

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**T E S I S**

**Evaluación geotécnica del agregado de la cantera Ocshapampa y  
Acacly para la construcción de carreteras – Pasco - 2023**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Geólogo**

**Autor:**

**Bach. Robinson Miller QUISPE ENCARNACION**

**Asesor:**

**Dr. José Fermín HINOJOSA DE LA SOTA**

**Cerro de Pasco – Perú – 2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**T E S I S**

**Evaluación geotécnica del agregado de la cantera Ocshapampa y  
Acacly para la construcción de carreteras – Pasco - 2023**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. Reynaldo MEJIA CACERES**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. Javier LOPEZ ALVARADO**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Eder Guido ROBLES MORALES**  
**MIEMBRO**



**Universidad Nacional Daniel Alcides  
Carrión Facultad de Ingeniería  
Unidad de Investigación**

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 167-2024-UNDAC/UIFI**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

"Evaluación geotécnica del agregado de la cantera Ocshapampa y Acacluy para la construcción de carreteras – Pasco - 2023"

Apellidos y nombres de los tesistas:

**Bach. QUISPE ENCARNACION, Robinson Miller**

Apellidos y nombres del Asesor:

**Dr. HINOJOSA DE LA SOTA, José Fermín**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería Geológica**

Índice de Similitud

**15 %**

**APROBADO**

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 16 de agosto del 2024



Firmado digitalmente por MEJIA  
CACERES Reynaldo FAU  
20154605046 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 16.08.2024 09:57:23 -05:00

## **DEDICATORIA**

Primero, dedico este proyecto de tesis a Dios y le agradezco por darme la sabiduría y la paciencia para completar esta etapa de mi vida.

A mis padres Alfredo Quispe y Victoria Encarnación por todo el amor, paciencia y fe que tuvieron en mí y que, a pesar de los obstáculos de la vida, nunca dudaron de mí, mi amor eterno para ustedes dos.

A mis hermanas (os) por estar siempre a mi lado, acompañándome y brindándome el apoyo moral durante esta etapa de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

El proyecto de investigación intitulado “Evaluación geotécnica del agregado de la cantera Ocshapampa y Acacluy para la construcción de carreteras en la región de Pasco, 2023” no habría sido posible sin el apoyo de las personas a las que estaré eternamente agradecido:

Agradezco eternamente a la Universidad “Nacional Daniel Alcides Carrión”, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Geológica, por su orientación en mi desarrollo y formación profesional.

Al Ingeniero Dr. Hinojosa de la Sota, José por brindarme la ayuda y asesoramiento adecuado para la elaboración de mi Trabajo de Titulación.

A la empresa ZEMCO INGENIEROS S.A.C. por brindarme las facilidades para poder realizar todos los ensayos geotécnicos que se elaboró.

De la misma forma se les agradece también a todas las personas que de alguna manera hicieron posible la culminación de la presente tesis.

## RESUMEN

La presente investigación se elaboró con el fin de examinar la calidad de los agregados que contienen la cantera Ocshapampa y Acacluy, tuvo como objetivo principal, realizar la evaluación geotécnica del agregado de la cantera Ocshapampa y Acacluy para la construcción de carreteras en la región Pasco. Corresponde a una investigación aplicada por que busca comprobar la teoría con la realidad, también la investigación es descriptiva porque se describieron y analizaron los resultados del agregado de las canteras frente a diferentes ensayos, con un nivel de investigación descriptiva, de método analítico, diseño no experimental, con una población muestral de dos canteras. Se utilizó los instrumentos de fichas de observación de ensayos. Los resultados obtenidos de los ensayos de la cantera Ocshapampa indican que la granulometría se encuentra dentro de grupo A-1, su límite líquido (22%), índice de plasticidad (7%), el CBR al 100% es 96,6% y el desgaste es 23,74% los cuales cumplen con los requisitos técnicos. El resultado de la cantera Acacluy presenta un límite líquido (34%), el CBR al 100% es 78,4% y el desgaste es 43,56% los cuales cumplen con los requisitos técnicos vigentes, pero no presenta una granulometría adecuada y el índice de plasticidad es elevado, quienes se encuentran fuera de los parámetros vigentes del MTC. Así, se ha concluido que la cantera Ocshapampa presenta un material óptimo, debido a que cumple los requisitos establecidos en el Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (Sección 301) de la Norma del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2015), para su uso en la construcción de carreteras, pero la cantera Acacluy no cumple con los requisitos que exige la normativa vigente del MTC para la construcción de carreteras.

**Palabras clave:** *cantera, características físicas y mecánicas, agregado, carretera.*

## ABSTRACT

The present investigation was carried out in order to examine the quality of the aggregates contained in the Ocshapampa and Acaluy quarry, its main objective was to carry out the geotechnical evaluation of the aggregate from the Ocshapampa and Acaluy quarry for the construction of roads in the region. Pasco. It corresponds to an applied research because it seeks to verify the theory with reality, the research is also descriptive because the results of the aggregate of the quarries against different tests were described and analyzed, with a level of descriptive research, analytical method, design not experimental, with a sample population from two quarries. The instruments of trial observation sheets were used. The results obtained from the tests at the Ocshapampa quarry indicate that the granulometry is within group A-1, its liquid limit (22%), plasticity index (7%), the CBR at 100% is 96.6% and the wear is 23.74% which meet the technical requirements. The result of the Acacluy quarry presents a liquid limit (34%), the 100% CBR is 78.4% and the wear is 43.56%, which meet the current technical requirements, but does not present an adequate granulometry. . and the plasticity index is high, who are outside the current parameters of the MTC. Thus, it has been concluded that the Ocshapampa quarry presents an optimal material, because it meets the requirements established in the Manual of General Technical Specifications for Construction (Section 301) of the Standard of the Ministry of Transportation and Communications (2015), for its use in the construction of roads, but the Acacluy quarry does not meet the requirements of the current MTC regulations for the construction of roads.

**Keywords:** *quarry, physical and mechanical characteristics, aggregate, road.*

## INTRODUCCION

La presente tesis intitulada “Evaluación geotécnica del agregado de la cantera Ocshapampa y Acacluy para la construcción de carreteras – Pasco – 2023”, tuvo como propósito evaluar el material de la cantera Ocshapampa y Acacluy para la construcción de carreteras, debido a la falta de conocimiento sobre el uso de los materiales de cantera, las carreteras en esta parte del país muchas veces son construidas con agregados de cantera que no cumplen las características físicas y mecánicas que exige la normativa vigente del MTC, debido ello que presentan deterioro muy rápidamente. Es por ello que se planteó el siguiente problema, ¿Cómo la evaluación geotécnica del agregado de la cantera Ocshapampa y Acacluy, posibilitara la construcción de carreteras en la región de Pasco, 2023?, y se tuvo como hipótesis general de la investigación, que la evaluación geotécnica del agregado de la cantera Ocshapampa y Acacluy, cumplen con los parámetros de estándares de calidad requeridos por el MTC (2015), para la construcción de carreteras en la región de Pasco.

Se realizó trabajos de campo que consistieron en la identificación del área de las canteras, levantamiento de la información geológica y muestreo de los materiales. La investigación se complementó con los ensayos en laboratorio, las que sirvieron para realizar la comparación de los resultados con los parámetros que exige la normativa vigente del MTC, para su uso en carreteras.

Para un mejor entendimiento del presente estudio la tesis se encuentra dividido en 4 capítulos, siendo estos:

En el Capítulo I se presenta la identificación y determinación del problema, delimitación de la investigación, formulación del problema, asimismo los objetivos de la investigación, la justificación y limitaciones de la investigación.

En el Capítulo II se detalla el marco teórico, en el que se indica los antecedentes de diferentes investigaciones, las bases teóricas que describen las variables a analizar, la definición de términos, e hipótesis.

En el Capítulo III se describe la metodología y técnicas de investigación en el cual se presenta el tipo de investigación, el nivel de investigación, el método de investigación, el diseño de investigación, población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, las técnicas de procesamiento y análisis de datos y el análisis estadístico.

En el Capítulo IV se describe los resultados y discusión donde se incluye la prueba de hipótesis. Finalizando se presenta las conclusiones y recomendaciones del estudio, así como las referencias bibliográficas utilizadas en esta investigación.

## INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema .....	1
1.2.	Delimitación de la investigación .....	3
1.2.1.	Delimitación espacial.....	3
1.2.2.	Delimitación temporal .....	4
1.2.3.	Delimitación social.....	4
1.3.	Formulación del problema:.....	5
1.3.1.	Problema General .....	5
1.3.2.	Problemas específicos .....	5
1.4.	Formulación de objetivos: .....	5
1.4.1.	Objetivo general: .....	5
1.4.2.	Objetivos específicos .....	5
1.5.	Justificación de la investigación.....	6
1.5.1.	Justificación Practica .....	6
1.5.2.	Justificación Social.....	6
1.6.	Limitaciones de la investigación. ....	6

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de estudio.....	8
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	8
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	14
2.2. Bases teóricas – científicas .....	19
2.2.1. Estudio geotécnico .....	19
2.2.2. Cantera .....	20
2.2.3. Agregado.....	22
2.2.4. Afirmado de carreteras.....	23
2.2.5. Carretera.....	26
2.3. Definición de términos básicos .....	42
2.4. Formulación de Hipótesis .....	44
2.4.1. Hipótesis General.....	44
2.4.2. Hipótesis Específicas .....	44
2.5. Identificación de Variables .....	45
2.6. Definición operacional de variables e indicadores .....	45

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de investigación .....	48
3.2. Nivel de investigación.....	49
3.3. Métodos de investigación.....	49
3.4. Diseño de investigación .....	49
3.5. Población y muestra .....	50
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	51

3.6.1. Técnicas .....	51
3.6.2. Instrumentos.....	52
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	53
3.8. Tratamiento Estadístico.....	53
3.9. Orientación, ética filosófica y epistémica .....	53

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo. ....	55
4.1.1. Caracterización del área de Estudio.....	55
4.1.2. Clima.....	63
4.1.3. Geomorfología .....	64
4.1.4. Marco geológico regional .....	64
4.1.5. Peligros Geológicos .....	69
4.1.6. Geología Local.....	69
4.1.7. Sectorización del Área de Estudio .....	73
4.1.8. Análisis de Talud .....	76
4.1.9. Plan de explotación.....	79
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados. ....	89
4.2.1. Caracterización física y mecánica del agregado de la Cantera Ocshapampa.....	89
4.5.2. Caracterización física y mecánica del agregado de la Cantera Acacluy....	102
4.3. Prueba de Hipótesis.....	114
4.3.1. Hipótesis Especificas .....	114
4.3.2. Hipótesis general.....	116
4.4. Discusión de resultados.....	117

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Delimitación espacial de la cantera Ocshapampa y Acacluy .....	4
Tabla N° 2: Franjas granulométricas de afirmado .....	25
Tabla N° 3: Tamices de malla cuadrada .....	31
Tabla N° 4: Operacionalización de la variable independiente.....	46
Tabla N° 5: Operacionalización de la variable dependiente .....	47
Tabla N° 6: Coordenadas UTM de los vértices de la cantera Ocshapampa .....	56
Tabla N° 7: Coordenadas UTM de los vértices de la cantera Acacluy .....	56
Tabla N° 8: Ubicación política de la cantera Ocshapampa y Acacluy .....	57
Tabla N° 9: Vía de acceso cantera Ocshapampa.....	63
Tabla N° 10: Vía de acceso cantera Acacluy .....	63
Tabla N° 11: Perfil estratigráfico de la Cantera Ocshapampa .....	73
Tabla N° 12: Perfil estratigráfico de la Cantera Acacluy – Sub área 1 .....	74
Tabla N° 13: Perfil estratigráfico de la Cantera Acacluy – Sub área 2.....	75
Tabla N° 14: Perfil estratigráfico de la Cantera Acacluy – Sub área 3.....	76
Tabla N° 15: Resumen de análisis granulométrico por tamizado - Cantera Ocshapampa .....	90
Tabla N° 16: Limite liquido - Cantera Ocshapampa.....	92
Tabla N° 17: Limite Plástico - Cantera Ocshapampa .....	94
Tabla N° 18: Índice de Plasticidad - Cantera Ocshapampa .....	94
Tabla N° 19: Resumen de ensayo Proctor modificado - Cantera Ocshapampa.....	95
Tabla N° 20: Resumen de ensayo Proctor modificado - Cantera Ocshapampa.....	96
Tabla N° 21: Resumen de ensayo CBR - Cantera Ocshapampa.....	97
Tabla N° 22: Resumen de Expansión - Cantera Ocshapampa .....	98
Tabla N° 23: Resumen de Penetración en equipo CBR - Cantera Ocshapampa .....	98
Tabla N° 24: Resumen de porcentaje de resistencia CBR - Cantera Ocshapampa.....	101
Tabla N° 25: Ensayo de los Ángeles - Cantera Ocshapampa .....	101
Tabla N° 26: Resumen de porcentaje de desgaste - Cantera Ocshapampa.....	102
Tabla N° 27: Resumen de análisis granulométrico por tamizado - Cantera Acacluy..	103
Tabla N° 28: Limite liquido - Cantera Acacluy .....	105
Tabla N° 29: Limite Plástico - Cantera Acacluy.....	106
Tabla N° 30: Índice de Plasticidad – Cantera Acacluy .....	107
Tabla N° 31: Resumen de ensayo Proctor modificado - Cantera Acacluy .....	107

Tabla N° 32: Resumen de ensayo Proctor modificado - Cantera Acacluy .....	108
Tabla N° 33: Resumen de ensayo CBR - Cantera Acacluy .....	109
Tabla N° 34: Resumen de Expansión - Cantera Acacluy .....	110
Tabla N° 35: Resumen de Penetración en equipo CBR - Cantera Acacluy.....	110
Tabla N° 36: Resumen de porcentaje de resistencia CBR - Cantera Acacluy .....	113
Tabla N° 37: Ensayo de los Ángeles - Cantera Acacluy.....	113
Tabla N° 38: Resumen de porcentaje de desgaste - Cantera Acacluy .....	114
Tabla N° 39: Resultados del ensayo de Análisis granulométrico de la cantera Ocshapampa y Acacluy. ....	117
Tabla N° 40: Resultados del ensayo de límite líquido de la cantera Ocshapampa y Acacluy .....	118
Tabla N° 41: Resultados del ensayo de índice de plasticidad de de la cantera Ocshapampa y Acacluy .....	118
Tabla N° 42: Resultados de ensayo de capacidad de soporte CBR de la cantera Ocshapampa y Acacluy .....	119
Tabla N° 43: Resultados del ensayo de Abrasión – Los Ángeles de la cantera Ocshapampa y Acacluy .....	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Distribución de los lugares de muestreo en una pila de material.....	29
Figura N° 2: Plano de ubicación y accesibilidad de la cantera Ocshapampa y Acacluy .....	58
Figura N° 3: Plano topográfico de la cantera Ocshapampa .....	59
Figura N° 4: Plano topográfico de la cantera Acacluy.....	60
Figura N° 5: Plano satelital de la cantera Ocshapampa .....	61
Figura N° 6: Plano satelital de la cantera Acacluy.....	62
Figura N° 7: Plano Geológico Regional .....	68
Figura N° 8: Plano Geológico local – Cantera Ocshapampa .....	70
Figura N° 9: Plano Geológico local – Cantera Acacluy .....	72
Figura N° 10: Análisis de Talud - Cantera Ocshapampa.....	77
Figura N° 11: Análisis de Talud – Cantera Acacluy.....	78
Figura N° 12: Curva granulométrica - Cantera Ocshapampa .....	91
Figura N° 13: Diagrama de fluidez - Cantera Ocshapampa.....	93
Figura N° 14: Curva Próctor: Cantera Ocshapampa.....	96
Figura N° 15: Curva de penetración CBR de 56 golpes - Cantera Ocshapampa.....	99
Figura N° 16: Curva de penetración CBR de 25 golpes - Cantera Ocshapampa.....	99
Figura N° 17: Curva de penetración CBR de 12 golpes - Cantera Ocshapampa.....	100
Figura N° 18: Curva de densidad, CBR del afirmado - Cantera Ocshapampa .....	100
Figura N° 19: Curva granulométrica - Cantera Acacluy.....	104
Figura N° 20: Diagrama de fluidez - Cantera Acacluy .....	105
Figura N° 21: Curva Próctor: Cantera Acacluy .....	108
Figura N° 22: Curva de penetración CBR de 56 golpes - Cantera Acacluy .....	111
Figura N° 23: Curva de penetración CBR de 25 golpes - Cantera Acacluy .....	111
Figura N° 24: Curva de penetración CBR de 12 golpes - Cantera Acacluy .....	112
Figura N° 25: Curva de densidad, CBR del afirmado - Cantera Acacluy .....	112

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

En la mayoría de los casos, las canteras en México son explotadas por las mismas personas que viven allí, sin entender el diseño ni la operación, y el recurso no está siendo utilizado a su máximo potencial, con un proyecto de aprovechamiento, diseño de barreras y evaluación de equipos. García, (2015).

Las construcciones se realizan en la ciudad de Ambato (Ecuador) empleando materiales de varias canteras; no obstante, los maestros de obra que obtienen el material lo hacen sin saber su granulometría, propiedades físicas y mecánicas, lo que origina una gran inseguridad porque no pueden predecir si el material a emplear tendrá la resistencia esperada. Ortega, (2013)

En el centro poblado Hualango, distrito de cumba, provincia de Utcubamba departamento de Amazonas, no hay aprovechamiento de canteras a gran escala, debido a esto no existen registros de E.M.S. anteriores para las canteras existentes; debido a lo cual no se ejecutan proyectos viales continuamente, sin embargo, se realizan mantenimientos viales a nivel de

subrasante; debido a que se deterioran más en los meses de marzo a junio y crea obstáculos a la transitabilidad vehicular. Siempre que se llevan a cabo estas actividades, las propiedades físicas y mecánicas del material utilizado para el mantenimiento de las carreteras son inciertas a la hora de seleccionar los materiales de cantera. Lozada, (2018)

En la ciudad de Pucallpa, departamento de Ucayali, carecen de canteras para extraer material para afirmado de carreteras sin pavimentar de bajo volumen de tránsito. Por ello se utilizan material de cantera de río (hormigón zarandeado) para la construcción de carreteras de bajo volumen de tránsito a nivel de afirmado, estos materiales se combinan directamente durante la construcción, cortando la subrasante para conseguir el material fino necesario para la construcción de la carretera sin considerar las condiciones especificadas por la norma actual del MTC para la construcción de afirmado de carreteras de bajo volumen de tránsito. Estas rutas en sí mismas muestran un rápido deterioro de la superficie de la carretera, como grietas, bacheos y pérdida de finos, así como polvo con la circulación de vehículos. Las carreteras afirmadas con este material se descomponen rápidamente a causa del desprendimiento de las gravas porque no presentan material fino para cohesionar la capa de afirmado. Munive, (2022)

“En la ejecución de carreteras se carece de una evaluación geotécnica del material de las canteras, bien sea por el ahorro de costos en la evaluación de las características del material o por la desinformación de la población de que, al instante de colocar el material en superficie de rodadura, se tiende sin haber ejecutado una evaluación del material de dichas canteras”. Balboa, (2019)

En la región de Pasco la explotación de los materiales de construcción para obras de ingeniería, ha sido en gran parte una de las actividades más

realizadas a lo largo de su historia, siempre que se llevan a cabo estas actividades, en el caso de construcción de vías al momento de elegir el material de cantera, existe inseguridad en cuanto a sus propiedades físicas y mecánicas del tipo de material para carreteras, las mismas que determinan el comportamiento del material al nivel de afirmado en muchos proyectos de construcción de carreteras.

