuracy Class</i>	

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

*Calibration Method*

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento ,P-CAL-01 "Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático" (Versión 02) basado en el PC-001 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automatico clase III y IIII " (Edición 03) del SNM- INDECOPI;este procedimiento cumple con los ensayos realizados a las balanzas de funcionamiento no automatico de acuerdo a la recomendación internacional OIML-R-76:2006.

*Calibration was performed by direct comparison between the indications of the scale reading and the standard weights applied loads by following the procedure, P-CAL-01 calibration procedure non-automatic scales" (Version 02) based on PC-001 "Procedure for the calibration of non-automatic scales class III and IIII" (Edition 03) of SNM-INDECOPI, this procedure meets the tests performed on non-automatic scales agree to the international recommendation OIML-R-76: 2006.*

Coordinador del SIG  
*SIG's Coordinator*

Supervisor de Laboratorio  
*Laboratory Supervisor*



*[Signature]*

Daniel Torres Díaz

*[Signature]*

Jano Ahumada M.

N° BD21-C-0949

## PATRONES UTILIZADOS

Standards Used

Nombre del Patrón <i>Standard name</i>	Código y/o serie del Patrón <i>Pattern code and/or series</i>	N° de Certificado <i>certificate number</i>	Trazabilidad <i>Traceability</i>
Pesa de 500 g / E2	PTB-PEE2-02 / 32029360	PE21-C-1201	KOSSODO METROLOGIA S.A.C.
Juego de pesas de 1 mg a 200 g / F1	PTB-STF1-02 / 16929269	PE21-C-1473	KOSSODO METROLOGIA S.A.C.

## INSPECCIÓN VISUAL

Visual inspection

Nivelación: <i>Levelling</i>	Tiene	Plataforma: <i>Plate</i>	Tiene	Oscilación libre : <i>Free oscillation</i>	Tiene	Display: <i>Display:</i>	Tiene
Ajuste de cero: <i>Zero Adjust</i>	Tiene	Sistema de traba: <i>locking system</i>	No tiene	Escala: <i>Escale</i>	No tiene	Cursor: <i>Cursor:</i>	No tiene

## RESULTADOS DE MEDICIÓN

measurement results

### RESULTADOS ANTES DEL AJUSTE

Results before adjust

Previo al ajuste del instrumento se encontraron los siguientes resultados para dos valores de carga.

Before the adjust of the instrument, it was found the following results for two loads values.

Valor Nominal <i>Nominal value</i>	Carga <i>Load</i>	Indicación <i>Indication</i>
(g)	(g)	(g)
Aprox. al 50 % de la cap. max.	299,999	300,03
Aprox. al 100 % de la cap. max.	599,999	600,04

### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Repeatability Test

Temperatura Inicial: <i>Initial Temperature</i>	18,7 °C	Humedad Inicial: <i>Initial Humidity</i>	51 %
Temperatura Final: <i>Final Temperature</i>	18,4 °C	Humedad Final: <i>Final Humidity</i>	51 %

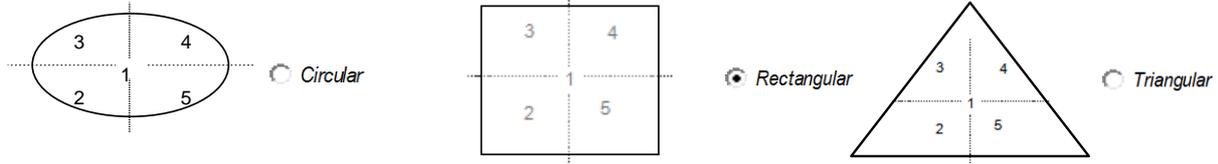
Serie 1-Aproximadamente 50% Máx .		Carga Aplicada L	
<i>Series 1 - Approximately 50% Max.</i>		<i>Load Applied L</i>	
N° Pesada <i>Weighing N°</i>	Indicación / <i>Indication I</i>	ΔL <i>Δ L</i>	E <i>E</i>
<i>g</i>	<i>g</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
1	300,00	0,005	0,0007
2	300,00	0,006	-0,0003
3	300,00	0,006	-0,0003
4	300,00	0,006	-0,0003
5	300,00	0,007	-0,0013
6	300,00	0,005	0,0007
7	300,00	0,006	-0,0003
8	300,00	0,005	0,0007
9	300,00	0,005	0,0007
10	300,00	0,006	-0,0003
Diferencia Máxima Encontrada <i>Maximum Difference Found</i>			0,0020
E.M.P <i>E.M.P</i>			0,3 g

Serie 2-Aproximadamente 100% Máx .		Carga Aplicada L	
<i>Series 2 - Approximately 100% Max.</i>		<i>Load Applied L</i>	
N° Pesada <i>Weighing N°</i>	Indicación / <i>Indication I</i>	ΔL <i>Δ L</i>	E <i>E</i>
<i>g</i>	<i>g</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
1	599,99	0,004	-0,0084
2	599,99	0,004	-0,0084
3	599,99	0,004	-0,0084
4	599,99	0,005	-0,0094
5	599,99	0,005	-0,0094
6	599,99	0,004	-0,0084
7	599,99	0,004	-0,0084
8	599,99	0,004	-0,0084
9	599,99	0,005	-0,0094
10	599,99	0,004	-0,0084
Diferencia Máxima Encontrada <i>Maximum Difference Found</i>			0,0010
E.M.P <i>E.M.P</i>			0,3 g

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

*Test Excentricity*

Temperatura Inicial: 18,4 °C Humedad Inicial: 51 %  
*Initial Temperature Initial Humidity*  
Temperatura Final: 18,6 °C Humedad Final: 51 %  
*Final Temperature Final Humidity*



Posición	Carga	Indicación	$\Delta L$	E	Carga	Indicación	$\Delta L$	E	Ec
<i>Location</i>	<i>Load</i>	<i>Indication</i>	<i><math>\Delta L</math></i>	<i>E</i>	<i>Load</i>	<i>Indication</i>	<i><math>\Delta L</math></i>	<i>E</i>	<i>Ec</i>
N°	g	g	g	g	g	g	g	g	g
1		1,00	0,005	0,0000		200,00	0,006	-0,0005	-0,0005
2		1,00	0,006	-0,0010		200,00	0,007	-0,0015	-0,0005
3	1,0000	1,00	0,007	-0,0020	199,9995	199,99	0,005	-0,0095	-0,0075
4		1,00	0,005	0,0000		200,00	0,007	-0,0015	-0,0015
5		1,00	0,006	-0,0010		200,00	0,005	0,0005	0,0015
									E.M.P
									0,2 g
									E.M.P

**ENSAYO DE PESAJE**

*Weighing test*

Temperatura Inicial: 18,6 °C Humedad Inicial: 51 %  
*Initial Temperature Initial Humidity*  
Temperatura Final: 18,6 °C Humedad Final: 50 %  
*Final Temperature Final Humidity*

Carga (L)	Indicación I	$\Delta L$	E	Ec	Indicación	$\Delta L$	E	Ec	Error Máximo Permitido
<i>Load (L)</i>	<i>Indication I</i>	<i><math>\Delta L</math></i>	<i>E</i>	<i>Ec</i>	<i>Indication</i>	<i><math>\Delta L</math></i>	<i>E</i>	<i>Ec</i>	
g	g	g	g	g	g	g	g	g	
1,0000	1,00	0,005	0,0000						0,1 g
2,0000	2,00	0,006	-0,0010	-0,0010	2,01	0,007	0,0080	0,0080	0,1 g
9,9999	10,00	0,006	-0,0009	-0,0009	10,01	0,006	0,0091	0,0091	0,1 g
19,9999	20,00	0,005	0,0001	0,0000	20,01	0,006	0,0091	0,0090	0,1 g
49,9997	50,00	0,006	-0,0007	-0,0008	50,01	0,007	0,0083	0,0082	0,1 g
99,9998	100,00	0,005	0,0002	0,0002	100,01	0,006	0,0092	0,0092	0,2 g
199,9995	200,00	0,006	-0,0005	-0,0005	200,01	0,005	0,0105	0,0105	0,2 g
299,9993	300,00	0,005	0,0007	0,0007	300,01	0,006	0,0097	0,0097	0,3 g
399,9989	399,99	0,005	-0,0089	-0,0089	400,00	0,006	0,0001	0,0001	0,3 g
499,9996	499,99	0,004	-0,0086	-0,0086	499,99	0,005	-0,0096	-0,0096	0,3 g
599,9994	599,99	0,004	-0,0084	-0,0084	599,99	0,004	-0,0084	-0,0084	0,3 g

- L Carga colocada sobre la balanza  
*L Load placed on the balance*
- I Indicación de la balanza  
*I Balance display*
- E Error encontrado  
*E Error found*
- Ec Error Corregido  
*Ec Error corrected*
- $\Delta L$  Carga incrementada  
 *$\Delta L$  Increased load*

**INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA**

*Expanded uncertainty and corrected reading*

$$U_R = 2^* \sqrt{0,000027 \text{ g}^2 + 0,0000000010 \text{ R}^2}$$

Incetidumbre expandida de medición  
*Expanded measurement uncertainty*

Lectura Corregida  
*Corrected reading*

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,000015 R$$

R: Indicación de lectura de balanza : ( g )  
R: *Reading indication of tehe balance*

**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

*Measurement Uncertainty*

La incertidumbre de medición calculada (*U*), ha sido determinada a partir de la Incertidumbre estándar de medición combinada, multiplicada por el factor de cobertura *k=2*. Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza aproximada del 95%.

*The calculated uncertainty of measurement (U), it has been determined from the combined Standard Uncertainty of Measurement multiplied by the coverage factor k=2. This value has been calculated for a confidence level of approximate 95 %.*

**OBSERVACIONES**

*Notes.*

(\*) El valor de "e", capacidad mínima y clase de exactitud están indicadas en la balanza

*(\*) The value of "e", minimum capacity and accuracy class are indicated on the balance*

(\*\*) Código indicado en la balanza.

*(\*\*) Code indicated in the balance.*

Se ha considerado el coeficiente de variación térmica 0,000 01 °C-1 según el PC-001 "Procedimiento de Calibración de Balanzas Clase III y IIII" SNM-INDECOPI.

*It was considered the thermal variation coefficient 0,000 01 ° C-1 according to the PC-001 "Scale Calibration Procedure Class III and IIII" SNM-INDECOPI.*

Se ajustó la balanza antes de la calibración.

*The balance was adjusted before calibration.*

**NOTAS**

*Notes*

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del instrumento durante la calibración. KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que puedan derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado.

*The values indicated in this document are only valid for the conditions of the instrument during calibration. KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. takes no responsibility for any damages caused by bad use of the calibrated object.*

Los resultados declarados en el presente documento se relacionan solamente con el ítem sometido a calibración indicado en la pagina 1 de éste documento.

*The results declared in this document relate only to the item undergoing calibration indicated on page 1 of this document.*

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un período de por lo menos 4 años.

*A copy of this document will be kept in electronic device in the laboratory for 4 years at least.*

La versión en inglés de este documento es una traducción relativa. En caso de duda, es válida la versión original en español.

*The version in english of this document is not a binding translation. If any controversy arises, the original version in spanish must be considered.*

# Certificado de Calibración

## Calibration Certificate

**N° CI21-C-0584**

**Cliente:** C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C  
*Customer*

**Dirección:** Av. Los Proceres N° 1000 Urb, Cercado  
*Address*  
(Junin/Huancayo/Chilca)

**Instrumento de medición:** HORNO  
*Measuring instrument*

**Marca:** KAIZACORP  
*Brand*

**Modelo:** STHX-1A  
*Model*

**Número de Serie:** 200611  
*Serial Number*

**Identificación:** C3-H-003  
*Identification*

**Lugar de Calibración:** Laboratorio  
*Place of Calibration*

**Orden de Trabajo:** OT-02101939  
*Work Order*

**Fecha de Calibración:** 2021-11-12  
*Date of Calibration*

**Fecha de Emisión:** 2021-11-16  
*Date of Issue*

Este Certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. mantiene y calibra sus patrones de referencia para garantizar la cadena de trazabilidad de las mediciones que realiza, así mismo realiza certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados y brinda asistencia técnica en temas relacionados al campo de la metrología en la industria peruana.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