Los agregados de las canteras que no cumplen con los parámetros de estándar de calidad que indica el MTC, genera que las vías de transporte, muestren falta de resistencia, estabilidad y durabilidad, el cual afecta a los usuarios, quienes ven los efectos de los daños en la vía en un aumento del costo de operación de un vehículo, restringen o interrumpen la transitabilidad y amenazan seriamente la inversión realizada en la infraestructura vial.

El resultado de la evaluación geotécnica de los agregados que cumplen con los parámetros de estándar de calidad del MTC nos ayudara al mejoramiento de las vías de transporte, para garantizar que esto no cause problemas durante la construcción y el uso posterior de estas vías.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

### **1.2.1. Delimitación espacial.**

La delimitación espacial de la presente investigación se describe la tabla

**Tabla 1**

*Delimitación espacial de la cantera Ocshapampa y Acacluy*

<b>Delimitación espacial de la cantera Ocshapampa y Acacluy</b>		
	<b>Ocshapampa</b>	<b>Acacluy</b>
<b>Departamento</b>	Pasco	Pasco
<b>Provincia</b>	Pasco	Pasco
<b>Distrito</b>	Ninacaca	Ninacaca
<b>Caserío</b>	Ocshapampa	Acacluy
<b>Descripción</b>	Altura del km. 99 auto pista Cerro de Pasco - La Oroya	Altura de km 5.3 auto pista Ninacaca - Huachón
<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	25242	16424

Fuente: Elaboración propia

**1.2.2. Delimitación temporal**

La delimitación temporal para el presente estudio comprendió el periodo de noviembre del 2022 hasta diciembre del 2023.

**1.2.3. Delimitación social.**

Actualmente la cantera Ocshapampa a sido poco evaluada y la cantera Acacluy no presenta antecedentes de ser evaluada, como agregado para la construcción de carreteras.

A partir de los resultados obtenidos, la delimitación social de la presente investigación, será de mucha ayuda a las instituciones públicas y privadas ya que conocerán a ciencia cierta si los agregados de la cantera Ocshapampa y Acacluy están dentro los parámetros de estándares de calidad que exige el MTC para materiales de afirmado. Asimismo, este estudio beneficiara al desarrollo socio económico de los pobladores de la región de Pasco, ya que le facilitara una mejor transitabilidad, aumento en el flujo comercial y mayor seguridad en el transporte.

### **1.3. Formulación del problema:**

#### **1.3.1. Problema General**

¿Cómo la evaluación geotécnica del agregado de la cantera Ocshapampa y Acacluy, posibilitara la construcción de carreteras en la región de Pasco, 2023?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿Cuáles son las propiedades físicas del agregado de la cantera Ocshapampa y Acacluy, para la construcción de carreteras en la región de Pasco, 2023?
- ¿Cuáles son las propiedades mecánicas del agregado de la cantera Ocshapampa y Acacluy, para la construcción de carreteras en la región de Pasco, 2023?

### **1.4. Formulación de objetivos:**

#### **1.4.1. Objetivo general:**

Realizar la evaluación geotécnica del agregado de la cantera Ocshapampa y Acacluy, para la construcción de carreteras en la región de Pasco

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades físicas del agregado de la cantera Ocshapampa y Acacluy, para la construcción de carreteras en la región Pasco.
- Determinar las propiedades mecánicas del agregado de la cantera Ocshapampa y Acacluy, para la construcción de carreteras en la región Pasco.

## **1.5. Justificación de la investigación.**

### **1.5.1. Justificación Practica**

La presente investigación en la práctica se justifica, porque se requiere efectuar la evaluación geotécnica del agregado de la cantera Ocshapampa y Acacluy, para poder verificar las propiedades físicas y mecánicas del material, y de esta manera definir si el material de las canteras Ocshapampa y Acacluy es adecuado para el empleo en carreteras, y a través de esta investigación solucionar el problema que hay en las carreteras, debido a una mala evaluación geotécnica del agregado de cantera.

### **1.5.2. Justificación Social.**

La presente investigación tiene una justificación social, debido a que será de mucha ayuda para el mejoramiento de carreteras en la región de Pasco, y de esta manera beneficiará al desarrollo socio económico de los pobladores, además facilitará la transitabilidad vehicular motorizada, aumento de flujo comercial y mayor seguridad en el transporte.

Asimismo, esta investigación será de gran apoyo a instituciones del sector público y privado, ya que conocerán si los agregados de la cantera Ocshapampa y Acacluy son de buena calidad según la norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y pueden ser aprovechados como material de afirmado para carreteras.

## **1.6. Limitaciones de la investigación.**

La investigación está limitada a la falta de la condición ambiental de temperatura del laboratorio, el aseguramiento de la base de los moldes de compactación sobre un cimiento rígido de 91 kg., el proceso de preparación y registro de masas del ensayo de análisis granulométrico en diferentes ambientes,

todo ello debido a que el laboratorio no cuenta con estas exigencias que indica el manual de ensayos de materiales del MTC.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

Gutierrez (2019) en su trabajo *“Evaluación Geotécnica de Materiales Locales de la Región del Vichada para Uso en Carreteras de su Malla Vial Secundaria y Terciaria”* tiene por objetivo “identificar y caracterizar, en un tramo de estudio, los materiales de rasante y materiales provenientes de canteras predominantes en la zona de influencia, con el fin de que puedan ser utilizados en forma natural o como material estabilizado aplicable a la estructura de pavimento para vías de la malla vial secundaria y terciarias”, “mediante la metodología de la descripción y análisis de los resultados de varios ensayos experimentales de laboratorio, el estudio en un área de investigación particular, crear una metodología de observación experimental y descriptiva. Sosteniendo como objeto; mostrar en un laboratorio cómo se comportan los materiales pétreos de la región ante distintas pruebas que indicarán cómo se comportan ante las condiciones climáticas adversas de la región”. “Con la finalidad de encontrar una

mezcla que ajuste las propiedades mecánicas del material, y con ayuda del porcentaje de índice de plasticidad y del tanto por ciento que pasa la malla N°. 200, se establece como mejoradores para el proyecto actual a la cal hidratada y al cemento portland; esta elección está respaldada por recomendaciones para los estabilizadores adecuados basados en la determinación fundamental del suelo (Mallela, 2004). También deben verse como materiales de edificación con los que es fácil trabajar durante la construcción, son asequibles, accesibles, regularmente estables en ambientes intemperismo después del curado y ambientalmente amigables”.

“Estos " agentes cementantes " y/o "activadores" revelan una fórmula que permite perfeccionar la mecánica del material, planteando combinaciones con porcentajes de dosificación del 3%, 4% y 5% para la combinación de suelos + cal (Conforme la norma ASTM D-6276-03) y de 3%, 5% y 7% para la combinación de suelos + cemento (de acuerdo con el Artículo 350-13 del INVIAS). Después de 3, 7 y 14 días, se evaluaron las cualidades del suelo de estas mezclas”.

“Para los suelos examinados, se estimó el comportamiento frente a su potencial de hidrogeno – pH, disminución de humedad, límites de atterberg, absorción y succión del suelo, resistencia a la compresión uniaxial y velocidades de onda. Este proceso de evaluación accedió crear la combinación de cal (4%) y cemento (3,6) como concentraciones ideales de trabajo, a partir del cual se anticipó determinar y evaluar posteriormente el rendimiento de un material utilizando pruebas de carga cíclica”.

“Finalmente, con base en los resultados, podemos decir que las resistencias de las mezclas de cemento en respuesta a las cargas monotónicas y cíclicas señalan un comportamiento mejorado. Aunque es de vital importancia

destacar las disminuciones en el índice de plasticidad, el incremento en el pH del suelo y las ventajas a las propiedades hidrofóbicas que las mezclas con cal demostraron en este experimento”. “Como conclusión, se encontró que la cal y el cemento ayudan a que el suelo en estado natural tenga mejores cualidades mecánicas”.

Guillen (2020), en su tesis titulada “*Caracterización Geológica y Geotécnica de los materiales en la cantera de no metálicos AGRE S.A, Canton Portoviejo, Provincia de Manabi*” el cual sostuvo por objetivo “definir la geología y analizar los componentes geotécnicos de los materiales dentro de la concesión minera AGRE S.A”. La metodología empleada por el tesista fue la realización de “levantamientos geológicos y geotécnicos, concretamente en los taludes y cortes expuestos por la misma explotación que se ha venido produciendo en el área minera durante muchos años”, para ello se realizó la toma de muestras de 10 calicatas para poder ver el comportamiento de los materiales de cantera, con lo cual el autor obtuvo los siguientes resultados; “el estudio geológica nos mostró afloramientos desde el periodo Cretácico hasta el periodo cuaternario. Como basamento hallamos a la formación Piñón, sobreyaciendo y en concordancia hallamos a la formación Cayo. El contacto entre la formación Piñón y Dos Bocas se ubica en la estación E5 en un contacto lateral entre las dos formaciones. Las formaciones Piñón y Cayo cubren prácticamente toda la zona de cantera en la región de investigación. Se observo que a la formación Piñón y Cayo están cubiertas por depósitos del cuaternarios”. “En las estaciones (E1), (E2), (E4) y (E7) las rocas están muy fracturadas y meteorizadas lo que indica que no son muy competentes, pero pueden ser usarse para otro tipo de agregados de mayor calidad, estas rocas pertenecen a la formación Piñón, los resultados

obtenidos de los depósitos cuaternarios se distinguen por la presencia de limos inorgánicos altamente compresibles y arcillas orgánicas, tiene una plasticidad media y elevados contenidos de contaminación (polvillo) y un comportamiento tipo barro cuando se exponen y saturan con agua, también tiene niveles regulares de compactación y la mayor parte está a la intemperie por lo que no tiene las mejores cualidades para el procesamiento de agregados”.

“Las estaciones (E3) y (E8) pertenecientes a la formación Cayo se distinguen por la presencia de limos inorgánicos altamente compresibles y arcillas orgánicas, las mismas que tienen una plasticidad media y elevados índices de contaminación. La roca podría utilizarse como relleno conforme a sus débiles propiedades geotécnica y su sedimento despreciado”. “Asimismo se estableció la muestra de suelo en las estaciones (E5) y (E6), el cual es suelo granular y el sedimento es de plasticidad alta, caracterizada por arcillas inorgánicas y limos orgánicos, también tiene una consistencia de suelo cohesivo de características geotécnicas de tamaño medio correspondientes a la formación Dos Bocas”. “En las estaciones (E9) y (E10) produce el deseable material geotécnico con atributos que van de buenos a muy buenos, procedente de la formación Piñón; es una roca compacta, dura y resiste bien al fracturamiento, utilizando los resultados del ensayo de compresión axial de la prensa hidráulica que midió 134,18 MPA, se calculó que la resistencia de la roca fue de 1300,30 Kg-cm<sup>2</sup>, utilizando la tabla de valorizaciones de resistencia de rocas, la muestra se clasifica como una roca muy dura y muy competente”.

“El investigador concluye señalando que, la región minera presenta una amplia gama de características de roca y suelo de buena a mala calidad, con la mejor calidad predominante en los afloramientos de roca y las peores cualidades

predominantes en el suelo, con excepción del contacto con la formación Dos Bocas, que presenta mejores características geotécnicas para el procesamiento”.

Toapanta (2017) en su tesis titulada: *“Diseño de explotación de la cantera “La Yunguilla”, ubicada en la parroquia Urbina, Cantón Santiago de Pillaro, provincia de Tungurahua”*, el cual sostuvo por objetivo, “Realizar el diseño de explotación de la Cantera “La Yunguilla” ubicada en la Parroquia Urbina, cantón Santiago de Píllaro, Provincia de Tungurahua”. “La metodología empleada por el tesista fue de carácter descriptivo, prospectivo de tipo de estudio transversal, el cual consistió en la recopilación de información, ejecución de trabajos de campo, ensayos de laboratorio e interpretación de resultados. Para lo cual su universo comprendió los depósitos de los materiales pétreos y la muestra es el depósito de la cantera “La Yunguilla””. Con lo cual el investigador obtuvo las siguientes conclusiones: “Las pruebas de laboratorio realizadas por el Departamento de Ensayos de Materiales y Modelos para caracterizar los materiales de la cantera, se constató que existen rocas de alta calidad que puede ser utilizado en la construcción, para la producción de morteros y concreto de alta resistencia; y se puede utilizar las rocas de menor calidad como material para el lastrado de vías cercanas al proyecto”, además de ello “determinó el volumen rocoso total que es de 475 834 m<sup>3</sup> y una vida útil de 2,88 años”.

Carbajal, Rincón y Zarate (2018), en su tesis titulada *“Mejoramiento del material de afirmado de la cantera la esmeralda mediante la inclusión de ceniza de cascarilla de arroz y material reciclado de escombros”*, el objetivo general fue “Mejorar el material de afirmado de la cantera la Esmeralda ubicada en el kilómetro 7 vía el Totumo en el municipio de Ibagué departamento del Tolima, mediante la adición de ceniza de cascarilla de arroz y material reciclado de

escombro.”. Además, la investigación fue de “metodología experimental, con base en la norma INV E-2013”. Los resultados fueron: “El afirmado de la cantera Esmeralda de acuerdo a SUCS se clasifica como arena mal gradada con grava (SW-SP), con gradación A, con límite líquido de 27,98 %, no presenta índice de plasticidad, el porcentaje por desgaste a la abrasión es de 13 %, asimismo la resistencia C.B.R. es igual a 11,45% el cual no cumple con el requisito técnico”. “Por tal resultado el tesista combinó el afirmado con un porcentaje del 5% de ceniza de cascarilla de arroz, mejorando la resistencia natural de 11,45% a una resistencia CBR de 55,16% concluyendo que la cascarilla de arroz mejora las propiedades físico-mecánicas del material. Además de ello se combinó el afirmado con material reciclado de escombros como aditivo en un 20% brindando un mejoramiento en la resistencia CBR del material pasando de un 11,45% a una resistencia del 119,91% concluyendo también que el material reciclado de escombros mejora la resistencia de afirmado de la cantera Esmeralda”.

Cartuche (2019), en su tesis titulada: “*Evaluación de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de áridos del cantón Loja*”, el cual sostuvo por objetivo “Evaluar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los áridos empleados en la construcción dentro del cantón Loja”. Además, la investigación de las propiedades de los áridos se “basó a los requerimientos de las normas técnicas nacionales e internacionales ASTM C33, NTE INEN 872, EHE, NCh 163, Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador M.T.O.P., NTE INEN 2536 Y NTE INEN 2149 para Hormigón, obras viales, morteros para mampostería y medios filtrantes para el tratamiento del agua, el cual consistió en la recopilación de bibliografía, compilación de información de registros legales del Área de Regulación y Control Minero, entrevistas a contratistas de obras,

muestreo y análisis de laboratorio y análisis de resultados”. “En función a los resultados alcanzados de los ensayos de laboratorio el tesista concluye que el árido grueso de la concesión minera Malca 3 cumple con los requisitos de calidad especificadas en la norma ASTM C33, INEN 872, EHE y NCh 163 como un material de construcción competente para fabricar mezclas de hormigón. Para materiales de construcción de capas base Clase 4, el árido fino y grueso de las concesiones mineras Junior – La Flaca, El Huato y Malca 3, se encuentra dentro de los requerimientos de las especificaciones de M.T.O.P. y como material de soporte para medios filtrantes puede emplearse el árido grueso de las tres concesiones mineras investigadas, puesto que el material está dentro de los requisitos de las normas antes indicadas”.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Ticlla (2021), en su tesis titulada “*Evaluación de las características geotécnicas del suelo de las principales canteras para afirmado de carreteras del distrito de Chota*”, el cual sostuvo por objetivo “evaluar las características geotécnicas del suelo de las principales canteras para afirmado de carreteras del distrito de Chota, con la finalidad de verificar si el material de estos bancos, cumple con las especificaciones técnicas”. Esta investigación fue de “tipo descriptivo simple, con una población muestral de cinco yacimientos pétreos, con una técnica deductiva indirecta, que condujo a los procedimientos posteriores: Se llevo a cabo el levantamiento topográfico y pruebas de laboratorio para establecer una cantera apropiada para afirmado; se ejecutó la mezcla teórica por el procedimiento analítico para el diseño de subbase; se hizo la prueba de una mezcla de suelo de la cantera Pingobamba Bajo y Pingobamba El Toril para el diseño de base granular; y se diseñaron los espesores del pavimento rígido de la

Av. Evitamiento de acuerdo al procedimiento del MTC”. “Teniendo como resultado que las canteras, La Torre, La Chuica, Rejopampa Alto 1 y Rejopampa Alto 2 se agrupan en el grupo A-2, satisfacen la gradación para afirmado, sin embargo, tienen altos índices de plasticidad y límites líquidos, al contrario, la cantera Pingobamba Bajo se agrupa en el grupo A-1 y su límite de liquides es 22 % e índice de plasticidad 4% cumple con los requisitos técnicos”. “En investigador concluye, que los resultados de la investigación indican que las canteras principales del distrito de Chota son aptas para su uso como afirmado en carreteras y que la cantera Pingobamba Bajo proporciona el mejor material porque cumple con los estándares para una subbase y tiene un CBR equivalente a 53,50 %”.

Munive (2022), en su tesis profesional *“Evaluación del material de la cantera Zanja seca como afirmado para carreteras de bajo volumen de tránsito Pucallpa 2021”* el cual tuvo como objetivo general “evaluar el material de la cantera Zanja Seca como afirmado para carreteras de bajo volumen de tránsito”. “El autor aplico la técnica de investigación científica, con tipo de investigación aplicada, con un nivel de investigación descriptivo, con un diseño de investigación cuasi experimental, la población fue censal por ser simultáneamente universo, población y muestra, de allí que la población y muestra estuvo constituida por la cantera Zanja Seca”. Se alcanzo los siguientes resultados: “La cantera Zanja de acuerdo a SUCS se clasifica como grava pobremente gradada (GP), y según AASHTO es un tipo de suelo A-1 (0), con una humedad de 3,5 %, el agregado grueso tiene buena resistencia a la abrasión con desgaste de 27,96 %, no presenta LP ni IP, la MDS es 2,184 g/cm<sup>3</sup> y el óptimo contenido de humedad es de 4,9 %, presenta un CBR al 100 % de la MDS de 70,1 %, el análisis físico

químico obtenido para el contenido de sulfatos es 7,18 ppm, cloruros 30 ppm, sales solubles 0,106 ppm y Ph 7,10 ppm”. “Además se obtuvo el resultado de la combinación de dos canteras, la que tuvo la siguiente proporción: 85% Hormigón (Cantera Zanja Seca) + 15 % tierra roja – Finos o arcilla (Cantera Curamba), la cual se clasifica de acuerdo a SUCS como grava pobremente gradada con limo (GP-GM) y suelo A – 1 – a (0), según AASHTO, con un contenido de agua de 6,1 %, además tiene una resistencia a la abrasión de 28,68 %, presenta un LL de 28,03 %, LP de 21,28 % y IP de 6,75 %, la MDS es 2,148 g/cm<sup>3</sup> y el óptimo contenido de humedad es de 6,6 %, presenta un CBR al 100 % de la MDS de 60,3 %, el análisis físico químico obtenido para el contenido de sulfatos es 7,14 ppm, cloruros 30 ppm, sales solubles 0,105 ppm y Ph 7,10 ppm”. “La conclusión fundamental es que el material de suelo extraído de la cantera Zanja Seca no satisface con las especificaciones de la normativa vigente del MTC. Por tal resultado se llevó a la decisión de combinar dos canteras para producir un diseño de afirmado contundente. Este presenta la siguiente proporción: 85 % Hormigón (Cantera Zanja Seca) + 15 % tierra roja – Finos o arcilla (Cantera Curamba), y satisface con los criterios descritos en la normativa vigente del MTC para carreteras de bajo volumen de tránsito”.