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

*KOSSODO METROLOGIA S.A.C. supports and calibrates his standards of reference to guarantee the chain of traceability of the measurements realized, as well as the metrological certifications realize at the request of the interested parties and offers technical assistance in topics related to the metrology field in the Peruvian industry. In order to assure the quality of measurements the user should recalibrate his instruments at appropriate intervals.*

### CARACTERÍSTICAS DEL OBJETO CALIBRADO

*Characteristics of the calibrated object*

<b>Tipo de Indicador:</b> <i>Type of indicating device</i>	Digital	<b>Tipo de Selector:</b> <i>Type of set point device</i>	Digital
<b>Intervalo de Indicación:</b> <i>Intervale of indication</i>	No indica	<b>Intervalo de Indicación :</b> <i>Intervale of indication</i>	-100,0 °C a 300,0 °C
<b>Resolución:</b> <i>Resolution</i>	0,1 °C	<b>Resolución:</b> <i>Resolution</i>	0,1 °C
<b>Tipo de ventilación:</b> <i>Type of ventilation</i>	Forzada	<b>Carga utilizada (%):</b> <i>Used load (%)</i>	30%
<b>Superficies internas:</b> <i>Internal layers</i>	2	<b>Temperatura de cal.:</b> <i>Calibration temperature</i>	60,0 °C ± 5,0 °C 110,0 °C ± 5,0 °C
<b>Posición de ventilación:</b> <i>Position of ventilation set point</i>	No especifica		

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

*Calibration Method*

La Calibración se ha realizado mediante la determinación de la temperatura, por comparación directa siguiendo el procedimiento, PC-018- "Procedimiento para la Calibración o Caracterización de Medios Isotermos con aire como medio termostático"-SNM-INDECOPI (Segunda Edición).

*Calibration was performed by determining the temperature , by direct comparison following the procedure , PC- 018 "Procedure for calibration or characterization Media isothermal air as thermostatic means " - SNM -INDECOPI (Second Edition).*

Coordinador del SIG  
*SIG's Coordinator*

Supervisor de Laboratorio  
*Laboratory Supervisor*



Daniel Torres Díaz

Brian Espejo Campos

**N° CI21-C-0584**

**PATRÓN UTILIZADO**

Standard Used

Nombre del patrón <i>Standard name</i>	Código de patrón y/o serie del patrón <i>Standard code and/or series</i>	N° de Certificado <i>certificate number</i>	Trazabilidad <i>Traceability</i>
Termómetro digital multicanal con incertidumbre de calibración no mayor a 0,20 °C	PT-TMUL-06 / 203135B <i>PT-TMUL-06 / 203135B</i>	TD21-C-0082 <i>TD21-C-0082</i>	KOSSODO METROLOGIA S.A.C. <i>KOSSODO METROLOGIA S.A.C.</i>

**CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LA CALIBRACIÓN**

Environment Conditions during Calibration

Temperatura Inicial: 19,0 °C  
*Initial Temperature*

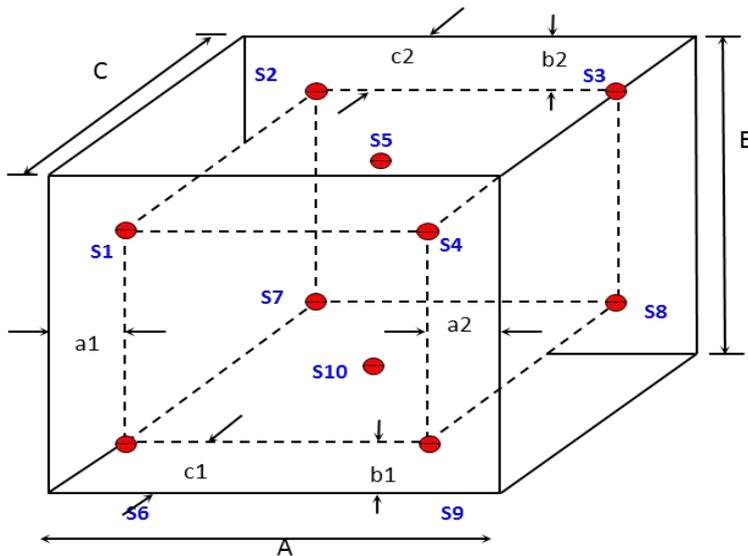
Temperatura Final: 19,1 °C  
*Final Temperature*

Humedad Inicial: 45 % h.r.  
*Initial Humidity*

Humedad Final: 44 % h.r.  
*Final Humidity*

**DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES DENTRO DE LA CÁMARA DEL EQUIPO**

Distribution of the sensors inside the chamber of the equipment



● = Sensor de Temperatura

**A, B, C** Dimensiones del volumen interno.

**a, b, c** Aproximadamente entre 1/10 y 1/4 de las de las dimensiones del volumen interno

Los sensores S5 y S10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles

**Ubicación de parrillas durante la calibración:**

Location of grills during calibration:

Distancia de parrilla superior desde la base interna: 31 cm por encima de la base.  
*Distance from upper grill the inner core: 31cm above the base.*

Distancia de parrilla inferior desde la base interna: 10 cm por encima de la base.  
*Distance from the lower grill inner core: 10cm below the base.*

**Dimensiones internas**

Internal dimensions

**A** = 45,0 cm

**B** = 45,0 cm

**C** = 36,0 cm

**Ubicación de los sensores**

Probe positions

**a1** = 7,0 cm

**b1** = 8,5 cm

**c1** = 6,0 cm

**a2** = 7,0 cm

**b2** = 7,0 cm

**c2** = 6,0 cm

**N° CI21-C-0584**

**POSICION DEL CONTROLADOR / SELECTOR ANTES DEL AJUSTE**

*Driver positions / selector set before*

No se realizó el ajuste.