Lozada (2018), en su trabajo de investigación *“Estudio de las características físicas y mecánicas de las canteras Hualango como material de afirmado en carreteras – provincia de Utcubamba”* planteo como objetivo general “realizar un estudio de las características físicas y mecánicas de las canteras Hualango como material de afirmado en carreteras – Provincia de Utcubamba.”, además “la metodología de investigación fue tipo de exploratoria - descriptiva, el diseño de investigación fue cuasi experimental, su población fue

las canteras del centro poblado de Hualango y la muestra fue los agregados de la cantera”. Los resultados fueron: “La cantera La Loma de acuerdo a SUCS se clasifica como grava arcillosa con arena (GC), y para AASHTO es un tipo de suelo A-2-4, con gravas de diferentes tamaños y abundante presencia de finos con índice de plasticidad de 8,27 % y el porcentaje por desgaste a la abrasión es de 68,6 %, también muestra 0,10 % de sales el cual es bajo, asimismo el C.B.R. al 100 % para 0,1” es igual a 46,0 %. Por tanto, el material que tiene la cantera carece de características de material apto para su uso en carreteras, de igual forma “La cantera Las Paguillas es de tipo grava arcillosa con arena (GC), con mínima cantidad de partículas intermedias y abundante presencia de finos según la clasificación SUCS, y según la clasificación AASHTO es un tipo de suelo A-2-4, con índice de plasticidad de 7,82 %. El porcentaje por desgaste a la abrasión es 54,3 %, de igual modo muestra 0,20% de contenido de sales el cual es bajo. Además, un C.B.R. al 100 % para 0.1” es igual a 47,4 %. Por tanto, el material que presenta la cantera carece de características de material apto para su uso en carreteras”. Así mismo “La cantera Limones (cantera de río), presenta alto contenido de agregado grueso, no presenta índice de plasticidad, de acuerdo a la clasificación SUCS es un tipo de suelo GW (grava bien graduada) y conforme la clasificación AASHTO es un tipo de suelo A-1-a, el porcentaje por desgaste a la abrasión es 17,20 %”, “además para mejorar la calidad de agregado se mezcló la cantera La Loma (45 %) con la cantera Limones (55 %), y se consiguió de acuerdo a la clasificación SUCS, un suelo de Grava bien graduada con arcilla y arena (GW-GC), y conforme la clasificación AASHTO es un suelo de buena graduación (A-1-a), con un índice de plasticidad de 6,11%, el porcentaje por desgaste a la abrasión es 30,1 %, con una máxima densidad seca de 2,237 g/cm<sup>3</sup>, optimo

contenido de humedad 5,91 % y una destacada resistencia con un C.B.R al 100% para 0,1 es igual a 78,7 %”. “De la misma manera se mezcló la cantera Las Paguillas (55 %) con la cantera Limones (45%), y se consiguió de acuerdo a la clasificación SUCS, es un suelo de Grava bien graduada con arcilla y arena (GW-GC), y conforme la clasificación AASHTO es un suelo de buena graduación (A-2-4), con un índice de plasticidad de 6,93 %, el porcentaje por desgaste a la abrasión es 33,2 %, con una máxima densidad seca de 2,210 g/cm<sup>3</sup> , optimo contenido de humedad es igual a 7,91 % y una destacada resistencia con un C.B.R al 100 % para 0,1” es igual a 73,5 %”. “Por lo tanto, el tesista concluye que el material combinado, se encuentra dentro de los parámetros de resistencia del suelo, por lo que se recomienda su uso como material de afirmado en carreteras”.

Balboa (2019) En su tesis titulada “*Estudio del material afirmado para el terraplén de carreteras Chasquitambo*”, tuvo como objetivo general “evaluar el empleo del material afirmado para el mejoramiento del terraplén de la carretera Cerro Blanco – Chasquitambo”, en el cual utilizo un “tipo de investigación fundamental o pura, el nivel de investigación fue explicativo descriptivo y explicativo, el método de investigación que utilizo fue científico, el diseño de investigación fue pre experimental, para lo cual se hizo trabajos geotécnicos de campo en las cantera Huaricanga (7 calicatas) y Chiquiahuanca (6 calicatas), además su población fue la cantera Huaricanga y Chiquiahuanca y la muestras se tomaron a través de calicatas, desde dos puntos aleatorios de cada cantera, se tomó una muestra de 150 kg por cantera para todas las pruebas”, con lo cual se obtuvo los siguientes resultados: “la cantera Huaricanga y la cantera Chiquiahuanca tienen índice de plasticidad de 8.3, con un contenido de agua de 2,2 %, su clasificación de acuerdo a SUCS es de un tipo de suelo GC y conforme la

clasificación AASHTO presenta un tipo de suelo A2 - 4 y el porcentaje por desgaste a la abrasión es 11 % , la máxima densidad seca 2,189 g/cm<sup>3</sup>, la humedad optima 7,2 %, un CBR al 100 % de la MDS de 69 %, CBR al 95 % de la MDS de 53 %, y equivalente de arena 30,5 %”. De los ensayos efectuados en el laboratorio el autor concluyo que “Las canteras Huaricanga y Chiquiahuanca, pueden ser empleados como material de afirmado”, porque “Los resultados de las propiedades físico mecánicas alcanzadas en el laboratorio, están dentro de los parámetros indicados para un material de afirmado, con respecto a las Especificaciones Técnicas Generales de construcción de carreteras EG – 2013, Ministerio de Transportes”.

## **2.2. Bases teóricas – científicas**

### **2.2.1. Estudio geotécnico**

Ministerio de Fomento (2019, pág. 11) manifiesta lo siguiente: “El estudio geotécnico es un conjunto de datos que cuantifica las características del terreno en relación con el tipo de edificación que se pretende construir y el entorno en el que se ubicará, que es imprescindible para avanzar en el análisis y dimensionamiento de las cimentaciones para este u otros proyectos. Se utilizará una serie de procedimientos denominados colectivamente como reconocimiento del terreno para establecer las características del terreno de apoyo, y los resultados se reflejarán en la investigación geotécnica.

Hoyos (2012, pág. 104) menciona que la geotecnia “es el uso de principios de ingeniería y metodologías científicas para la creación, análisis y utilización de conocimientos sobre los componentes y procesos que suceden en la corteza terrestre para solucionar los problemas de ingeniería. Para su extensión se

necesita el uso de varias ramas de la geología, tales como mecánica de suelos, mecánica de rocas, geofísica, hidrología, hidrogeología y ciencias afines”.

### **2.2.2. Cantera**

Cruz (2018, pág. 28-29) afirma que la “Cantera se conoce como el área en el que se extraen agregados para usarla en la industria de la construcción de obras civiles, estructuras, caminos, presas y embalsamamiento, etc. Se pueden utilizar diferentes técnicas de extracción, que van desde la extracción con dragas a lo largo de las riberas de los ríos hasta el uso de explosivos en laderas de montañas y cámaras de explosión, según el tipo y la procedencia de los materiales. Previo a su explotación se deben efectuar sondeos, pozos y análisis para conocer mejor las características y configuraciones de los yacimientos y bancos para asegurar su mejor extracción. En la cantera se puede hallar roca estratificada o roca blanda (caliza, arenisca) que emite polvo fino. En su totalidad las canteras tienen una vida útil, y una vez que ha llegado al final de su vida, dejar de utilizarlo suele tener importantes consecuencias ambientales, especialmente cuando se destruye el paisaje. Se puede utilizar una variedad de canteras o mezclas relacionadas, según los siguientes requisitos:”

- “Es importante considerar la disponibilidad del material en términos de su potencia o proporción de agregado necesario, además de su cantidad”.
- “Calidad de la misma, que debe ser confirmada mediante las pruebas de laboratorio necesarias para aceptar o rechazar un agregado y que puede evaluarse de manera aproximada en el sitio”.
- “Proximidad de los proyectos a la cantera y acceso a la misma que influyen en el valor del proyecto y se elige una cantera entre varias que tienen agregados similares”.

- “Todos estos factores necesitan no solo del reconocimiento visual y visitas al sitio, sino también del estudio de la "calidad" de los agregados, que tiene en cuenta los resultados de las pruebas realizadas a los mismos sujetos en el laboratorio para determinar las propiedades y características, muchos de los cuales deben mantenerse en relación unos con otros”.

MTC (2018, pág. 6) sostiene que la cantera es “Depósito de recursos naturales que se puede utilizar para la construcción, el mantenimiento, la reparación o la mejora de carreteras”.

### **Clasificación de Canteras**

Cruz (2018, pág. 29-30) indica que “las canteras se clasifican en función al tipo de explotación, el agregado que se quiera explotar y su origen”.

#### **Según el tipo de explotación**

- “Canteras a Cielo Abierto: En las pendientes de una montaña, cuando la roca se arranca en el pie de monte de una montaña”.
- “En corte: cuando la roca se extrae de cierta profundidad en el terreno”.
- “Canteras Subterráneas.”

#### **Según el material a explotar**

- “De agregados consolidados o roca.”
- “De agregados no consolidados como suelos, saprolito, agregados, terrazas aluviales y arcillas.”

#### **Según su origen**

“Canteras aluviales: El movimiento continuo del agua desgasta los materiales más débiles, dejando solo los más fuertes con geometrías distintivas como sus aristas curvas, por lo que los materiales granulares que se localizan en

las canteras de los ríos pueden utilizarse en proyectos de ingeniería civil. Para extraer estos materiales de los ríos se utilizan palas mecánicas y cargadores de las riberas y cauces de los ríos”.

“Canteras de roca o peña: Situadas en terrenos rocosos y montañosos, generalmente estos materiales son de resistencia baja que las rocas de los ríos debido a que no pasan por un proceso de clasificación, además la historia geológica de la región se refleja en sus propiedades físicas, que le admiten elaborar agregados aptos para la aplicación industrial; estas canteras se explotan haciendo cortes o excavaciones en los depósitos.”

### **2.2.3. Agregado**

Ferreira y Torres (2014, pág. 9) en su trabajo de investigación indica que el agregado es “cualquier mezcla, de arena, grava o roca triturada ya sea procesada o sin procesar. Son minerales ordinarios, producto de las fuerzas geológicas erosivos del viento y el agua. Se encuentran con frecuencia en ríos y valles donde los vierten los cursos de agua”.

MTC (2018, pág. 3) define al agregado como el “un producto granulado a base de minerales que se emplea para combinar materiales de diferentes tamaños como; arena, grava, escoria o roca triturada”.

Montejo (2002, pág. 39), considera que el “agregado natural de partículas minerales, con o sin componentes orgánicos, que pueden dividirse mediante mecánicas convencionales, tales como la agitación en el agua. De hecho, no existe una distinción tan simple entre roca y suelo, ya que las rocas duras pueden debilitarse cuando se exponen a la meteorización, mientras que algunos suelos muy duros son comparables en resistencia a la roca meteorizada”.

Maciel y Hurtado (2012, pág. 4), sustenta que “los agregados de construcción son componentes descompuestos natural o artificial de diferentes rocas, y tienen diferentes tamaños, desde partículas apenas perceptibles hasta bloques de roca. Se pueden encontrar en forma de polvo fino, arenas y gravas. Actúan como refuerzo para aumentar la resistencia de todo el compuesto”.

Maciel y Hurtado (2012, pág. 4), clasifica a los agregados por su procedencia y tamaño.

✓ **Por su procedencia:**

“**Agregados naturales:** Provenientes por la degradación de las rocas causada por diversos factores”.

“**Agregados artificiales:** Derivan de un proceso de modificación de los agregados naturales”.

✓ **Por su tamaño:**

“**Agregados finos:** Son arenas naturales con tamaños máximos de grano de 10 mm”.

“**Agregados gruesos:** Su tamaño de partícula es de hasta 152 mm. formado por rocas duras y densas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava”.

#### **2.2.4. Afirmado de carreteras**

MTC (2014, pág. 21) menciona que “el afirmado incluye una capa compactada que soporta directamente los pesos y esfuerzos de transporte, y este hecho de material granular natural o procesado, con una granulometría determinada. Para mantener la aglutinación de las partículas, necesita poseer la proporción adecuada de material fino cohesivo. Cumple la función de superficie de rodadura en carreteras y caminos sin pavimentar”.

Asimismo, MTC (2015, pág. 113) indica que los afirmados son “trabajos que consisten en la construcción de una o más capas de afirmado (material granular elegido) como superficie de rodadura de una vía, que puedan ser adquiridos de forma nativa o procesados, apropiadamente autorizados, con o sin la inclusión de estabilizadores de suelos, que se extienden sobre una superficie dispuesta. Los materiales provienen de canteras u otras fuentes. Comprende el suministro, transporte, colocación y compactación del material de acuerdo con los alineamientos, pendientes y dimensiones especificadas en el proyecto y establecidas por el supervisor, tomando en consideración los lineamientos del plan de manejo ambiental.”. “En general, los caminos no pavimentados utilizarán el enunciado que es particular a esta sección como superficie de rodadura.”

“Independientemente de que se utilicen estabilizadores o no, para la construcción de afirmados se emplearán materiales elaborados a partir de gránulos naturales derivados de excavaciones, canteras, o escorias metálicas, el cual es determinada por el expediente técnico y el supervisor los aprobará, también podrían resultar del procesamiento de rocas, gravas, o podrían ser un compuesto de materiales producto de varias procedencias.”

“Las partes constituyentes de los agregados no deberán contener una cantidad excesiva de partes lisas, blandas o desintegrarles, y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otros materiales peligrosos, y deberán ser durables, fuertes y de larga duración. Sus requisitos de limpieza estarán determinados por el uso previsto para el material. El material debe ser humedecido y cubierto con lona para su transporte al sitio de trabajo para evitar la emisión de partículas finas que puedan dañar a los trabajadores y las comunidades cercanas.”

“Los estándares de calidad que deben cumplir los agregados, deben de ajustarse a una de las siguientes franjas de granularidad, conforme lo indicado en la Tabla 1.”

**Tabla 2**

*Franjas granulométricas de afirmado*

<b>Franjas Granulométricas de Afirmado</b>						
<b>TAMIZ</b>	<b>A-1</b>	<b>A - 2</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
<b>50 mm (2")</b>	100	----				
<b>37,5 mm (1½")</b>	100	---				
<b>25 mm (1")</b>	90 - 100	100	100	100	100	100
<b>19 mm (¾")</b>	65- 100	80 - 100				
<b>9,5 mm (3/8 ")</b>	45 - 80	65 - 100	50 - 85	60 - 100		
<b>4,75 mm (N.º 4)</b>	30 - 65	50 - 85	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 -100
<b>2,0 mm (N.º 10)</b>	22 - 52	33 - 67	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 -100
<b>425 µm (N.º 40)</b>	15 - 35	20 - 45	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 – 70
<b>75 µm (N.º 200)</b>	5 - 20	5 - 20	5 - 15	5 - 20	6 - 20	8 - 25

Fuente: AASHTO M-147

“Además, deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:”

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

(1) Referido al 100 % de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0,1” (2,5 mm)

### 2.2.5. Carretera

Atarama (2015, pág. 3) manifiesta que “la carretera o ruta es una vía pública pavimentado diseñada para el uso de vehículos. Debe poder soportar los pesos que se le aplican para que sea duradero en el tiempo. Además, para disminuir los efectos del clima sobre ellos, también cuentan con estructuras extras como cunetas, pendiente de bombeo, etc. Toda carretera debe construirse pensando en la seguridad del conductor, y como resultado, sus geometrías deben tomar todas las medidas posibles para evitar curvas abruptas y estar sujetas a pendientes severamente inclinadas”.

MTC (2018, pág. 7) indica que la carretera es un “camino con al menos dos ejes para la circulación de vehículos motorizados, y las características geométricas que incluyen pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de la carretera y otras partes de la misma, deben tener en cuenta los criterios técnicos vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.”

#### **Clasificación de las carreteras**

MTC (2018, pág. 12 al 14) menciona que “las carreteras se clasifican por su demanda y orografía”.

#### **Clasificación por Demanda**

- **“Autopistas de Primera Clase:** Estas vías deben tener un IMDA (Índice Medio Diario Anual) de al menos 6000 vehículos por día, deben estar compartidas en calzadas con una separación central mínima de 6 metros, cada una de las calzadas debe tener dos o más carriles de 3,6 metros y poseer un control de acceso total que permita el flujo ininterrumpido de vehículos o

pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas. Las superficies de rodadura de estas carreteras deben estar pavimentadas.”

- **“Autopistas de Segunda Clase:** Estas vías deben tener un IMDA de entre 6000 y 4001 vehículos por día; deben estar compartidas en calzadas por un separador central que puede variar de 6 metros a 1 metro; en cuyo caso se establecerá un sistema de contención vehicular, cada una de las calzadas deben poseer dos o más carriles de por lo menos 3,6 metros de ancho; deberán contar con control de acceso parcial que permita el flujo vehicular continuo; deben tener cruces o pasos vehiculares a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.”
- **“Carreteras de Primera Clase:** Estas vías deben tener un IMDA de entre 4000 y 2001 vehículos por día; con una calzada de dos carriles de por lo menos 3,6 metros de ancho. Puede poseer cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas se recomienda que se dispongan de puentes peatonales o en caso contrario con dispositivos viales de seguridad, que accedan velocidades de operación, con máxima seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.”
- **“Carreteras de Segunda Clase:** Estas vías deben tener un IMDA de entre 2000 y 400 vehículos por día, con una calzada de dos carriles de por lo menos 3,3 metros de ancho. Puede poseer cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas se recomienda que se dispongan de puentes peatonales o en caso contrario con dispositivos viales de seguridad, que permitan velocidades de operación, con máxima seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.”

- **“Carreteras de Tercera Clase:** Estas vías tienen un IMDA máximo de 400 vehículos por día y una calzada de dos carriles de 3,0 m de ancho como mínimo. Si se cuenta con la asistencia técnica adecuada, estos caminos pueden, en casos excepcionales, manejar carriles de hasta 2,50 metros. Para que estos caminos funcionen, se pueden utilizar las llamadas soluciones simples o asequibles, como la aplicación de estabilizadores de suelo, emulsiones asfálticas y / o micro pavimentos o en afirmado, en la superficie de rodadura. Deben seguir las especificaciones geométricas para carreteras de segunda clase si se van a pavimentar.”
- **“Trochas Carrozables:** Son caminos transitables que no obtienen las características geométricas representativas de una carretera, que comúnmente requieren un IMDA de no más de 200 vehículos por día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4,00 metros, en cuyo caso se construirán ensanches de 500 metros como mínimo, denominados plazoletas de cruce. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.”

### **Clasificación por Orografía**

- **“Terreno plano (tipo 1):** Posee pendientes transversales al eje de la vía, menores o iguales al 10 % y sus pendientes longitudinales generalmente son menores al 3 %, solicitando un mínimo de movimiento de tierras, de modo que no presenta considerables complicaciones en su trazo.”
- **“Terreno ondulado (tipo 2):** Posee pendientes transversales al eje de la vía, que comprende el 11 % y 50 % y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3 % y 6 %, solicitando un moderado movimiento de tierras, por lo cual accede alineamientos rectos, alternados con curvas de radios amplios, sin considerables complicaciones en el trazo.”

- **“Terreno accidentado (tipo 3):** Posee pendientes transversales al eje de la vía, que comprende 51 % y 100 % y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6 % y 8 %, debido a la necesidad de movimientos de tierra significativos, existen complicaciones en el trazo.”
- **“Terreno escarpado (tipo 4):** Posee pendientes transversales al eje de la vía, mayores al 100 % y sus pendientes longitudinales excepcionales son mayores al 8 %, requiriendo al límite de movimiento de tierras, por ende, existen grandes dificultades en su trazo.”

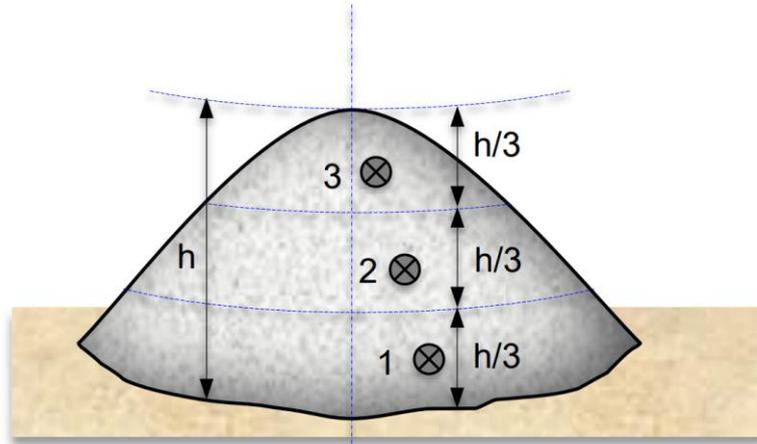
### **Muestreo de Suelo**

IMT (2020, pág. 20) Menciona que la “Obtención de Muestras sin Cargador Frontal: En Pilas de acumulación de materiales gruesos o de combinación de materiales gruesos y finos, cuando no se tiene cargador frontal o pilas de materiales finos, las muestras se consiguen de manera manual integrando cada una con al menos 3 porciones de agregado, tomadas a distintas alturas de la pila, inicialmente al centro del tercio inferior, seguidamente al centro del tercio medio y finalmente al centro del tercio superior, como se observa en la figura 1.”

“Para obtener cada porción se emplea el siguiente procedimiento:”

### **Figura 1**

*Distribución de los lugares de muestreo en una pila de material*



Fuente: Instituto Mexicano del Transporte

### **Equipos y Materiales**

- Pala
- Costales de rafia
- Precinto
- Plumón
- Bolsa de muestreo

### **Características físicas:**

### **Análisis granulométrico de suelos**

El fin del análisis granulométrico es establecer cuantitativamente la disposición de la dimensión de las partículas del suelo. El propósito es describir la metodología utilizada para calcular los porcentajes de suelo que pasan por los diversos tamices.

### **Equipos y Materiales**

- Balanzas (0,1 g. de legibilidad y 0,01 g.)
- Horno (A una temperatura uniforme de 110 +/-5 °C)

- Tamices

**Tabla 3**

*Tamices de malla cuadrada*

<b>Tamices</b>	<b>Abertura (mm)</b>
2 "	50 mm.
1 1/2 "	37,5 mm.
1"	25 mm.
3/4"	19 mm.
3/8"	9,5 mm.
N° 4	4,75 mm.
N° 10	2,0 mm.
N° 40	425 μm.
N° 200	75 μm.

Fuente: AASHTO M-147

- Bandejas, Cucharon, Martillo de goma.

**Procedimiento.**

- Secar el espécimen húmedo en el horno a temperatura de 110 +/-5 °C
- Registrar la masa seca del espécimen después de ser retirado de horno.
- Eliminar los terrones con el martillo de goma
- Realizar el proceso de tamizado por los diferentes tamices
- Efectuar el registro de las masas retenidas del espécimen.

**Límite líquido de los suelos (MTC E 110)**

MTC (2016, pág. 67) hace referencia que “el límite líquido es el valor del contenido de agua expresado en porcentaje, en el que el suelo se ubica en el límite entre los estados líquido y plástico. Se nombra arbitrariamente como el contenido de humedad al que la ranura separadora de dos mitades de una masa de suelo

cierra en el fondo a un espacio de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos golpes por segundo”.

“Cuando el suelo se seca en el horno antes del análisis, el límite líquido de un suelo con grandes cantidades de material orgánico se reduce drásticamente. Como resultado, es posible determinar cuánto material orgánico contiene un suelo comparando el nivel de líquido de una muestra antes y después de que se haya secado en el horno”.

### **Equipos, materiales e insumos**

- Tamiz N° 40
- Recipiente de porcelana
- Copa de Casagrande
- Acanalador
- Calibrador (Ya sea incorporado en el ranurador)
- Horno (A una temperatura uniforme de 110 +/-5 °C)
- Balanza (legibilidad de 0,01 g).
- Recipientes (Resistente a la corrosión, cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos, además para la determinación de humedades.
- Espátula (De hoja flexible de unos 75 a 100 mm de longitud y 20 mm de ancho aproximadamente)
- Agua destilada.

### **Procedimiento (Método Multipunto)**

- Calibrar el equipo de Copa Casagrande con ayuda del acanalador
- Elegir la muestra representativa mediante el cuarteo y secarlo

- Tamizar la muestra seca por la malla N° 40, hasta obtener el espécimen de aproximadamente 200 g.
- “Colocar el espécimen en la vasija, añadir pequeñas cantidades de agua destilada y mezclar con una espátula hasta que el color sea uniforme, la consistencia de la pasta debe ser pegajosa”.
- “Distribuir una pequeña porción del espécimen preparado en la Copa Casagrande, nivele y extiéndala hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm. en la parte más profunda forma una superficie bastante uniforme”.
- “Usando el ranurador, separe el espécimen en la copa Casagrande, y haga una abertura por medio del espécimen siguiendo una línea que conecta una el punto más alto y más bajo sobre el borde de la copa”.
- “Giran el manubrio de la copa a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por minuto, hasta que las dos mitades de suelo estén unidas en la base de la abertura, a una longitud de 13mm (1/2 pulg)”.
- “Poner en movimiento la copa con ayuda de la manivela, rotando el manubrio a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por minuto, hasta que las dos mitades de suelo estén unidas en la base de la abertura, a una longitud de 13 mm (1/2 pulg)”.
- “Anotar el número de golpes (n), primordiales para cerrar la abertura. Después coger de la parte central un trozo de espécimen de aproximadamente del ancho de la espátula, incluida la parte ranurada donde se pega el suelo y colóquelo en un recipiente de masa conocida para determinar la humedad”
- “Combinar otra vez el espécimen en el plato de batido aumentándole una pequeña cantidad de agua destilada para añadir su humedad y reducir el número de golpes necesarios para unir la abertura”.

- “Estas pruebas se efectuarán para un cierre que requiera de 25 a 35 golpes, una para un cierre entre 20 a 30 golpes y otra para un cierre entre 15 a 25 golpes”.
- Registrar la masa de espécimen húmedo y seca para los tres intervalos de cierre.

### **Límite plástico (L. P) de los suelos e índice de plasticidad (I. P).**

#### **(MTC 111)**

MTC (2016, pág. 72) menciona que “la finalidad es determinar el límite plástico de un espécimen en el laboratorio y el cálculo del índice de plasticidad, si se sabe el límite líquido del mismo espécimen”.

“Se define como límite plástico (L.P.) a la humedad más baja a la que logran moldearse barras de suelo de 3,2 mm (1/8") de ancho, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que las barras se desintegren”.

“Esta metodología de prueba se emplea como parte global de numerosos sistemas de clasificación de ingeniería para calificar las fracciones de partículas finas de los suelos y para determinar las fracciones de grano de materiales de construcción”.

“El límite plástico y el porcentaje de humedad natural de un suelo se pueden utilizar para representar su consistencia relativa o índice de liquidez y se puede utilizar con el porcentaje más fino que 2  $\mu\text{m}$  para definir su número de actividad”.

### **Equipos, materiales e insumos**

- Tamiz N° 40
- Recipiente de porcelana
- Horno (A una temperatura uniforme de  $110 \pm 5$  °C)
- Balanza (legibilidad de 0,01 g).
- Recipientes (Resistente a la corrosión, cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos, además para la determinación de humedades.
- Espátula (De hoja flexible de unos 75 a 100 mm de longitud y 20 mm de ancho aproximadamente)
- Vidrio grueso esmerilado
- Agua destilada.

### **Procedimiento**

- “Trabajar con el material preparado para el límite líquido, se toma aproximadamente 20 g y forman esferas de 1,5 g a 2,0 g como espécimen para el ensayo”.
- “Moldear la mitad del espécimen en forma de elipsoide, después hacer rodar con un dedo de la mano sobre una superficie lisa, presionando para formar un cilindro.”
- “Si el cilindro no se desmorona hasta alcanzar aproximadamente 3,2 mm (1/8 de pulgada) de diámetro, realice el elipsoide nuevamente y repita este proceso tantas veces como sea necesario hasta que el cilindro se desmorone a ese diámetro.”

- “La porción resultante se coloca en los recipientes, y el proceso continuo hasta acumular aproximadamente 6 gramos de suelo y se determina la humedad”.

#### **Características mecánicas:**

#### **Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (proctor modificado) – (MTC E 115)**

MTC (2016, pág. 105) indica que “el objetivo de esta prueba es definir el procedimiento de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio usando energía modificada (2 700 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))”

“En este estudio se utilizan técnicas de compactación en un molde con un diámetro de 101,6 ó 152,4 mm (4 a 6 pulg) y un apisonador de 44,5 N (10 lbf) que desciende desde una altura de 457 mm (18 pulg), obteniendo una energía de compactación de (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)) para determinar la relación entre el peso unitario seco y el contenido de agua de los suelos”.

“Este ensayo solo se aplica a suelos cuya retención de partículas en el tamiz de 19,0 mm (3/4-pulg) es del 30 % o menos”.

“Se proporciona 3 métodos alternativos. Las especificaciones del material de estudio deben incluir una descripción del método utilizada. Si no se proporciona ningún método, se tendrá en cuenta la gradación del material”.

MTC (2016, pág. 250), CBR (Método C): “Si el total suelos pasa el tamiz de 19mm (3/4”), todo el material deberá utilizarse para preparar los especímenes a compactar sin alteración. Si queda material en el tamiz de 19 mm (3/4”), este material tendrá que ser quitado y sustituido por una cantidad igual de material que pase el tamiz de ¾ de pulgada (19 mm) y sea retenido en el tamiz N° 4”.

## METODO "C"

- Molde: 152,4 mm (6 in) de diámetro.
- Materiales: Se usa el material que pasa el tamiz 19,0 mm ( $\frac{3}{4}$  in).
- Número de Capas: 5
- Golpes por Capa: 56

### **Equipos, materiales e insumos**

- Tamiz  $\frac{3}{4}$  in,  $\frac{3}{8}$  in, N°4.
- Bandejas
- Cucharón
- Molde de 6 in.
- Pisón manual
- Regla biselada
- Extractor de muestras
- Recipiente de aluminio
- Horno (A una temperatura uniforme de  $110 \pm 5$  °C)
- Balanza (legibilidad de 1 g y 0,1 g).
- Agua.

### **Procedimiento**

- Secar la muestra húmeda al aire libre
- Tamizar la muestra por las mallas  $\frac{3}{4}$  in,  $\frac{3}{8}$  in y N° 4, después se determina el porcentaje de material tamizado con respecto al peso total.
- Realizar los cálculos de remoción de material retenido en el tamiz  $\frac{3}{4}$  in y reemplazarlo por material retenido en el tamiz N° 4
- Determinar el contenido de humedad del suelo procesado.

- Preparar mínimo cuatro especímenes de aproximadamente 5,9 kg (Método C)
- Realizar el proceso de compactación de los cuatro especímenes (Método C) de manera que estos posean un contenido de humedad lo más posible al óptimo y un peso unitario seco máximo bien definido.
- Después de la compactación de la última capa, remover el collar y cuidadosamente enrasar el espécimen compactado, con ayuda de una regla para crear una superficie plana encima del molde.
- Determinar y registrar la masa del espécimen y molde con aproximación al gramo.
- Remueve el espécimen del molde. Obtener un espécimen compactado de 500 g de la parte central, para determinar el contenido de agua utilizado.
- Este mismo proceso se repite para los tres especímenes restantes a contenido de humedad distintos.

### **CBR de suelos (MTC E 132)**

MTC (2016, pág. 248) menciona que “este método detalla la técnica de prueba para la evaluación de un índice de resistencia de los suelos más conocido como el valor de la relación de soporte, que es conocido, como CBR (California Bearing Ratio). La prueba se ejecuta generalmente sobre espécimen dispuesto en el laboratorio en condiciones preestablecidas de contenido de agua y densidad; sin embargo, se puede ejecutar de manera semejante en especímenes inalteradas cogidas del terreno”.

“En la práctica, en la cual el impacto del agua de compactación sobre el CBR es insignificante, como cuando se trabaja con suelos no-cohesivos de tamaños gruesos, o el momento que sea necesario para diferenciar el contenido

de agua de compactación en el procedimiento de diseño, el CBR puede establecerse al óptimo contenido de agua de un esfuerzo de compactación detallado. El peso unitario seco dado es la cantidad más pequeña porcentual de compactación que normalmente permite la especificación de compactación de campo de la entidad usuaria”.

“Este índice se usa para medir la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado”.

“Los ensayos para calcular las relaciones Peso Unitario - Humedad utilizando equipo modificado se conocen como este modo operativo”.

### **Equipos, materiales e insumos**

- Prensa de compresión
- Tamiz  $\frac{3}{4}$  in.  $\frac{3}{8}$  in, N°4.
- Bandejas
- Cucharón
- Moldes de 6 in.
- Disco espaciador
- Pisón manual
- Aparato medidor de expansión
- Placa de metal perforada provista de un vástago
- Trípode
- Tanque para inmersión
- Pesa anular y cerrada
- Papel filtro
- Regla biselada
- Recipiente de aluminio

- Horno (A una temperatura uniforme de 110 +/-5 °C)
- Balanza (legibilidad de 1 g y 0,1 g).
- Agua.

**Procedimiento:**

**Nota:** Para realizar la prueba de CBR se necesita, como datos fundamentales el óptimo contenido de humedad y la densidad máxima seca del suelo, estos datos se obtienen mediante el ensayo de Proctor Modificado.

- Secar la muestra húmeda al aire libre
- Tamizar la muestra por las mallas  $\frac{3}{4}$  in,  $\frac{3}{8}$  in y N° 4, después se determina el porcentaje de material tamizado con respecto al peso total.
- Determinar el contenido de humedad del suelo procesado antes de la compactación.
- Preparar tres especímenes de aproximadamente 5,9 kg (Método C)
- Realizar el proceso de compactación de los tres especímenes (Método C) de modo que estos tengan un contenido de agua óptimo bien definido.

Para la compactación se ubica el disco espaciador en el interior del molde y, encima de éste, un papel de filtro de diámetro del molde. Después se compacta el espécimen en su interior, aplicando un sistema de compactación (Proctor modificado – Método C), de 56, 25 y 12 golpes por capa.

- Posteriormente de la compactación, quitar el collar y enrasar el espécimen compactado, con ayuda de una regla recta biselada, para moldear una superficie plana en la parte superior del molde, luego se desarma el molde y se vuelve a armar invertido, sin disco espaciador, ubicando un papel filtro entre el molde y la base. Se registra la masa compactada.
- Determinar el contenido de humedad de material compactado.

- Se ubica arriba de la superficie del espécimen invertido la placa perforada con vástago, y, sobre ésta, la pesa anular y cerrada para generar una sobrecarga.
- Después con el aparato medidor de expansión, registrar la primera lectura de expansión anotando el día y la hora.
- A continuación, se introduce el molde en el tanque con agua por un tiempo de 96 horas (4 días). Registrar la lectura de expansión cada 24 horas.
- Pasado del periodo de remojo se retira el molde del tanque y deja escurrir el molde durante 15 minutos, luego retira la sobrecarga y la placa perforada. Inmediatamente se registra la masa y se realiza la prueba de penetración en el equipo de compresión para finalmente obtener la resistencia del suelo.

**Abrasión los ángeles, al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 ½”) – (MTC E 207)**

MTC (2016, pág. 315) menciona que “usando la máquina de Los Ángeles, este método establece la técnica para evaluar la resistencia al desgaste de agregados gruesos menores a 37,5 mm (1 ½”)”.

“Dependiendo de gradación del espécimen de prueba, este modo de operación mide el desgaste de agregados minerales de gradaciones normalizadas como resultado de una mezcla de acciones, tales como abrasión o desgaste, impacto y trituración, en una tambora de acero giratorio que incluye un número detallado de esferas de acero.”

**Equipos, materiales**

- Máquina de los ángeles
- Horno (A una temperatura uniforme de 110 +/-5 °C)
- Tamiz 1 ½ in, 1 in, ¾ in, ½ in, 3/8 in.

- Bandejas
- Cucharon
- Balanza (legibilidad de 0,1 g).
- Esferas de aproximadamente 46,8 mm de diámetro y cada una tendrá una masa entre 390 g y 445 g.

**Procedimiento:**

- Secar la muestra húmeda al aire libre
- Tamizar la muestra por las mallas 1 ½ in, 1 in, ¾ in, ½ in, 3/8 in, después seleccionar aproximadamente 1250 gramos de cada material retenido.
- Colocar el espécimen de prueba y la carga en la máquina de Los Ángeles y rotarla a una velocidad entre 30 rpm a 33 rpm, por 500 revoluciones. Después del alcanzar el número de revoluciones, el material se descarga de la máquina y la muestra se separa, sobre el tamiz normalizado N° 12. Lavar el material grueso y secar al horno, hasta obtener la masa constante y determinar la masa con una aproximación a 1 g.

**2.3. Definición de términos básicos**

- **Geotecnia:** “Ciencia que investiga los procesos geodinámicos externos y el uso de técnicas de control de ingeniería para reducir los efectos destructivos”. Dávila (2006, pág. 267)
- **Mecánica de Suelos:** “Ciencia que examina las propiedades físicas de los suelos y cómo reacciona a diferentes tipos de esfuerzos”. Dávila (2006, pág. 384)
- **Granulometría:** “Representa la disposicon de los tamaños de los agregados mediante el tamizado de acuerdo con los requisitos técnicos”. MTC, Glosario

de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. (2018, pag.13).