*No adjustment was made*

**TEMPERATURAS REGISTRADAS DURANTE LA CALIBRACIÓN**

*Recorded Temperature during calibration*

**TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN 60,0 °C ± 5,0 °C**

Tiempo <i>Time</i>	l <sub>equipo</sub> °C	Indicaciones corregidas de los 10 sensores expresados en °C <i>Corrected indications of 10 sensors expressed in °C</i>										T. prom. °C	ΔT. °C
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10		
00:00	59,9	60,4	63,0	61,4	60,3	61,8	60,9	63,4	63,5	62,4	63,5	62,1	3,2
00:02	59,9	60,5	62,9	61,3	60,3	61,7	60,9	63,4	63,5	62,4	63,5	62,1	3,2
00:04	60,0	60,4	62,7	61,1	60,3	61,6	60,9	63,2	63,5	62,2	63,6	62,0	3,3
00:06	60,2	60,3	62,8	61,1	60,1	61,5	60,9	63,2	63,5	62,1	63,3	61,9	3,4
00:08	60,0	60,4	62,7	61,3	60,2	61,6	60,9	63,1	63,6	62,4	63,4	62,0	3,4
00:10	59,8	60,5	62,9	61,3	60,5	61,9	61,1	63,4	63,6	62,6	63,6	62,2	3,1
00:12	60,0	60,3	62,6	61,0	60,3	61,6	60,9	63,0	63,7	62,5	63,5	62,0	3,4
00:14	60,2	60,4	62,7	61,1	60,2	61,5	60,8	63,1	63,6	62,3	63,4	61,9	3,4
00:16	60,0	60,4	62,7	61,3	60,3	61,7	60,9	63,2	63,6	62,4	63,3	62,0	3,3
00:18	59,8	60,6	63,0	61,4	60,3	61,9	61,2	63,5	63,7	62,5	63,6	62,2	3,4
00:20	60,0	60,5	62,9	61,4	60,5	61,9	61,0	63,4	63,7	62,6	63,6	62,2	3,2
00:22	60,2	60,4	62,7	61,0	60,2	61,6	61,0	63,2	63,6	62,3	63,6	62,0	3,4
00:24	60,1	60,1	62,5	61,0	60,1	61,5	60,9	63,0	63,6	62,2	63,3	61,8	3,5
00:26	59,9	60,5	62,7	61,1	60,3	61,5	60,8	63,0	63,5	62,4	63,3	61,9	3,2
00:28	59,8	60,5	63,0	61,4	60,4	61,7	61,0	63,4	63,8	62,6	63,6	62,2	3,4
00:30	60,0	60,4	62,8	61,3	60,3	61,6	60,9	63,2	63,7	62,5	63,6	62,1	3,4
00:32	60,2	60,2	62,5	61,0	60,2	61,5	60,9	63,1	63,7	62,3	63,3	61,9	3,5
00:34	60,0	60,1	62,5	60,9	60,1	61,4	60,7	62,9	63,6	62,2	63,3	61,8	3,5
00:36	60,2	60,5	63,0	61,4	60,5	61,8	61,1	63,4	63,6	62,4	63,5	62,1	3,1
00:38	60,0	60,6	62,9	61,4	60,6	62,0	61,2	63,5	63,8	62,6	63,6	62,2	3,2
00:40	59,8	60,4	62,7	61,3	60,3	61,6	60,9	63,2	63,7	62,4	63,5	62,0	3,4
00:42	60,0	60,2	62,5	61,0	60,2	61,5	60,7	63,1	63,6	62,4	63,5	61,9	3,4
00:44	60,2	60,4	62,7	61,3	60,4	61,9	61,1	63,3	63,7	62,5	63,5	62,1	3,3
00:46	60,0	60,4	62,9	61,4	60,4	61,7	61,1	63,4	63,7	62,5	63,6	62,1	3,3
00:48	59,8	60,3	62,8	61,3	60,2	61,6	61,0	63,2	63,7	62,4	63,6	62,0	3,5
00:50	60,0	60,4	62,6	61,0	60,3	61,6	61,0	63,1	63,6	62,4	63,5	62,0	3,3
00:52	60,2	60,4	62,9	61,3	60,3	61,7	60,9	63,2	63,6	62,4	63,5	62,0	3,3
00:54	60,1	60,4	62,7	61,3	60,5	61,6	61,0	63,1	63,6	62,4	63,5	62,0	3,2
00:56	59,9	60,6	63,0	61,4	60,5	61,8	61,1	63,4	63,7	62,6	63,6	62,2	3,2
00:58	59,8	60,4	62,6	61,1	60,3	61,6	60,9	63,1	63,6	62,4	63,4	62,0	3,3
01:00	60,0	60,4	62,7	61,1	60,3	61,6	60,9	63,0	63,5	62,4	63,4	62,0	3,2
<b>T. PROM.</b>	60,0	60,4	62,8	61,2	60,3	61,7	61,0	63,2	63,6	62,4	63,5	<b>Temperatura promedio general</b>	
<b>T. MAX</b>	60,2	60,6	63,0	61,4	60,6	62,0	61,2	63,5	63,8	62,6	63,6		
<b>T. MIN</b>	59,8	60,1	62,5	60,9	60,1	61,4	60,7	62,9	63,5	62,1	63,3		
<b>DTT</b>	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,3	0,5	0,3	<b>62,0</b>	

**RESUMEN DE RESULTADOS**

*Resume of results*

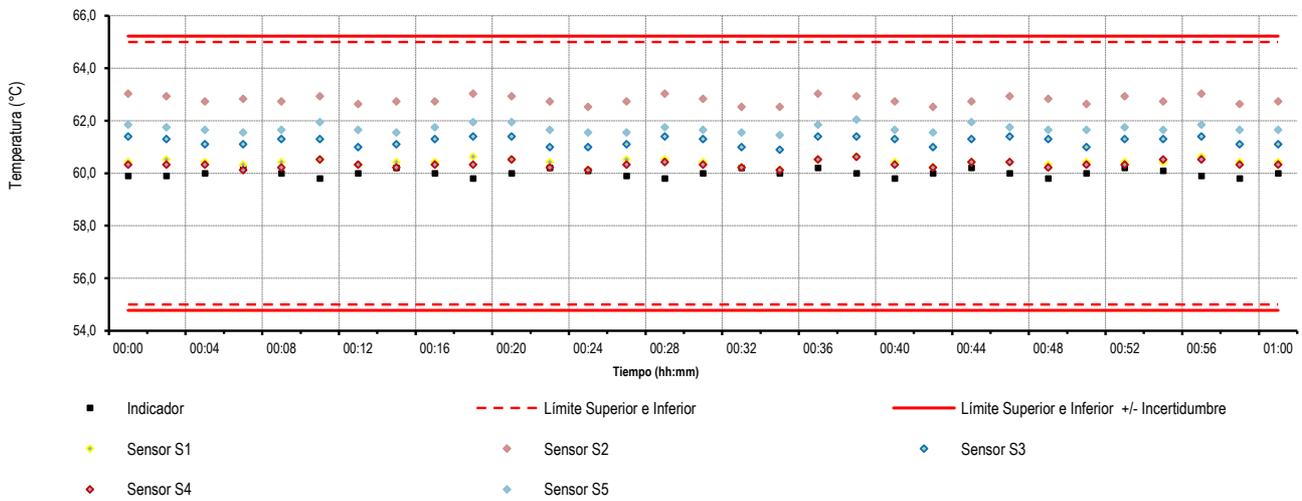
PARAMETROS <i>Parameters</i>	VALOR <i>Value</i>	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA <i>Uncertainty Expanded</i>
Máxima temperatura registrada durante la calibración <i>Maximal temperature recorded during calibration</i>	63,8 °C	0,3 °C
Mínima temperatura registrada durante la calibración <i>Minimal temperature recorded during calibration</i>	60,1 °C	0,3 °C
Desviación de Temperatura en el Tiempo (DTT) <i>Temperature deviation at time</i>	0,6 °C	0,1 °C
Desviación de Temperatura en el Espacio (DTE) <i>Temperature deviation in the space</i>	3,3 °C	0,2 °C
Estabilidad ( ± ) <i>Stability</i>	0,30 °C	0,05 °C
Uniformidad <i>Uniformity</i>	3,5 °C	0,2 °C