- **Limite Líquido:** “Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo. MTC, Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial”. (2018, pag.15).
- **Limite Plástico:** “Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el semi-sólido”. MTC, Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, (2018, pag.15).
- **Índice Plástico:** “Cuando se expresa como el valor absoluto del intervalo de humedad durante el cual el suelo se comporta como un material plástico, el índice de plasticidad es matemáticamente equivalente a la diferencia entre el límite líquido y plástico de un suelo”. Hoyos (2012, pag.119)
- **Proctor Modificado:** “Método de compactación en laboratorio para determinar la relación entre el contenido de agua de molde y peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactado en un molde de 4 ó 6 pulgadas de diámetro, un apisonador de 44,48 N que cae desde una altura de 18 pulgadas, produciendo un esfuerzo de compactación de 2700 kN-m/m<sup>3</sup>”. ASTM D 1557 (2021, pág. 2021)
- **Densidad máxima:** “Es la densidad de material más alta que se puede obtener en una prueba de compactación normalizada”. (Norma ASTM). Hoyos (2012, pag.43)
- **Humedad Óptima:** “Es el contenido de agua de un suelo con el que se puede compactar hasta un peso unitario seco máximo con un trabajo de compactación especificado. (Norma ASTM D698 y D1557)”. Hoyos (2012, pag.115)

- **Compactación:** “Proceso que tiene tendencia a disminuir el volumen total de concreto fresco, de cemento portland, mezclas bituminosas, morteros y vacíos de suelos”. MTC, Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, (2018, pág. 8).
- **Ensayo de california bearing ratio (CBR):** “Valor de soporte de un suelo o material, determinada por la penetración de una fuerza a través de una masa de suelo”. MTC, Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. (2018, pág. 7).
- **Abrasión:** “Desgaste mecánico de agregados y rocas como resultado de la fricción y/o impacto”. MTC, Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. (2018, pág. 3).

## 2.4. Formulación de Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis General

La evaluación geotécnica del agregado de la cantera Ocshapampa y Acacluy, cumplen con los parámetros de estándares de calidad requeridos por el MTC (2015), para la construcción de carreteras en la región de Pasco.

### 2.4.2. Hipótesis Específicas

- Las propiedades físicas del agregado de la cantera Ocshapampa y Acacluy, cumplen con los parámetros de estándares de calidad requeridos por el MTC (2015), para la construcción de carreteras en la región de Pasco.
- Las propiedades mecánicas del agregado de la cantera Ocshapampa y Acacluy, cumplen con los parámetros de estándares de calidad

requeridos por el MTC (2015), para la construcción de carreteras en la región de Pasco.

## **2.5. Identificación de Variables**

### **2.5.1. Variable Independiente**

- Evaluación Geotécnica del agregado

### **2.5.2. Variable Dependiente**

- Construcción de Carreteras

## **2.6. Definición operacional de variables e indicadores**

### **2.6.1. Operacionalización de la variable independiente**



## 2.6.2. Operacionalización de la variable dependiente

**Tabla 5**

*Operacionalización de la variable dependiente*

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala</b>
Construcción de Carreteras	La construcción de carreteras es la ejecución de nuevos proyectos de construcción de carreteras con características geométricas acordes con los lineamientos de diseño y construcción vigentes, con el objetivo de permitir el movimiento ininterrumpido de vehículos en el espacio y el tiempo, con niveles de seguridad, comodidad, y que sean prácticos, estéticos y económicos viable y amigable con el medio ambiente	Para el desarrollo de la construcción de carreteras se considera los trabajos preliminares que consta de actividades relacionadas a la movilización y desmovilización de equipos, trazo, nivelación y replanteo topográfico. Posteriormente se efectuará el movimiento de tierras. Luego de ello simultáneamente se procederá a la colocación y extendido del material (agregado), seguidamente del batido del agregado, después se efectúa el escarificado del material de base, a continuación, se ejecuta la humectación y compactación del agregado hasta obtener una superficie lisa y homogénea y finalmente se realiza en control de calidad de la carretera, el cual consiste en ensayar y verificar la densidad, deflexión y rugosidad de la carretera	<p>Análisis de las condiciones de topografía</p> <p>Análisis del diseño de la carretera</p>	<p>Curvas de nivel</p> <p>Diseño geométrico de la vía</p> <p>Sección transversal</p> <p>Superficie de rodadura</p>	<p>Cotas (m)</p> <p>Diseño (m)</p> <p>Sección (m)</p>

Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Tipo de investigación

“El tipo de investigación es aplicada, porque se encuentra sujeto a la investigación científica, ya que se apoya en sus descubrimientos y aportes teóricos. Busca comprobar, la teoría con la realidad. Es el estudio y aplicación de problemas específicos en condiciones y características específicas. Dicha investigación está destinada a una aplicación inmediata más que a un desarrollo teórico”. Tamayo (2006). Asimismo, la investigación es exploratoria - descriptiva, porque el propósito de la investigación es determinar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que requieran análisis.”. Hernández, Fernández, Baptista (2014).

En este sentido, se adoptó un enfoque de investigación aplicada – exploratorio - descriptiva, que utiliza el conocimiento y las normativas vigentes para probar la hipótesis, que ayuden a examinar, describir, evaluar, comparar e interpretar los resultados y de esta manera evidenciar el comportamiento del agregado de la cantera Ocshapampa y Acaluy frente a diferentes ensayos.

### **3.2. Nivel de investigación**

Investigación descriptiva; es la que “implica la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, los componentes o el proceso de los fenómenos. Se pone énfasis en los hallazgos principales o en el comportamiento o acción real de un individuo, grupo o cosa.” Tamayo (2003)

En este sentido, el nivel de investigación utilizada es descriptivo ya que se describieron y cuantificaron los materiales de las canteras para su uso como afirmado en carreteras.

### **3.3. Métodos de investigación**

El método utilizado es analítico, porque se “caracteriza por aislar o dividir los elementos que componen el objeto de estudio con el fin de determinar su comportamiento específico y la naturaleza de las relaciones entre dichos componentes”. Unda (1999).

En tal sentido el método de investigación que se aplicó fue el analítico, porque, se realizó el análisis de los agregados, para encontrar los parámetros que indica el MTC en su norma vigente, que se utilizaran para realizar las construcciones de las carreteras.

### **3.4. Diseño de investigación**

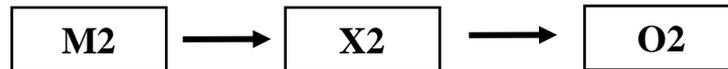
El diseño de la investigación es no experimental – descriptiva, correlacional porque no existe manipulación deliberada de la variable, sólo se observa el fenómeno en su ambiente natural que posteriormente fue analizado y comparado con los parámetros de estándar de calidad que indica el MTC, considerando el siguiente diseño:



M1: Cantera Ocshapampa

X1: Resultados obtenidos de la investigación

O1: Comparación de los resultados en función a los requisitos de calidad del MTC



M2: Cantera Acacluy

X2: Resultados obtenidos de la investigación

O2: Comparación de los resultados en función a los requisitos de calidad del MTC

### 3.5. Población y muestra

#### **Población**

La población para esta investigación es:

- Cantera Ocshapampa tiene un área de 25242 m<sup>2</sup>, está ubicada en el km 91 de la autopista La oroya – Cerro de Pasco.
- Cantera Acacluy, tiene un área de 16424 m<sup>2</sup>, está ubicada en el km 5 de la autopista Ninacaca – Huachón

#### **Muestra:**

La muestra son los agregados de la cantera Ocshapampa y Acacluy, de las cuales se ha seleccionado una muestra de 150 kg para cada cantera, además estas muestras sirven para todos los ensayos que se realizó en el laboratorio.

El número de muestras fueron dos:

- Cantera Ocshapampa M-01
- Cantera Acacluy M-02

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

#### 3.6.1. Técnicas

La principal técnica en este trabajo de investigación ha sido la Observación no experimental interpretativa, estructurada, ya que la observación “es la técnica más estructurada y metódica para registrar algo que se puede ver y verificar; es decir, recopilar información sobre eventos reales de la manera más imparcial posible, bien sea para describirlo, analizarlo o explicarlo desde una perspectiva científica”. Guillermo Campos (2012).

#### **Técnicas Utilizadas:**

- **Muestreo en Campo:**

La técnica para el muestreo del afirmado de la cantera Ocshapampa y Acacluy, fue mediante pilas de acumulación de materiales, de manera manual integrando cada una con al menos 3 porciones de agregado, tomadas a distintas alturas de la pila, inicialmente al centro del tercio inferior, seguidamente al centro del tercio medio y finalmente al centro del tercio superior.

- **Ensayos de Laboratorio**

En el caso de las características físicas y mecánicas del agregado, la información fue tomada directamente en el laboratorio de manera estructurada mediante la **observación**, ya que se tenía formatos para la toma de datos de los diferentes ensayos realizados, que posteriormente fue procesada y analizada

- **Técnica de Procesamiento de datos de E.M.S.**

Se refiere a la digitalización de los datos obtenidos de los ensayos, y la representación de los resultados del estudio de mecánica de suelos mediante

tablas, donde se observa las características físicas y mecánicas del agregado de la cantera Ocshapampa y Acacluy.

- **Técnica de Parámetros de Estándar de Calidad**

Es la comparación de los resultados de las características físicas y mecánicas de los agregados con los estándares de calidad que indica en MTC, para poder definir que si los agregados de las canteras en estudio sirven para la construcción de carreteras.

### **3.6.2. Instrumentos**

El medio que mejor permiten acercarnos al fenómeno para su estudio y extraer de él la información son:

#### **Ficha de observación N° 1**

- Nombre del instrumento: Formato de limite líquido y limite plástico
- Objetivo: Evaluar el límite líquido y el índice de plasticidad

#### **Ficha de observación N° 2**

- Nombre del instrumento: Formato de ensayo análisis granulométrico
- Objetivo: Evaluar la gradación del agregado

#### **Ficha de observación N° 3**

- Nombre del instrumento: Formato de ensayo de proctor modificado para CBR
- Objetivo: Calcular la densidad y la humedad optima

#### **Ficha de observación N° 4**

- Nombre del instrumento: Formato de ensayo CBR

- Objetivo: Estimar la resistencia del agregado

#### **Ficha de observación N° 5**

- Nombre del instrumento: Formato de ensayo los ángeles
- Objetivo: Determinar el desgaste del agregado grueso

### **3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Con el objetivo de conseguir los resultados que serán interpretados en términos de establecer las conclusiones y recomendaciones de la tesis, el trabajo cumple con los siguientes elementos y pasos respectivos:

Después de haber recolectado los datos, serán tabulados y limpiado de vacíos. Elegimos el software Excel como explorador de datos obtenidos con instrumentos confiables.

La técnica que se utilizará en el procesamiento de datos será la estadística básica descriptiva, los mismos que se mostraran en tablas para su respectiva interpretación.

### **3.8. Tratamiento Estadístico.**

El tratamiento estadístico de datos se realizado a través del software Microsoft Excel 2016 para interpretar los datos obtenidos en los diferentes ensayos realizados. También existen gráficos y tablas, para una mejor un análisis de datos.

### **3.9. Orientación, ética filosófica y epistémica**

Todas las etapas de la investigación se llevaron a cabo con total transparencia, equidad y de acuerdo con la ética profesional del ingeniero geólogo.

En otras palabras, la ética se ve reflejada en la recopilación de información, análisis e interpretación de resultados.

El enfoque epistémico se constituye en un elemento filosófico que aborda los conceptos de conocimiento y ciencia, asumidos por el investigador para justificar el método admitido con relación a los procesos que han de develarse para la formación de saberes de investigación”. Fontaines (2012)

La presente investigación ayudada por normativas científicas origina resultados con fundamento, para ser aprobados por la ciencia, es decir con el objetivo de ofrecer la dimensión epistémica a la variable estudiada, ya que la teoría como parte del conocimiento generado, tendrá un carácter de universal.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo.**

En esta etapa se realizó una inspección de toda la zona del proyecto, la caracterización geográfica y levantamiento geológica del área de estudio, así como la toma de muestra (agregado) geotécnica. Posteriormente se hizo el análisis en laboratorio de las características físicas y mecánicas del agregado con la finalidad de obtener los resultados para ser analizados e interpretados

##### **4.1.1. Caracterización del área de Estudio.**

###### **Ubicación geográfica.**

La ubicación geográfica del proyecto tiene los siguientes datos:

**Tabla 6**

*Coordenadas UTM de los vértices de la cantera Ocshapampa*

<b>Ubicación geográfica – Cantera Ocshapampa</b>		
<b>VÉRTICES</b>	<b>COORDENADAS UTM</b>	
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
1	372716	8801087
2	372666	8800867
3	372560	8800927
4	372603	8801126

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 7**

*Coordenadas UTM de los vértices de la cantera Acacluy*

<b>Ubicación geográfica – Cantera Acacluy</b>		
<b>VÉRTICES</b>	<b>COORDENADAS UTM</b>	
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
1	378434	8804881
2	378245	8804658
3	378210	8804670
4	378278	8804794
5	378366	8804903

Fuente: Elaboración Propia

### **Ubicación Política**

Las canteras se encuentran ubicadas en:

**Tabla 8**

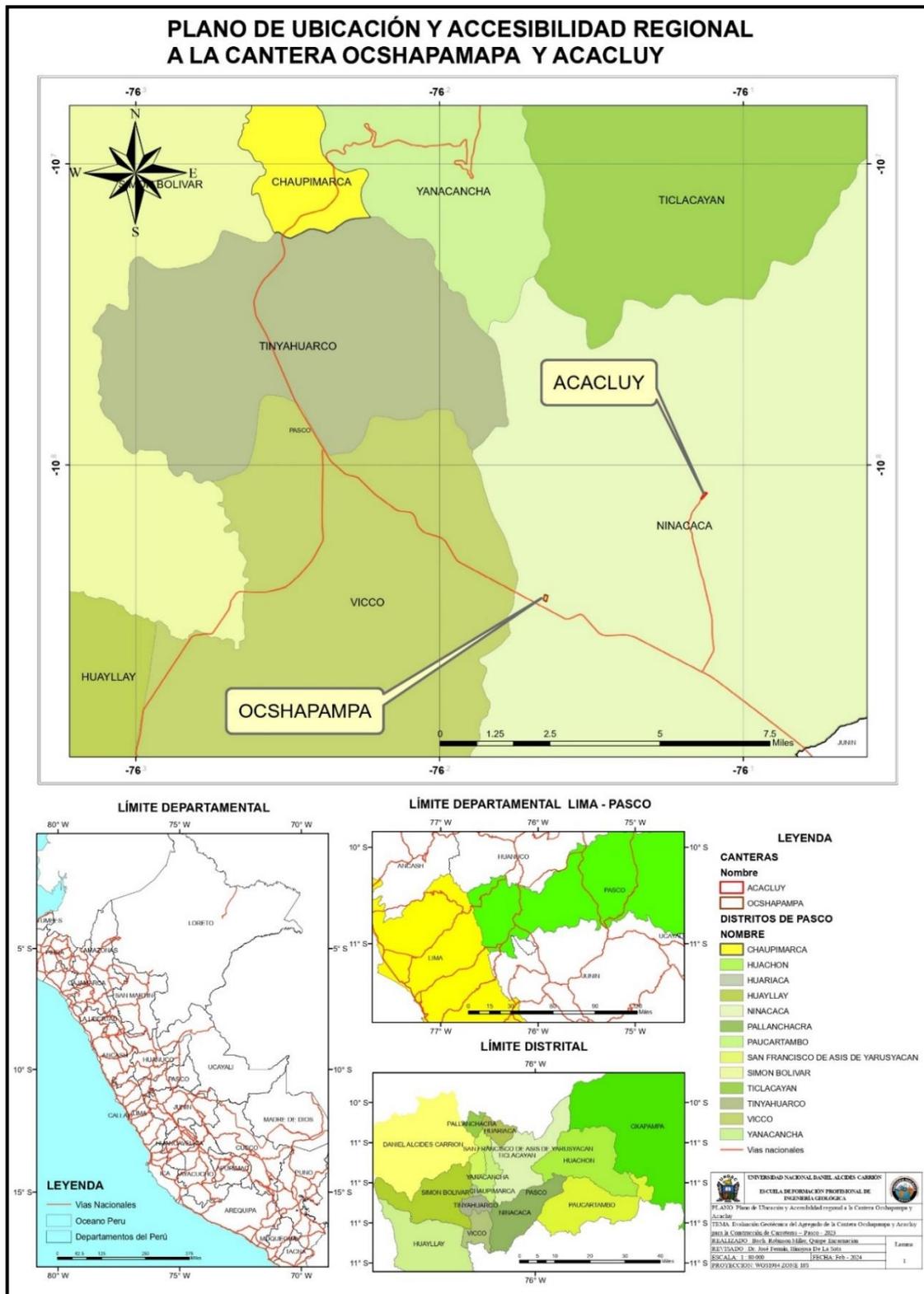
*Ubicación política de la cantera Ocshapampa y Acacluy*

<b>Ubicación política – Cantera Ocshapampa y Acacluy</b>		
	<b>Ocshapampa</b>	<b>Acacluy</b>
<b>Departamento</b>	Pasco	Pasco
<b>Provincia</b>	Pasco	Pasco
<b>Distrito</b>	Ninacaca	Ninacaca
<b>Caserío</b>	Ocshapampa	Acacluy
<b>Descripción</b>	Altura del km. 99 auto pista Cerro de Pasco - La Oroya	Altura de km 5.3 auto pista Ninacaca - Huachón

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 2**

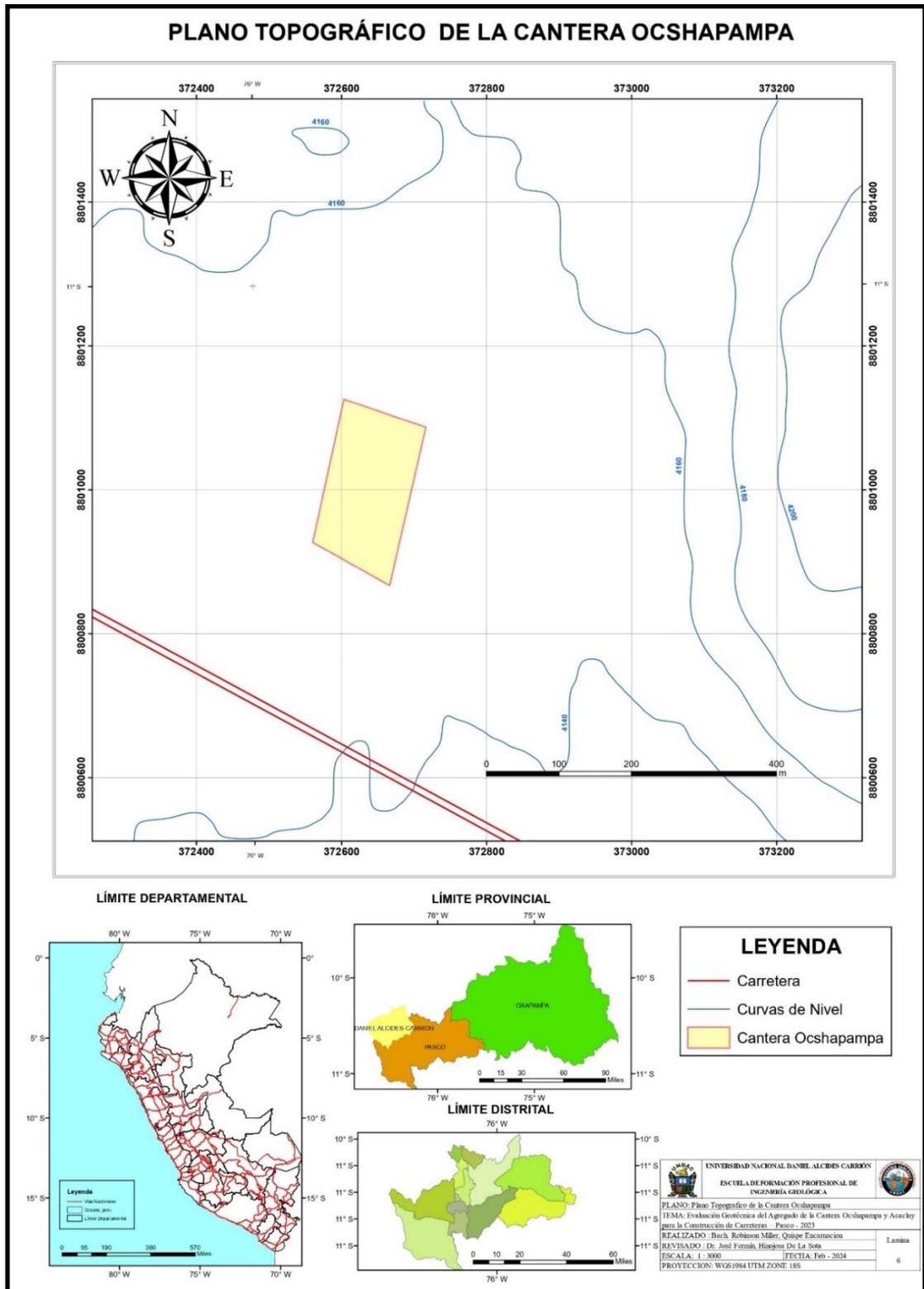
*Plano de ubicación y accesibilidad de la cantera Ocshapampa y Acacluy*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 3**

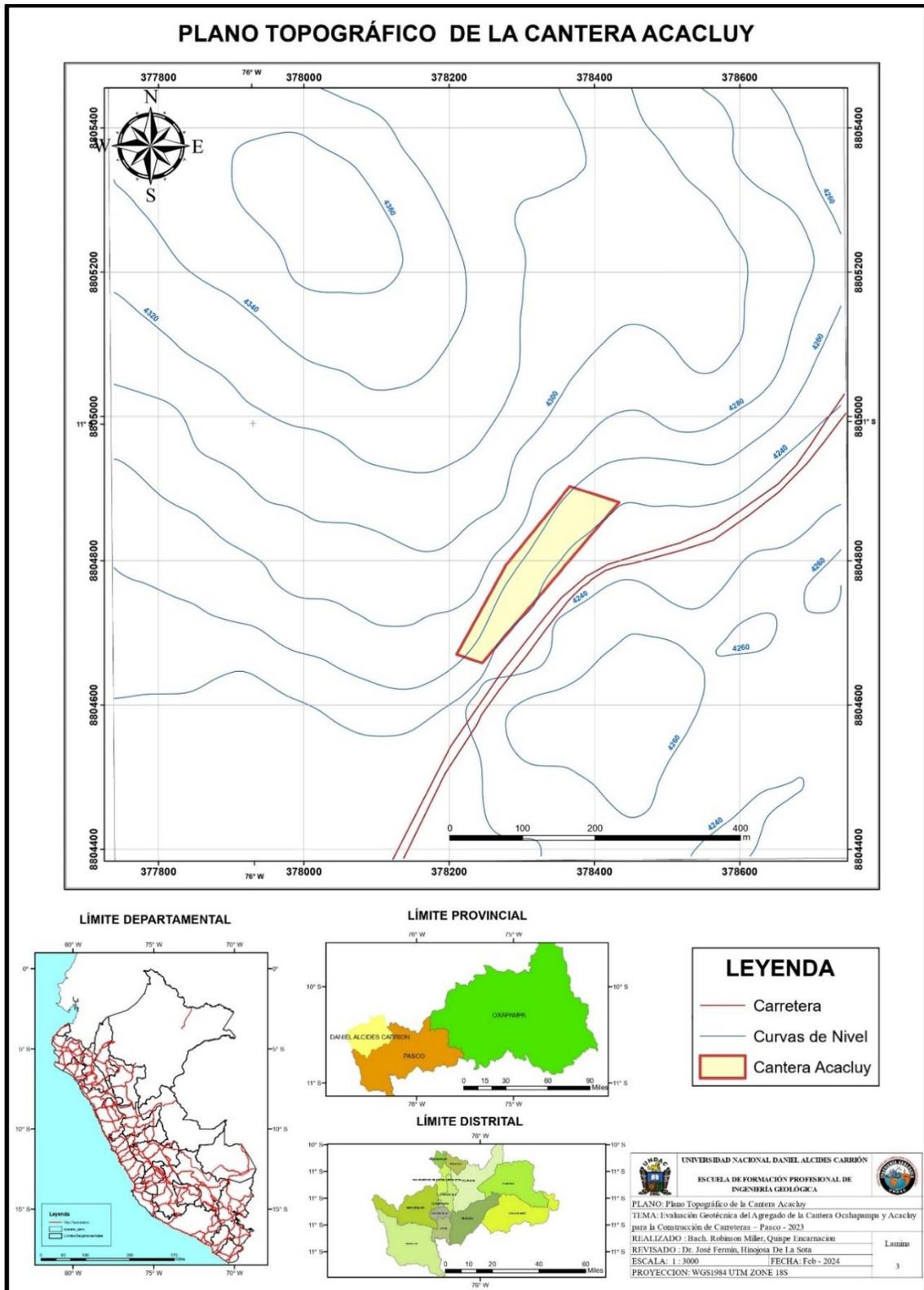
*Plano topográfico de la cantera Ocshapampa*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4**

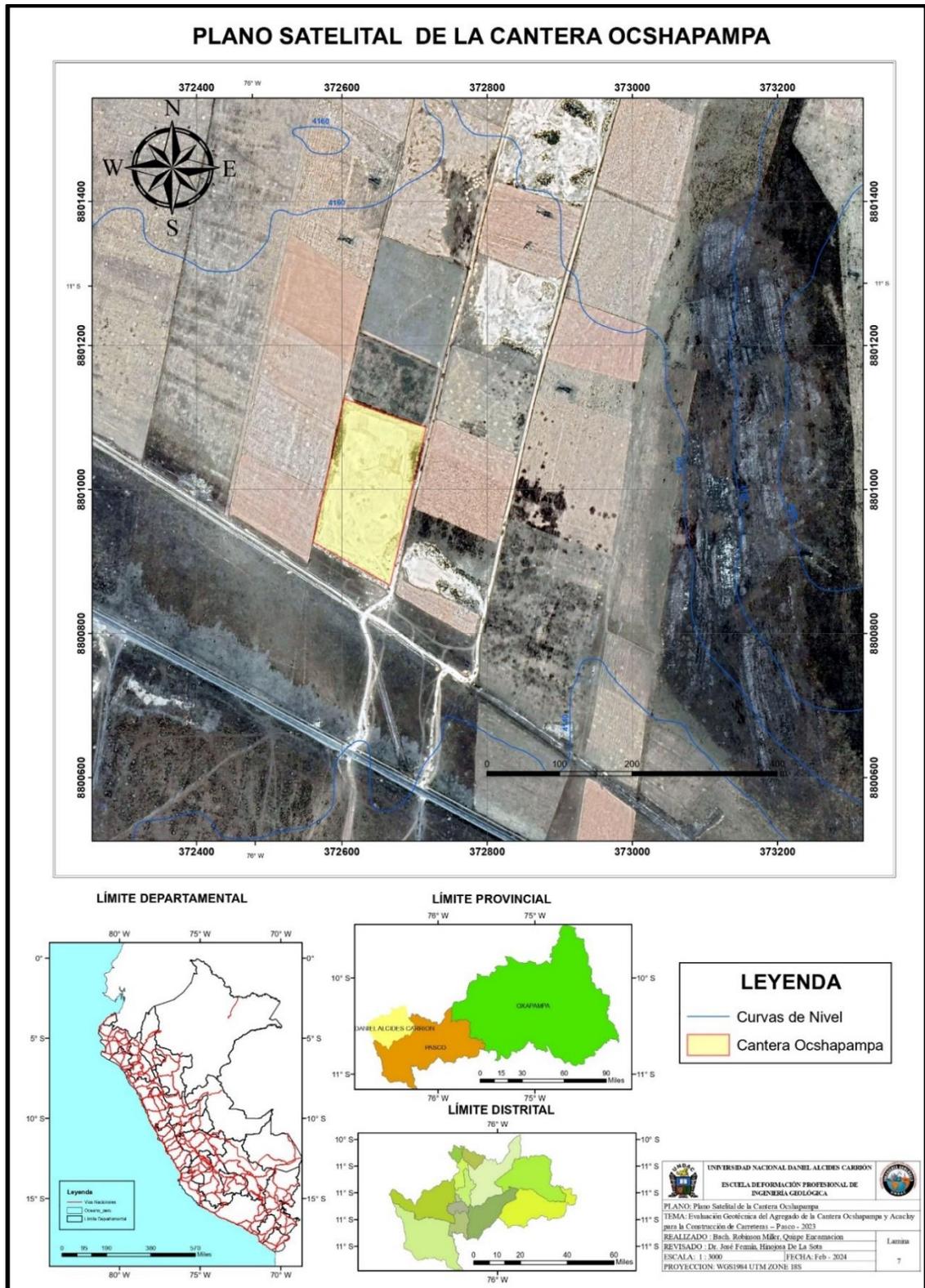
*Plano topográfico de la cantera Acacluy*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5**

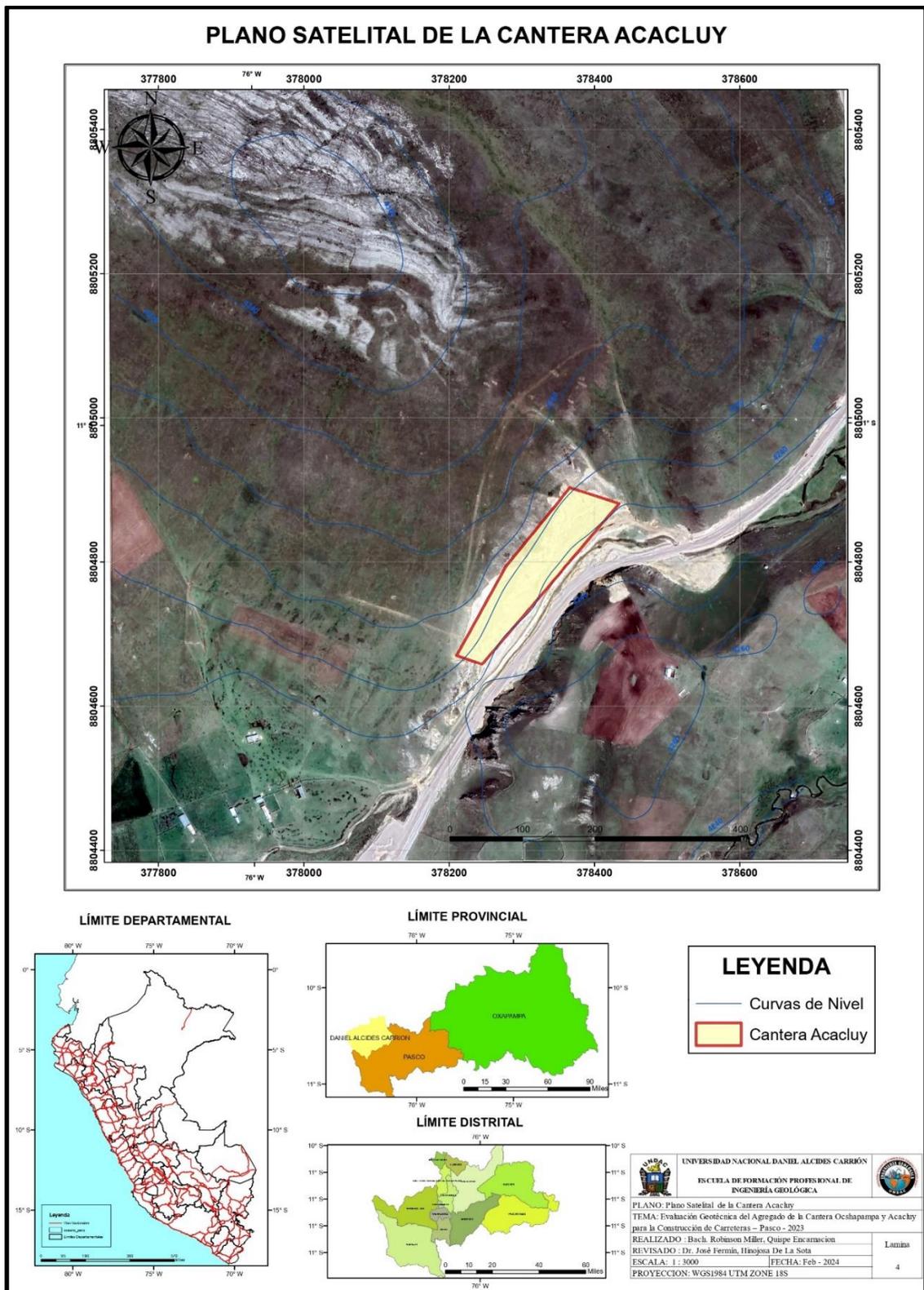
*Plano satelital de la cantera Ocshapampa*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 6**

*Plano satelital de la cantera Acacluy*



Fuente: Elaboración propia

## Accesibilidad

El acceso hacia la zona de investigación, se realizó desde la capital Lima

**Tabla 9**

*Vía de acceso cantera Ocshapampa*

<b>Vía de Acceso – Cantera Ocshapampa</b>				
<b>Ruta</b>	<b>Distancia (Km)</b>	<b>Vía</b>	<b>Estado</b>	<b>Tiempo (Hrs)</b>
Lima - Oroya	183	Asfaltada	Bueno	4.00
Oroya – Caserío Ocshapampa	91	Asfaltado	Bueno	2.00

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 10**

*Vía de acceso cantera Acacluy*

<b>Vía de Acceso – Cantera Acacluy</b>				
<b>Ruta</b>	<b>Distancia (Km)</b>	<b>Vía</b>	<b>Estado</b>	<b>Tiempo (Hrs)</b>
Lima - Oroya	183	Asfaltada	Bueno	4.00
Oroya – Ninacaca	85	Asfaltado	Bueno	1.50
Ninacaca – Caserío Acacluy	5.2	Asfaltado	Bueno	0.10

Fuente: Elaboración Propia

### 4.1.2. Clima

Las canteras se caracterizan por presentar un clima frígido, con escasa humedad tipo de altiplanicie puna, el cual presenta dos estaciones bien definidas: Uno de invierno, comprendido entre los meses de noviembre y abril, y otro de verano que va de mayo a octubre.

### **4.1.3. Geomorfología**

Geomorfológicamente la cantera Ocshapampa se encuentra en la Unidad Altiplanicies exactamente en la sub unidad Planicie de lago Junín, esta unidad es de origen cuaternario, de relieve plana a ondulada que se encuentra cubierta por gravas y arenas con matriz limoarenosa, el cual se encuentra a una altitud de 4115 msnm.

La cantera Acacluy se encuentra dentro de la Unidad Cordillera Oriental precisamente en la sub unidad Borde oeste de la Cordillera Oriental, esta unidad está conformada por flancos de pendientes moderadas a fuertes, presenta calizas arenosas con limoarcillitas, el cual se encuentra a una altitud de 4210 msnm.

### **4.1.4. Marco geológico regional**

En el presente capítulo se incluye el marco geológico a nivel regional, la información descrita está tomada de la bibliografía existente en el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), corresponde al Boletín N° 144 titulado “Geología de del Cuadrángulo de Cerro de Pasco Hoja 22-k”.

#### **Estratigrafía**

##### **Grupo Pucará - Formación Chambará (Ts-ch)**

Compuesta principalmente por dolomía, caliza wackstone, caliza mudstone, lutita, limo arenoso, las dolomías son de color gris en estratos gruesos de color marrón claro. Con respecto a las calizas estas son de colores grises y marrón en estratos gruesos, de acuerdo a la clasificación de Dunham (1962) se encuentran calizas wackstone a mudstone, que están intercaladas con lutitas calcáreas, niveles de limos arenosos blancos, además con presencia de chert y concreciones calcarías.

Por las evidencias fosilíferas y porque esta infrayaciendo a la formación Aramachay se le atribuyo a la edad Noriano-Reatiano del triásico superior. Además, esta unidad esta suprayaciendo al Grupo Mitú.

### **Grupo Pucará (TsJi-p)**

Compuesto por brecha basal con una potencia de aproximadamente 20 m, cuyos clastos que constituyen la brecha, son de filita y cuarzo, suprayaciendo a esta brecha se encuentran dolomitas masivas con niveles de chert negro (huellas de madrigueras reemplazadas por sílice), y niveles rojos que pueden representar superficies endurecidas.

### **Grupo Pucará - Formación Condorsinga (Ji-c)**

Esta formación es la parte superior del grupo Pucará, compuesta por caliza fosilífera, lutita, dolomía, caliza nodulosa, arenisca, las calizas fosilíferas de formación, son de colores gris, marrón y púrpura claro con abundante chert, que se encuentran intercaladas con lutitas y aislados niveles de dolomías, calizas nodulosas y areniscas verdes de composición volcánica.

Los estudios realizados por Ingemmet (2011), asumen que la sedimentación empezó en el Pliensbachiano. Además, Mégard (1978) sugirió que la parte superior de esta formación corresponde al Toarciano o Bajociano.

### **Formación Pocobamba (P-poc)**

Compuesta principalmente por conglomerados con clastos de cuarcita, de matriz arenosa con intercalaciones de areniscas y lutitas rojas. Por lo que es importante mencionar que esta unidad sedimentaria se dividió por Ángeles (1999) en dos miembros cartografiables: miembro Cacuan y Shuco.

El miembro Cacuan (Pe-ca) es el piso de esta formación, compuesto en la base de conglomerados con clastos subangulosos a subredondeados de diferente composición, además Ángeles (1999), determino que la base del Cacuan está formada por secuencias granodecrecientes de 10 a 25 m de espesor. Con respecto al media y tope de este miembro se encontraron calizas lagunares blanquesinos y grises con presencia de silex y chert.

El miembro Shuco (Pe-sh) este compuesto por conglomerados y brechas sedimentarias con escasos lentes de limolitas y areniscas.

Por las dataciones que se realizaron en los niveles volcánicos intercaladas a las secuencias conglomeradicas dieron como resultado que esta formación pertenece desde el paleoceno al eoceno medio.

#### **Depósito glaciar (Qp-gl)**

Depósitos ocasionados por la desglaciación, compuesto por bloques y gravas de diferentes composiciones y con una matriz areno-limosa, y están pobremente clasificada, a veces leve pseudoestratificación como testigo de fusiones estacionales durante el periodo glaciar.

#### **Depósito coluvial (Qh-cl)**

Depósitos originados por desprendimientos de rocas que han originado deslizamientos o derrumbes. compuesto por bloques y grava subangulares y angulares con matriz limo arenosa y arcillosa.