N° CI21-C-0584

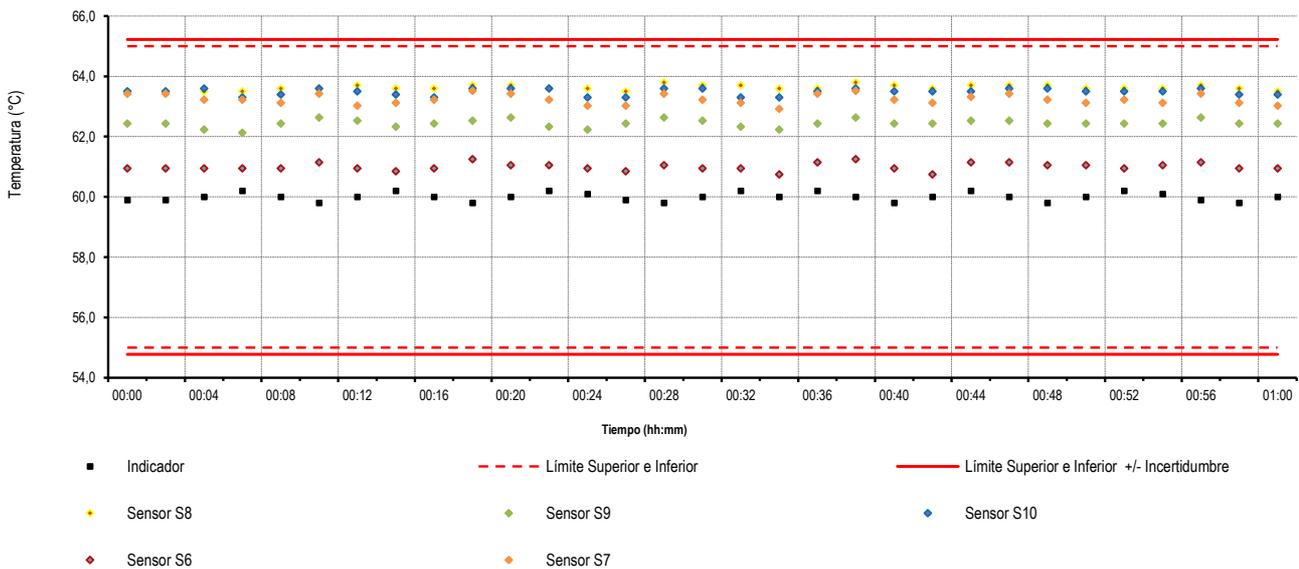
**GRÁFICO DE ESTABILIDAD DE TEMPERATURAS DURANTE LA CALIBRACIÓN**  
*Temperature stability graph during the calibration*

TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN 60,0 °C ± 5,0 °C

**Nivel Superior**



**Nivel Inferior**



## N° CI21-C-0584

### TEMPERATURAS REGISTRADAS DURANTE LA CALIBRACIÓN

Recorded Temperature during calibration

TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN 110,0 °C ± 5,0 °C

Tiempo <i>Time</i>	Equipo °C	Indicaciones corregidas de los 10 sensores expresados en °C <i>Corrected indications of 10 sensors expressed in °C</i>										T. prom. °C	ΔT. °C	
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10			
00:00	106,9	106,1	110,7	108,1	106,5	108,8	108,0	112,4	114,3	112,4	114,5	110,2	8,5	
00:02	106,9	106,4	111,1	108,4	106,5	109,1	108,3	113,0	114,6	112,7	114,8	110,5	8,5	
00:04	107,0	106,1	110,7	108,2	106,4	108,9	108,2	112,7	114,5	112,6	114,6	110,3	8,6	
00:06	107,2	105,9	110,5	107,9	106,1	108,6	107,7	112,3	114,2	112,2	114,3	110,0	8,5	
00:08	107,0	106,0	110,7	108,1	106,1	108,8	108,1	112,5	114,2	112,2	114,5	110,1	8,6	
00:10	106,8	106,3	111,0	108,5	106,6	108,9	108,3	112,3	114,6	112,4	114,3	110,3	8,3	
00:12	107,0	106,4	111,0	108,4	106,4	108,9	108,2	112,8	114,5	112,6	114,6	110,4	8,3	
00:14	107,2	105,9	110,7	108,2	106,3	108,7	108,1	112,7	114,4	112,2	114,3	110,2	8,5	
00:16	107,0	106,0	110,5	108,0	106,1	108,6	107,9	112,5	114,6	112,1	114,3	110,1	8,6	
00:18	106,8	106,1	110,7	108,1	106,3	108,8	108,0	112,6	114,2	112,4	114,4	110,2	8,4	
00:20	107,0	106,3	110,9	108,3	106,4	108,9	108,2	112,8	114,5	112,6	114,6	110,4	8,4	
00:22	107,2	106,1	111,0	108,1	106,1	108,7	108,2	112,8	114,7	112,4	114,5	110,3	8,6	
00:24	107,1	106,2	110,7	108,0	106,2	108,9	108,0	112,6	114,4	112,3	114,4	110,2	8,3	
00:26	106,9	106,0	110,6	108,0	106,1	108,6	108,0	112,4	114,4	112,2	114,2	110,1	8,4	
00:28	106,8	106,2	110,9	108,3	106,5	109,0	108,1	112,9	114,5	112,5	114,5	110,3	8,4	
00:30	107,0	106,3	110,9	108,3	106,3	109,0	108,4	112,7	114,7	112,6	114,5	110,4	8,4	
00:32	107,2	106,0	110,5	108,0	106,2	108,6	107,7	112,6	114,4	112,2	114,2	110,0	8,4	
00:34	107,0	105,9	110,4	108,1	106,4	108,6	107,8	112,3	113,9	112,4	114,2	110,0	8,4	
00:36	107,2	106,0	110,7	108,2	106,4	108,6	108,1	112,6	114,5	112,4	114,2	110,2	8,5	
00:38	107,0	106,2	110,9	108,5	106,6	109,0	108,4	112,6	114,5	112,5	114,6	110,4	8,5	
00:40	106,8	106,1	110,7	108,1	106,4	108,9	108,0	112,4	114,6	112,4	114,4	110,2	8,5	
00:42	107,0	106,0	110,6	108,0	106,1	108,6	107,9	112,6	114,4	112,3	114,3	110,1	8,4	
00:44	107,2	106,2	110,8	108,1	106,2	108,9	108,1	112,7	114,5	112,4	114,3	110,2	8,3	
00:46	107,0	106,2	111,0	108,5	106,6	109,0	108,1	112,6	114,6	112,6	114,6	110,4	8,5	
00:48	106,8	106,0	110,7	108,3	106,5	109,0	108,1	112,6	114,5	112,6	114,6	110,3	8,7	
00:50	107,0	105,9	110,4	107,9	106,2	108,5	108,1	112,3	114,2	112,2	114,0	110,0	8,3	
00:52	107,2	105,7	110,4	108,1	106,1	108,6	107,6	112,3	114,0	112,1	114,1	109,9	8,5	
00:54	107,1	106,1	110,7	108,1	106,2	108,5	108,1	112,5	114,3	112,4	114,2	110,1	8,2	
00:56	106,9	106,4	111,1	108,5	106,6	109,1	108,5	113,0	114,8	112,6	114,6	110,5	8,4	
00:58	106,8	106,1	110,7	108,3	106,4	108,8	108,1	112,6	114,6	112,5	114,6	110,3	8,6	
01:00	107,0	106,0	110,7	107,9	106,1	108,6	108,0	112,6	114,3	112,4	114,4	110,1	8,5	
<b>T. PROM.</b>	107,0	106,1	110,7	108,2	106,4	108,8	108,0	112,6	114,4	112,4	114,5	0,0	0,0	<b>Temperatura promedio general</b>
<b>T. MAX</b>	107,2	106,4	111,1	108,5	106,6	109,1	108,5	113,0	114,8	112,7	114,8	0,0	0,0	
<b>T. MÍN</b>	106,8	105,7	110,4	107,9	106,1	108,5	107,6	112,3	113,9	112,1	114,0	0,0	0,0	
<b>DTT</b>	0,4	0,7	0,7	0,6	0,5	0,6	0,9	0,7	0,9	0,6	0,8	0,0	0,0	<b>110,2</b>

### RESUMEN DE RESULTADOS

Resume of results

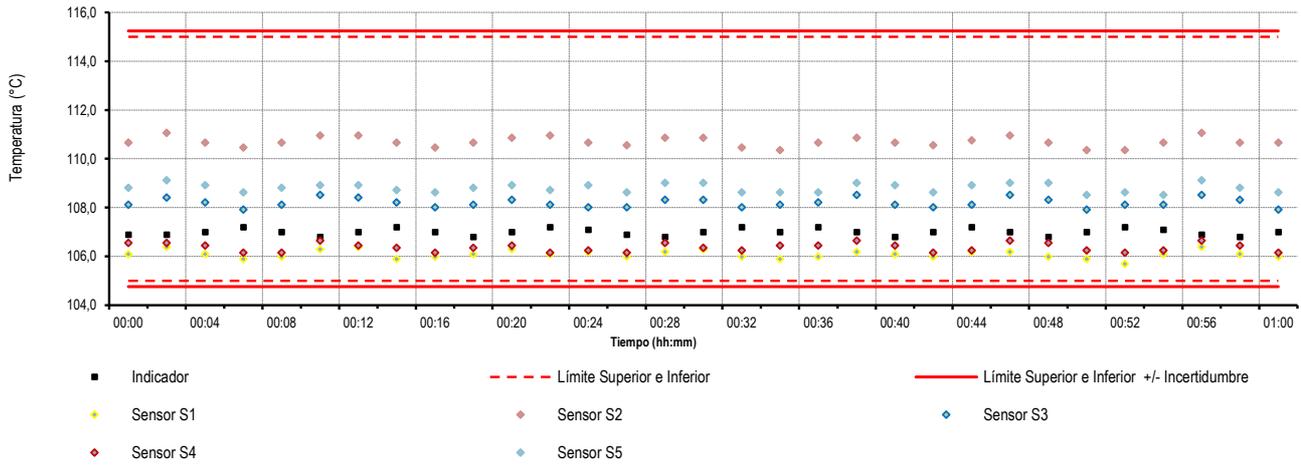
PARAMETROS <i>Parameters</i>	VALOR <i>Value</i>	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA <i>Uncertainty Expanded</i>
Máxima temperatura registrada durante la calibración <i>Maximal temperature recorded during calibration</i>	114,8 °C	0,3 °C
Mínima temperatura registrada durante la calibración <i>Minimal temperature recorded during calibration</i>	105,7 °C	0,3 °C
Desviación de Temperatura en el Tiempo (DTT) <i>Temperature deviation at time</i>	0,9 °C	0,1 °C
Desviación de Temperatura en el Espacio (DTE) <i>Temperature deviation in the space</i>	8,4 °C	0,2 °C
Estabilidad ( ± ) <i>Stability</i>	0,45 °C	0,05 °C
Uniformidad <i>Uniformity</i>	8,7 °C	0,2 °C