#### **Depósito lacustrino (Qh-la)**

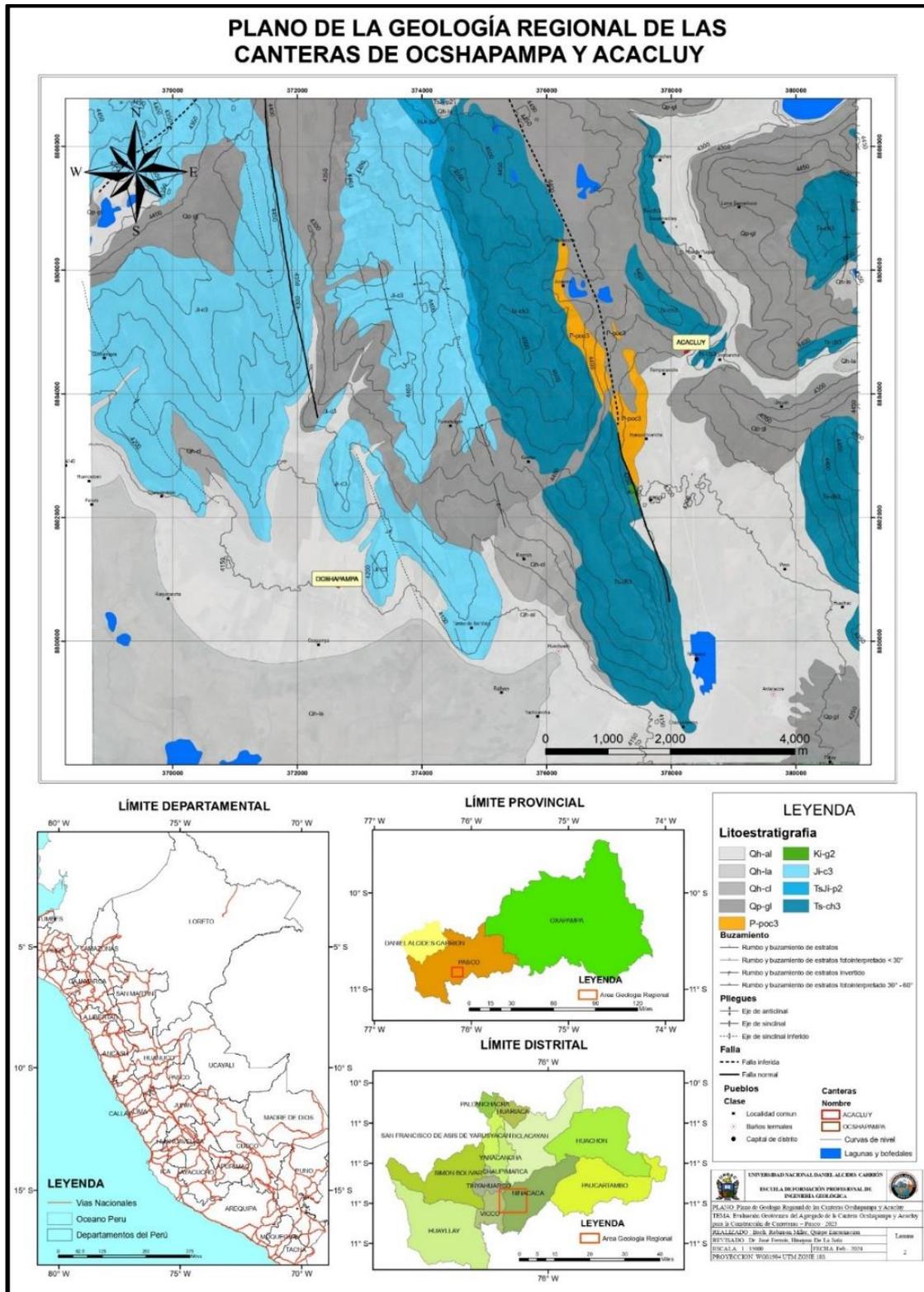
Son los depósitos que se encuentran en las orillas de las lagunas, además, compuestos por limos y material orgánico con intercalaciones de gravas.

### **Depósito aluvial (Qh-al)**

Originada por corriente de agua, compuesta por grava con clastos subredondeados a subangulares dependiendo del tiempo de transporte que hayan tenido, además están compuestas de matriz limo arenosa.

Figura 7

Plano Geológico Regional



Fuente: Elaboración Propia

#### **4.1.5. Peligros Geológicos**

La cantera Ocshapampa muestra una susceptibilidad baja ante movimientos en masa, según el mapa del INGEMMET sobre susceptibilidad ante movimientos en masa es debido a la pendiente baja de sus terrenos es decir no es propensa a generar movimientos de masa, y que sus suelos superficiales son gravas limo arenosa y de poca matriz limo arcillosa.

La cantera Acacluy muestra una susceptibilidad alta ante movimientos en masa, según el mapa del INGEMMET sobre susceptibilidad ante movimientos en masa debido a la pendiente fuerte (30°) de sus terrenos es decir es un terreno propenso para generar movimientos en masa, y que sus suelos superficiales son gravas arcillo-limosos poco compactados.

#### **4.1.6. Geología Local**

##### **Estratigrafía – Cantera Ocshapampa**

##### **Grupo pucara – Formación Condorsinga (Ji-C)**

Esta formación evidencia la parte superior del grupo Pucara, dentro del área de estudio se pudo observar que el afloramiento de esta formación está compuesto litológicamente por unas calizas fosilíferas de colores gris, marrón, con secuencias de estratos relativamente grueso de aproximadamente 50-70 cm. entre planos de estratificación.

##### **Cuaternario reciente - Holoceno Superior (Qh-al)**

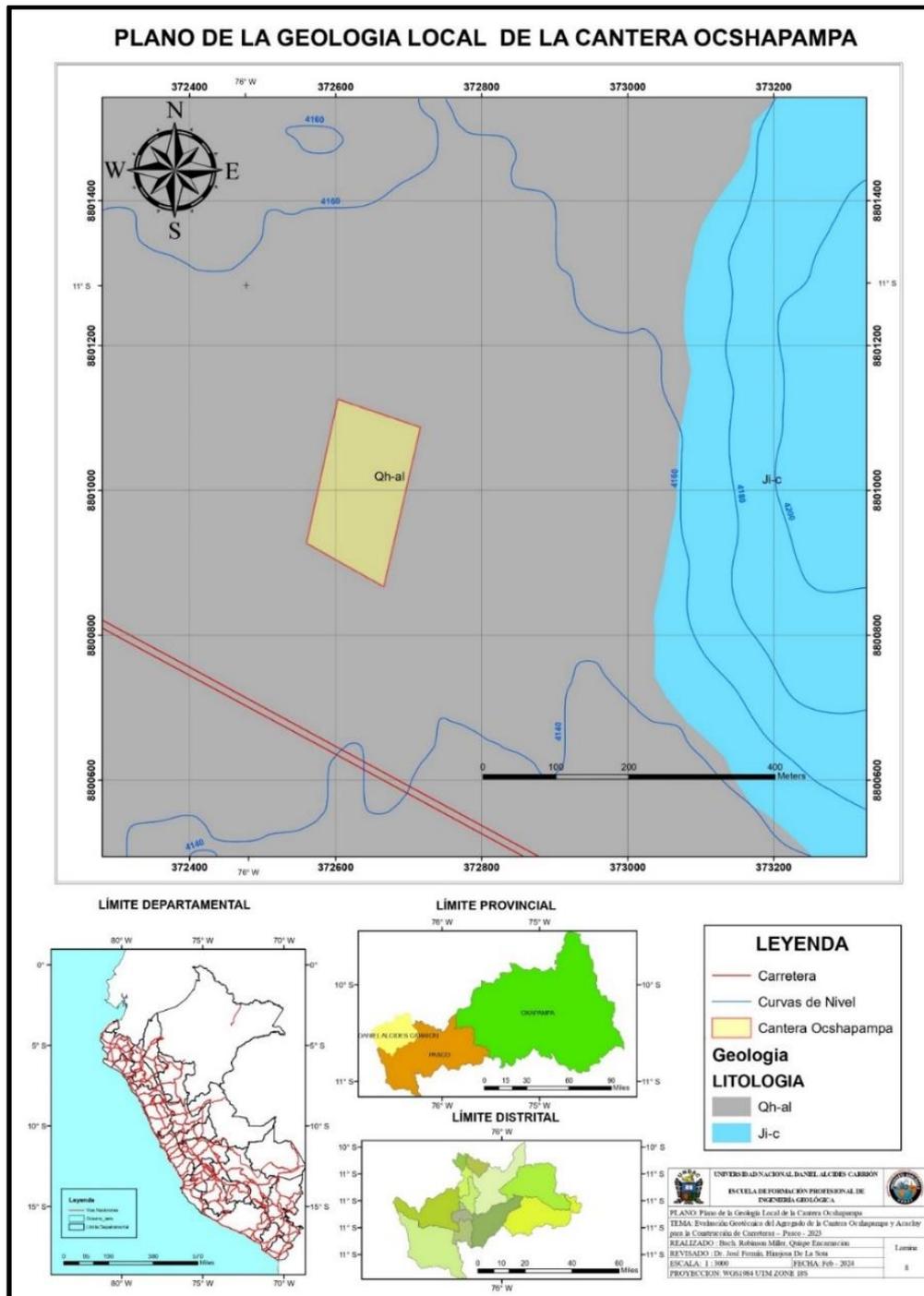
##### **Depósitos Aluviales (Qh-al)**

En este depósito cuaternario se pudo observar gravas de diferentes tamaños producto de la erosión, meteorización y agente transportador porque en el área de interés se pudo observar gravas de hasta 14 cm de tamaño máximo de forma

subredondeada a redondeada, con matriz de predominancia limo arenosa y de poca matriz limo arcillosa.

**Figura 8**

*Plano Geológico local – Cantera Ocshapampa*



Fuente: Elaboración Propia

**Estratigrafía – Cantera Acacluy**

### **Grupo pucara – Formación Chambara (Ts-Ch)**

Dentro del área de estudio se pudo observar que esta formación está compuesta litológicamente en la base del afloramiento una caliza que dentro de la clasificación de las calizas por su textura de Dunhan y folk (1962), se identificó como una caliza wackstone de color beige sin presencia de fósiles, asimismo se observó secuencias delgadas de 30 cm entre planos de estratificación, después se observó niveles caliza con presencia fosilífera, que se pudo identificar como una caliza Rudstone, finalmente parte superior de los afloramientos mapeados se observó una caliza mudstone y wackstone de color beige grisáceo, sin presencia de fósiles, con secuencias de estratos relativamente grueso de 60 cm entre planos de estratificación.

### **Deposito glaciar Qh-gl**

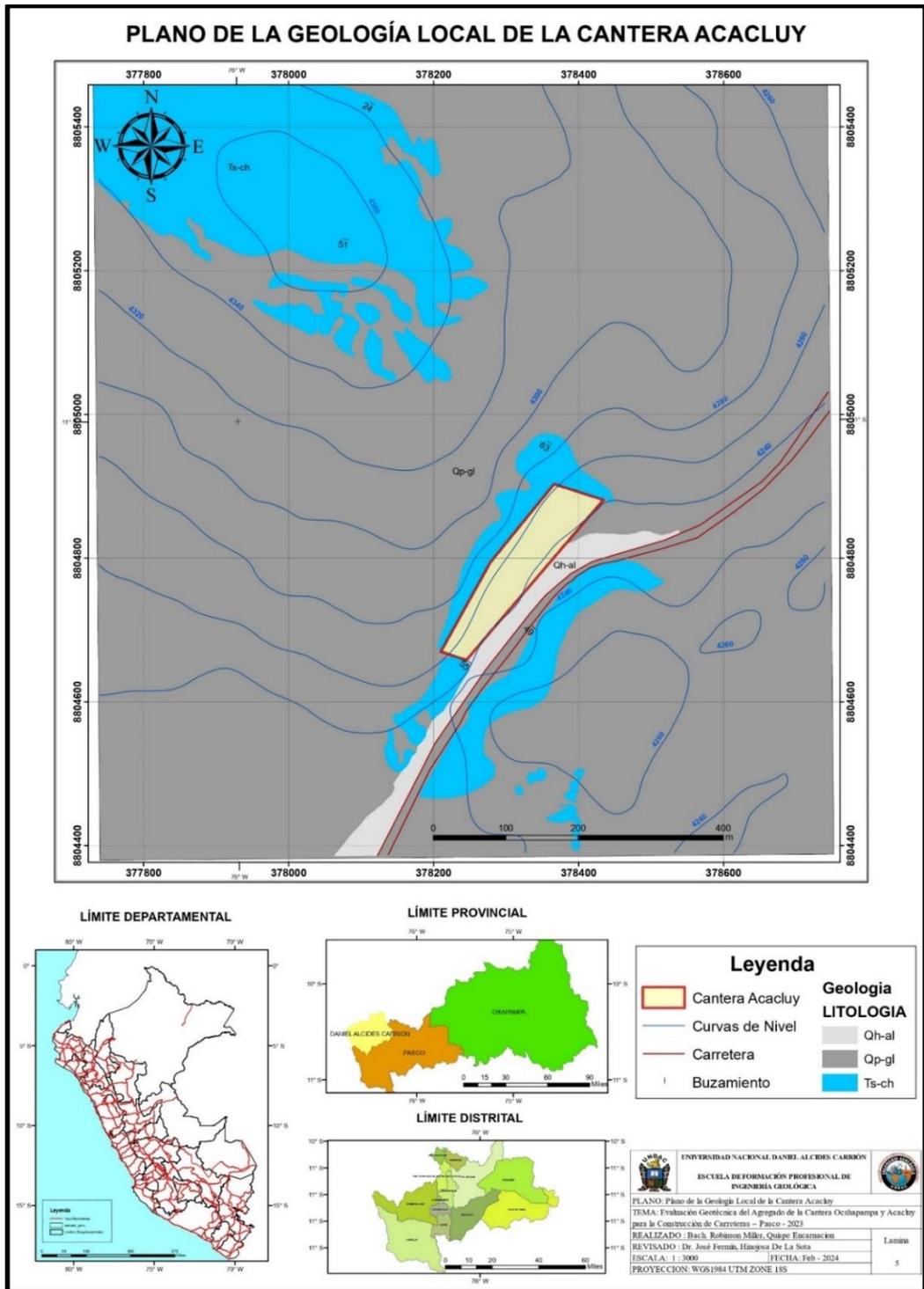
En este depósito cuaternario se pudo observar gravas de diferentes tamaños producto de la erosión y meteorización de los afloramientos propios del área de estudio, dichas gravas son de formas subangulares a angular lo que evidencia el poco transporte de estos materiales, asimismo es preciso mencionar que están pobremente clasificado, pero también se observó materiales del tamaño finos y arenosos, además, se observó que están cubiertas por materia orgánica. Cabe mencionar que la cantera en Estudio se encuentra en este depósito glaciar.

### **Deposito aluvial Qh – al**

En este depósito cuaternario se pudo observar grava con clastos subredondeados a redondeados de diferentes tamaños producto de la desintegración de la roca y distancia recorrida del material por el agente transportador, también se pudo observar boloneras subredondeados a redondeados y materiales compuesta de una matriz arenoso.

**Figura 9**

*Plano Geológico local – Cantera Acacluy*



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.7. Sectorización del Área de Estudio

Para la sectorización se realizó la descripción del perfil estratigráfico del área de las canteras.

#### Cantera Ocshapampa.

Para sectorizar el área de la cantera Ocshapampa se hizo el levantamiento de perfil estratigráfico de los 4 vértices del área de la cantera, pero se consideró un solo perfil estratigráfico de manera general debido a que la topografía es idéntica en los 4 vértices y asimismo los tipos de suelos son semejantes.

**Tabla 11**

*Perfil estratigráfico de la Cantera Ocshapampa*

Cantera Ocshapampa										
PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR (m)	N° MUESTRA	GRÁFICO	FOTO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	SUCS	ESTADO DE CONSISTENCIA			
							L.L.	L.P.	I.P.	HN
0.3	0.30	E-01			Limo orgánico arenoso, color granate, grava subredondeada de 3/4"	OH	-	-	-	Húmedo
0.6										
0.9					Grava bien graduada con arcilla y arena, de color amarillo pálido, grava de tamaño máximo 5 1/2" de forma subredondeada. Gravas: 51 % Arenas: 38% Fino: 11%	GW-GC	22.00	15.00	7.00	Húmedo
1.2										
1.5										
1.8										
2.1										
2.4										
2.7										
3										
3.3										
3.6										
3.9										
4.2										
4.5										
4.8										
5.1										
5.4										
5.7										
6										
6.3										
6.6										
6.9										
7.2										
7.5										
7.8										
8.1										
8.4										
8.7										
9										
9.3										
9.6										
9.9										
10.2										

Fuente: Elaboración Propia

Después de haber observado la tabla 11, el agregado que lo compone la cantera Ocshapampa presenta un material óptimo para uso en la construcción de carreteras hasta la profundidad de 10.2 metros actualmente.

Además de ello se considera importante verificar a mayor profundidad el material óptimo, mediante la perforación diamantina o en todo caso la aplicación de ensayos geofísicos y de esta manera determinar el volumen de material óptimo y vida útil de la cantera Ocshapampa

### Cantera Acacluy

Para sectorizar el área de la cantera Acacluy se hizo el levantamiento de perfil estratigráfico de 3 sub áreas que se encuentran dentro del área de la cantera.

#### Sub área 1

#### Coordenadas UTM:

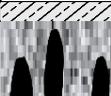
✓ E: 378295.00 m.

✓ N: 8804736.00 m.

**Cota:** 4218 m.s.n.m.

**Tabla 12**

*Perfil estratigráfico de la Cantera Acacluy – Sub área 1*

Cantera Acacluy - Sub área 1										
PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR (m)	N° MUESTRA	GRÁFICO	FOTO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	SUCS	ESTADO DE CONSISTENCIA			
							LL.	LP.	LP.	HN
0.2	0.20	E-01			Limo organico, color granate, grava subredondeada de 3/8"	OH	-	-	-	Húmedo
0.4	6.60	E-02			Grava mal graduada con arcilla y arena, de color amarillo pálido, grava de tamaño máximo 13" de forma subangular. Gravas: 46 % Arenas: 28% Fino: 26%	GP-GC	34.00	23.00	11.00	Húmedo
0.6										
0.8										
1										
1.2										
1.4										
1.6										
1.8										
2										
2.2										
2.4										
2.6										
2.8										
3										
3.2										
3.4										
3.6										
3.8										
4										
4.2										
4.4										
4.6										
4.8										
5										
5.2										
5.4										
5.6										
5.8										
6										
6.2										
6.4										
6.6										
6.8										

*Nota:* La profundidad del sub área 1 es de 46 metros. Fuente: Elaboración propia

## Sub área 2

### Coordenadas UTM:

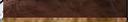
✓ E: 378328.00 m.

✓ N: 8804793.00 m.