**N° CI21-C-0584**

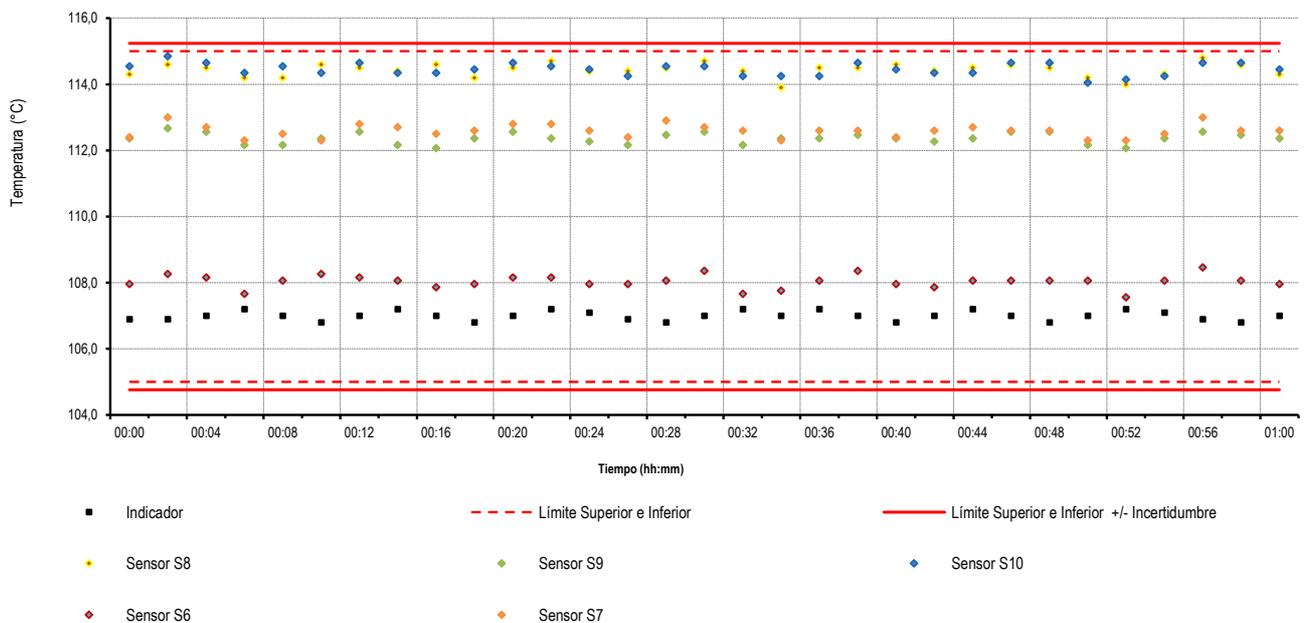
**GRÁFICO DE ESTABILIDAD DE TEMPERATURAS DURANTE LA CALIBRACIÓN**

Temperature stability graph during the calibration

**TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN 110,0 °C ± 5,0 °C**  
**Nivel Superior**



**Nivel Inferior**



**N° CI21-C-0584**

**NOMENCLATURA**

*Nomenclature*

<b>I<sub>equipo</sub></b>	=	Lecturas en el dispositivo de indicación del equipo calibrado. <i>Readings in the indication device of the calibrated equipment.</i>
<b>T.prom.</b>	=	Temperatura promedio de los sensores por cada intervalo <i>Temperature average of sensors for every interval</i>
<b>ΔT</b>	=	Diferencia entre máxima y mínima temperaturas en cada intervalo de registro <i>Difference between maximal and minimal temperatures every interval of record</i>
<b>T. PROM</b>	=	Promedio de indicaciones corregidas para cada sensor durante el tiempo total. <i>Average of corrected indications for every sensor during test.</i>
<b>T. MÁX</b>	=	La máxima de las indicaciones para cada sensor durante el tiempo total. <i>Maximun indication of temperature for every sensor during test.</i>
<b>T. MÍN</b>	=	La mínima de las indicaciones para cada sensor durante el tiempo total. <i>Minimun indication of temperature for every sensor during test.</i>
<b>DTT</b>	=	Desviación de Temperatura en el Tiempo <i>Temperature deviation at time</i>

**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

*Measurement Uncertainty*

Las incertidumbres de medición calculadas (*U*), han sido determinadas a partir de sus Incertidumbres estándares de medición combinadas, multiplicadas por el factor de cobertura *k=2*. Estos valores han sido calculados para un nivel de confianza aproximado del 95%.  
*The calculated uncertainties of measurement (U), have been determined from the combinated Standards Uncertainties of Measurement multiplied by the coverage factor k=2. These values have been calculated for a confidence level of approximate 95 %.*

**OBSERVACIONES**

*Comments*

Las temperaturas convencionalmente verdaderas mostradas en los resultados de medición son las de la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (International Temperature Scale ITS-90).

*The conventionally real temperatures shown in the measurement results are those of the International Temperature Scale 1990 (International Temperature Scale ITS-90).*

Para alcanzar la temperatura de trabajo esperada de 60 °C, el selector de temperatura del equipo ha sido aproximado a: 60,0 °C  
*To achieve the working temperature expected of 60 °C, the temperature selector device was adjust at: 60,0 °C*

Para alcanzar la temperatura de trabajo esperada de 110 °C, el selector de temperatura del equipo ha sido aproximado a: 107,0 °C  
*To achieve the working temperature expected of 110 °C, the temperature selector device was adjust at: 107,0 °C*

Muestra de suelos

*Soil sample*

**DECLARACIÓN DE CUMPLIMIENTO**

*Conformity Declaration:*

El Medio Isotermo, Cumple con las desviaciones máximas permisibles de temperatura.

*The medium isotherm, meet the maximum allowable temperature deviations.*



El Medio Isotermo, No cumple con las desviaciones máximas permisibles de temperatura.

*The medium isotherm, does not meet the maximum allowable temperature deviations.*



El Medio Isotermo, No se puede concluir si cumple o no cumple con las desviaciones máximas permisibles de temperatura.

*The medium Isotherm can not conclude within or outside the maximum allowable temperature deviation.*



**NOTAS**

*Notes*

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del instrumento durante la calibración. KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que puedan derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado.

*The values indicated in this document are only valid for the conditions of the instrument during calibration. KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. takes no responsibility for any damages caused by bad use of the calibrated object.*

Los resultados declarados en el presente documento se relacionan solamente con el ítem sometido a calibración indicado en la página 1 de éste documento.

*The results declared in this document relate only to the item undergoing calibration indicated on page 1 of this document.*

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un período de por lo menos 4 años.

*A copy of this document will be kept in electronic device in the laboratory for 4 years at least.*

La versión en inglés de este documento es una traducción relativa. En caso de duda, es válida la versión original en español.

*The version in english of this document is not a binding translation. If any controversy arises, the original version in spanish must be considered.*

Los datos de los sensores registrados, han sido obtenidos luego de haber aproximado a la temperatura de trabajo dentro de la cámara durante: 2 horas.

*The registrated temperature of the sensors was obtained after adjusting and stabilization at the working temperature inside the chamber for 2 hours.*

FO-LAB-2-3 Versión: 3 Aprobado el 2021-02-26

Página 7 de 8

N° CI21-C-0584

**FOTOGRAFÍA DEL INTERIOR DEL EQUIPO**

*Photography inside the equipment*



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT-LP-008-2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Presión

Página 1 de 3

1. Expediente	2010-2022
2. Solicitante	C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA
3. Dirección	AV. LOS PROCERES NRO. 1000 - HUANCAYO - JUNIN
4. Instrumento de medición	PROBADOR DE HUMEDAD (SPEEDY)
Marca	ELE INTERNATIONAL
Modelo	No indica
N° de serie	1000002742
Identificación	No indica
Cap de muestra	20 g
Manómetro	Marca: FORNEY Modelo: 3405-26 Serie: No indica Alcance: 0 psi a 22 psi Resolución: 1.1 Clase: No indica
5. Fecha de calibración	2022-05-27

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

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

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Jefe de Laboratorio

Fecha de Emisión

2022-06-01

JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT-LP-008-2022

*Área de Metrología*  
*Laboratorio de Presión*

Página 2 de 3

### 6. Metodo de calibración

La calibración ha sido realizada por el método de comparación directa; el cual consiste en comparar la indicación del instrumento bajo calibración contra la indicación del instrumento patrón, siguiendo el procedimiento PC-004 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de medición de presión relativa con clase de exactitud igual o mayor a 0,05% F.S." y también comparando los valores de humedad directo con el método de "Determinación de Humedad" utilizando equipos de laboratorio (Secado en horno y pesado en balanza), de acuerdo a la norma ASTM D2216

### 7. Lugar de calibración

Laboratorio de calibración de PERUTEST SAC

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21. °C	21. °C
Humedad relativa	65 %	65 %
Presión atmosférica	997 mbar	997 mbar

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
ELICROM	Manómetro de indicación digital de 160 psi con clase de exactitud de 0,1%	CCP-1315-002-21

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT-LP-008-2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Presión

Página 3 de 3

### 11. Resultados de medición

Indicación de instrumento a calibrar psi	Indicación de instrumento patrón psi	Error de indicación psi	Error de histéresis psi	Incertidumbre psi
0.00	0.00	0.00	0.00	0.29
5.50	5.40	0.10	-0.08	0.20
11.00	10.79	0.21	-0.07	0.28
17.25	17.18	0.07	0.14	0.49
22.00	21.70	0.30	0.04	0.23

Lectura del equipo a calibrar (% de Humedad)	Humedad ensayada (% de Humedad)
0.0	0.0
5.0	5.0
10.1	10.0
15.0	15.0
20.0	20.0

### 12. 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  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 068 - 2021

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	0808-2021
2. Solicitante	<b>C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.</b>
3. Dirección	Av. los Proceres Nro. 1000 - Huancayo - Chilca - Junín
4. Equipo	<b>PRENSA MARSHALL - CBR</b>
Capacidad	5000 kgf
Marca	PERUTEST
Modelo	PT-PME
Número de Serie	1002
Procedencia	PERU
Identificación	NO INDICA
Indicación	DIGITAL
Marca	HIGH WEIGHT
Modelo	315-X8
Número de Serie	NO INDICA
Resolución	0.1 kgf
Ubicación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2021-07-14

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

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

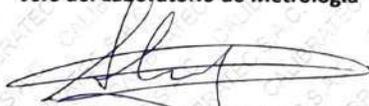
Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2021-07-15

Jefe del Laboratorio de Metrología

  
MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello





### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 068 - 2021

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

#### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

#### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

Av. los Proceres Nro. 1000 - Huancayo - Chilca - Junin

#### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	12.8 °C	12.8 °C
Humedad Relativa	56 % HR	56 % HR

#### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-002 Capacidad: 10,000 kg.f	INF-LE-038-21 B

#### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1,0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 068 - 2021

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

### 11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	$F_1$ (kgf)	$F_1$ (kgf)	$F_2$ (kgf)	$F_3$ (kgf)	$F_{promedio}$ (kgf)
10	500	499.6	498.8	499.3	499.3
20	1000	1001.0	1000.2	1000.6	1000.6
30	1500	1500.6	1499.9	1500.7	1500.4
40	2000	2002.1	2001.9	2004.8	2003.1
50	2500	2500.4	2499.5	2500.4	2500.2
60	3000	3000.9	2998.8	2999.8	2999.8
70	3500	3501.1	3499.0	3499.7	3499.8
80	4000	4001.3	3999.3	3999.9	4000.1
90	4500	4501.8	4499.4	4500.1	4500.4
100	5000	5002.7	4999.6	5000.4	5000.6
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo $F$ (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre $U$ (k=2) (%)
	Exactitud $a$ (%)	Repetibilidad $b$ (%)	Reversibilidad $v$ (%)	Resol. Relativa $a$ (%)	
500	0.14	0.16	-0.12	0.02	0.35
1000	-0.06	0.08	-0.03	0.01	0.34
1500	-0.03	0.05	-0.03	0.01	0.34
2000	-0.15	0.14	-0.07	0.01	0.35
2500	-0.01	0.04	-0.04	0.00	0.34
3000	0.01	0.07	-0.03	0.00	0.34
3500	0.00	0.06	-0.01	0.00	0.34
4000	0.00	0.05	-0.02	0.00	0.34
4500	-0.01	0.05	-0.02	0.00	0.34
5000	-0.01	0.06	0.00	0.00	0.34

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ )	0.00 %
---	--------



### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.