**Cota:** 4225 m.s.n.m.

**Tabla 13**

### *Perfil estratigráfico de la Cantera Acacluy – Sub área 2*

Cantera Acacluy - Sub área 2										
PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR (m)	N° MUESTRA	GRÁFICO	FOTO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	SUCS	ESTADO DE CONSISTENCIA			
							LL	LP	IP	H.N
0.2	0.20	E-01			Limo organico, color granate, grava subredondeada de 3/8"	OH	-	-	-	Húmedo
0.4	6.60	E-02			Grava mal graduada con arcilla y arena, de color amarillo pálido, grava de tamaño máximo 12" de forma subangular. Gravas: 43 % Arenas: 30% Fino: 27%	GP-GC	34.00	23.00	11.00	Húmedo
0.6										
0.8										
1										
1.2										
1.4										
1.6										
1.8										
2										
2.2										
2.4										
2.6										
2.8										
3										
3.2										
3.4										
3.6										
3.8										
4										
4.2										
4.4										
4.6										
4.8										
5										
5.2										
5.4										
5.6										
5.8										
6										
6.2										
6.4										
6.6										
6.8										

*Nota:* La profundidad del sub área 2 es de 27 metros. Fuente: Elaboración propia

## Sub área 3

### Coordenadas UTM:

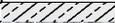
✓ E: 378371.00 m.

✓ N: 8804866.00 m.

**Cota:** 4223 m.s.n.m.

**Tabla 14**

*Perfil estratigráfico de la Cantera Acacluy – Sub área 3*

Cantera Acacluy - Sub área 3										
PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR (m)	N° MUESTRA	GRÁFICO	FOTO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	SUCS	ESTADO DE CONSISTENCIA			
							L.L.	L.P.	LP.	H.N
0.2	0.20	E-01			Limo organico, color granate, grava subredondeada de 3/8"	OH	-	-	-	Húmedo
0.4	6.60	E-02			Grava mal graduada con arcilla y arena, de color amarillo pálido, grava de tamaño máximo 12" de forma subangular. Gravas: 44 % Arenas: 31% Fino: 25%	GP-GC	34.00	23.00	11.00	Húmedo
0.6										
0.8										
1										
1.2										
1.4										
1.6										
1.8										
2										
2.2										
2.4										
2.6										
2.8										
3										
3.2										
3.4										
3.6										
3.8										
4										
4.2										
4.4										
4.6										
4.8										
5										
5.2										
5.4										
5.6										
5.8										
6										
6.2										
6.4										
6.6										
6.8										

*Nota:* La profundidad del sub área 3 es de 19 metros. Fuente: Elaboración propia

La extracción de material en la cantera Acacluy se realiza en sentido de avance frontal y frente de trabajo de altura creciente, en referencia ello se indica que la Cantera Acacluy tiene aproximadamente en el sub sector 1 (46 m.), en el sub sector 2 (27 m.), y en el sub sector 3 (19 m.) de altura actualmente de agregado.

Para conocer la profundidad total de la cantera Acacluy, se recomienda realizar ensayos geofísicos, y de esta manera conocer el volumen de agregado y vida útil de la cantera Acacluy.

**4.1.8. Análisis de Talud**

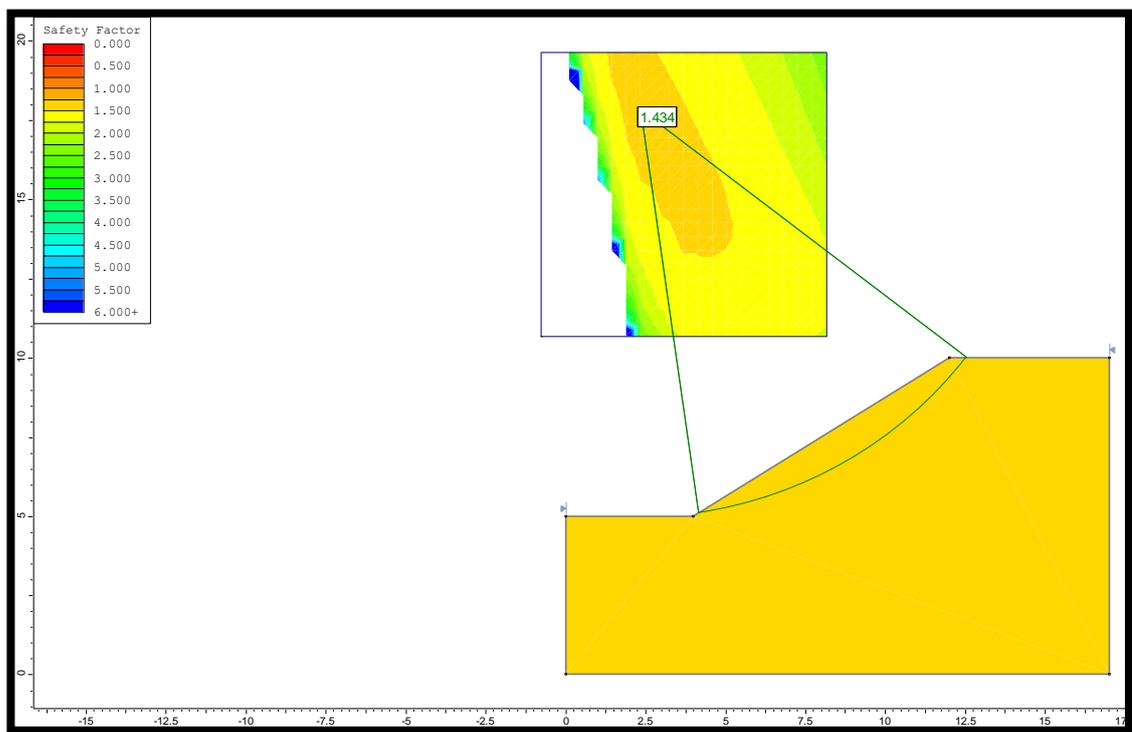
**Cantera Ocshapampa**

El diseño actual de explotación está conformado por los siguientes elementos:

- Altura= 5,30 m.
- Ancho: 2,50 m.
- Ángulo de talud de: 71°
- Angulo de fricción: 33,1
- Cohesión (KN/m2): 2,0
- Peso específico (KN/m3): 19,80
- Factor de seguridad= 1,434

**Figura 10**

*Análisis de Talud - Cantera Ocshapampa*



*Fuente: Elaboración Propia*

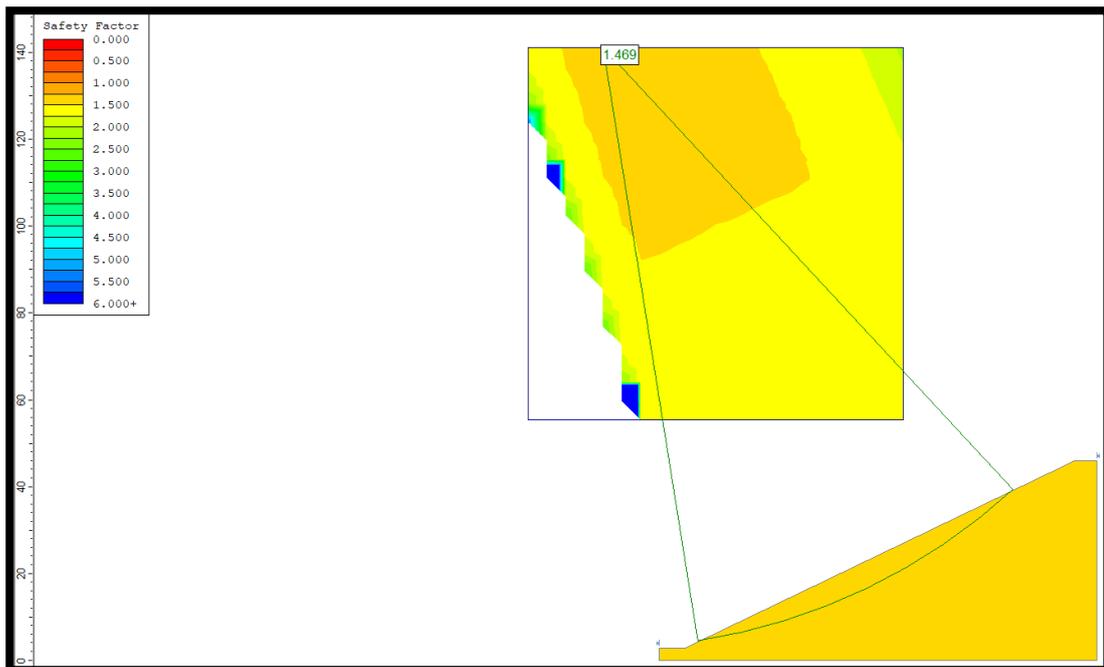
El análisis se realizó en un escenario estático, y se obtuvo un factor de seguridad de 1,434 mediante la aplicación del método de Bishop. Según las reglas descritas en la normativa es aceptable porque no está prevista ninguna distribución de carga.

## Cantera Acacluy

- Altura= 31,0 m.
- Ancho: 25,0 m.
- Ángulo de talud de:  $56^\circ$
- Angulo de fricción: 33,7
- Cohesión (KN/m2): 2,0
- Peso específico (KN/m3): 19,00
- Factor de seguridad= 1,469

**Figura 11**

*Análisis de Talud – Cantera Acacluy*



*Fuente: Elaboración Propia*

Utilizando el método Bishop, el factor de seguridad del talud de la cantera Acacluy es 1,469, está estable según la normativa.

#### **4.1.9. Plan de explotación**

##### **A. Actividades proyectadas**

###### **A.1. Etapa de planificación y construcción**

- Preparación de la cantera.
- Preparación de instalaciones auxiliares y complementarias.
- Preparación de vías de acceso, preparación de equipos y maquinarias.

###### **A.2. Etapa de operación**

- **Extracción de Material:**

###### **Canteras de terrenos horizontales (Cantera Ocshapampa)**

La extracción se inicia en trinchera hasta alcanzar una profundidad de primer nivel, ensanchándose a continuación el hueco creado y compaginando este avance lateral con la profundización teniendo como aspecto fundamental la estabilidad de los taludes, dimensión y orientación de los bancos, pistas y accesos.

###### **Canteras de laderas (Cantera Acacluy)**

La extracción se realiza en sentido de avance frontal y frente de trabajo de altura creciente por lo que es inviable proceder a la restauración de los taludes hasta que no finalice la explotación.

- **Zarandeo por gravedad.**

Se instalará una zaranda de 2" para seleccionar el material útil requerido para la construcción de carreteras, y el de mayor diámetro será acopiado en la cantera para otros usos.

- **Acopio temporal.**

Se ubicará cerca al punto de salida de la cantera.

- **Transporte de material.**

Camión volquete.

### **A.3. Etapa de cierre**

- Nivelación del terreno afectado y construcción de dique en la ribera del río

### **A.4. Vías de Acceso**

#### **Cantera Ocshapampa**

El acceso es a partir del km 91 de la carretera central asfaltada (La Oroya – Cerro de Pasco), luego se continua a una distancia de 150 metros a la derecha por una trocha carrozable de acceso hacia a la cantera.

#### **Cantera Acacluy**

El acceso es a partir del km 5.2 de la vía asfaltada Ninacaca - Huachón, a lado izquierdo.

## **B. Producto a extraer**

### **B.1. Material a explotar**

El material a extraer es un agregado que pasa por la malla de 2”, para luego ser aprovechados en la construcción de carreteras.

### **B.2. Método de explotación**

El método de explotación ha de ser mecánico con la intervención de una excavadora, cargador frontal y volquetes.

### **B.3. Estimado de producción**

El área de extracción, tiene con un buen potencial de material de acarreo. El volumen de material a extraer está sujeta al requerimiento de la realización de las obras que se ejecutan en la región de Pasco.

### **C. Sistema de Extracción**

- **Extracción de Material.**

La extracción y acopio del material, se realizará mediante una excavadora depositándola justo en la zona de acopio y/o zarandeo.

- **Zarandeo**

Con la ayuda de un cargador frontal y usando una zaranda de 2", se realizará el tamizado del material extraído.

- **Almacenamiento**

El agregado procesado será trasladado cerca al punto de salida de la cantera.

- **Transporte:**

El material será transportado en camiones volquete

- **Cierre de la cantera**

### **Nivelación del terreno**

Una vez realizado el abandono de la cantera el material de rechazo será reubicado en la cantera para nivelar el terreno y también se evaluarán las vías de acceso para beneficiar a los vecinos de la zona y otra parte de material será ubicado en la ribera del río como forma de dique para evitar que se desborde el río.

### **Desmantelamiento de instalaciones auxiliares.**

Se desmontará y desmantelará toda la zaranda, la infraestructura de almacenes, oficinas, salas de control, baños químicos, además se realizará limpieza general

### **Botaderos**

El botadero estará situado en la misma cantera, cercano a la zona de explotación de material. Es decir, el material de mayor tamaño será acopiado para otros usos.

### **D. Criterios para el cierre**

Esta sección contiene criterios de diseño para operaciones de cierre y abandono de las operaciones de explotación de la cantera y construcción de los caminos de acceso. Cuando se toman decisiones de cierre, estos criterios pueden servir como base para reubicar operaciones o crear nuevas alternativas basadas en los criterios y tecnologías que existían al momento del cierre.

Como la extracción se viene realizando "cielo abierto", las medidas de cierre se centran principalmente en la estabilidad física de la cantera y las canchas de desmonte. Es importante resaltar que en la explotación de la cantera no se forman drenajes ácidos ni vertidos de aguas residuales (excepto aquellas relacionadas con higiene personal, lavado de equipos, limpieza de oficinas y almacenes, etc.) por lo que no se requieren medidas de contención.

### **D.1. Criterio para la estabilidad física**

Cuando se eliminan grandes cantidades de material, el equilibrio de tensiones de los materiales internos cambia, por lo que es importante comprender la estabilidad geodinámica y de ingeniería del suelo del sitio. Por otro lado, se deben tener en cuenta eventos naturales como los terremotos, ya que las áreas de pendiente creadas por las actividades de extracción pueden volverse inestables durante terremotos de mayor intensidad y magnitud.

### **D.2. Criterio para el agua de lluvia**

El área donde se emplaza el proyecto ha sido clasificada climáticamente como frígido, donde la presencia de lluvias en los meses de noviembre – abril son de regular a alta intensidad y generan escorrentías. Sin embargo, se tomarán medidas preventivas al momento de realizar el cierre, consistente en construir diques a las orillas del río para evitar desbordes en el futuro.

## **E. Medidas de cierre para la estabilidad física**

### **E.1. Taludes en el área de cantera y canchas de desmonte**

Al finalizar la operación, cuando se cierre la cantera, los taludes permanecerán estables y no habrá bloques inestables. Sin embargo, dada la importancia de la estabilidad de los taludes, se registraron los siguientes objetivos:

- Las pendientes de las canteras deben mantener los ángulos y elevaciones definidas en el Plan de Explotación y estas pendientes deben corregirse.
- El acceso a las zonas con riesgo de colapso estará restringido mediante señales de advertencia, restricciones de acceso y vigilancia.
- La cantidad de tierra producida mediante métodos mineros será transportada a la cantera. Luego se limpiará, reperfilara y nivelará el área donde se utilizará la plataforma.
- Se desmontará toda la maquinaria, equipos y materiales utilizados en la etapa de explotación.
- Para evaluar la eficacia de las medidas implementadas en la fase final se realizará un seguimiento de las mismas y de sus resultados. Al monitorear las operaciones de cierre, el nuevo análisis abordará las cuestiones de estabilidad física de la cantera mediante el reperfilado. Luego del cierre se continuará con el monitoreo, esta fase corresponde a la fase de post-cierre y se llevará a cabo simultáneamente con la fase de cierre. El monitoreo posterior al cierre continuará durante 3 años o hasta que se restablezcan las condiciones ambientales originales.

#### **F. Identificación y evaluación de impactos ambientales**

Identificar, pronosticar y evaluar el impacto de la etapa de explotación de la cantera en el medio ambiente, ayudara a implementar medidas de

mitigación y con la ayuda de estas medidas lograr la protección en el área de influencia del Proyecto

Los principales impactos ambientales encontrados en el área de estudio son los siguientes:

#### **F.1. Etapa de explotación de cantera:**

- **Generación de Empleo**

Los trabajos de construcción, requerirá de la contratación de mano de obra no calificada. Ayudando a la reducción de la tasa de desempleo.

- **De las Canteras y Manejo de Botaderos**

- **Canteras:**

##### **Ocshapampa**

Actualmente la explotación de cantera, se está realizando a tajo abierto, originando excavaciones tipo pozo, trasladando todo material de rechazo hacia un lugar de botadero que se ubica en la misma cantera.

##### **Acaclyuy**

La extracción se está realizado en sentido de avance frontal y frente de trabajo de altura creciente, acopiando todo material de gran tamaño hacia un lugar de botadero que se ubica en la misma cantera.

Dentro de las partidas que se ejecutarán durante la extracción de material de cantera serán:

- Preparación de terreno y limpieza
- Extracción de material.

- Selección de material.
- Carguío de material.
- Transporte de material.
- Cierre de cantera

- **Botaderos:**

El botadero estará ubicado, en la zona de explotación.

- **Contaminación Acústica**

Al efectuar las actividades que involucran el uso de maquinarias, si bien el ruido no se acumula, se mueve ni permanece en el tiempo como otras contaminaciones, también puede causar daños importantes a la calidad de vida de las personas si no se controla.

- **Contaminación de Suelo**

**Cantera Ocshapampa**

Las máquinas pesadas están obligadas a realizar su mantenimiento fuera de la cantera, para evitar el impacto ambiental de las áreas verdes, debido a que alrededores existen áreas de pastoreo.

**Cantera Acacluy**

Dado que la cantera se encuentra a lado de un río, el goteo de aceite lubricante y combustible de la maquinaria pesada causara impacto ambiental y contaminación del río. Sin embargo, esto requiere que las maquinas sean completamente funcionales y las reparaciones en la cantera

están estrictamente prohibidos y deben realizarse fuera de la cantera.

## **G. Medidas de mitigación ambiental**

Se recomienda que las medidas de mitigación ambiental previstas en el proyecto sean utilizadas como herramientas de gestión ambiental para evitar o minimizar el impacto sobre el medio ambiente y el entorno del proyecto. En este sentido, las medidas desarrolladas en este estudio están dirigidas a prevenir, controlar y mitigar los cambios en curso que amenazan la estabilidad ambiental de la cantera.

### **Etapas de Construcción**

- **Generación de Empleo.**

Se aconseja la contratación de mano de obra calificada y no calificada local.

- **Posible Alteración del Paisaje**

Los trabajos deberán realizarse de forma controlada en las respectivas áreas de cada cantera.

- **Contaminación Acústica**

Los trabajos se organizarán de forma que se minimice el impacto sobre la población directamente afectada.

- **Contaminación de suelo**

Se capacitará al personal (operadores) y todo el mantenimiento y abastecimiento de combustible deberá realizarse fuera de los límites del río, lo cual está totalmente prohibido, activándose así zonas de almacenamiento y transferencia de hidrocarburos.

- **Generación de Residuos Sólidos**

Como resultado de cualquier actividad humana se generan residuos sólidos, los cuales deben ser adecuadamente dispuestos para evitar un impacto significativo al medio ambiente, por lo que la Empresa almacenará y dispondrá adecuadamente los residuos generados durante las actividades de extracción. Se aplicarán procedimientos de “manejo de residuos sólidos”.

- **Eliminación de Material Excedente.**

La actividad generará material excedente cuyo diámetro supera las 2”, los mismos que serán acopiados en la misma cantera para otros usos.

- **Manejos de Sustancias peligrosas**

En el proceso de producción sólo se utilizan combustibles fósiles como aceite y grasa. Para evitar cualquier tipo de derrames se implementarán medidas de control en esta zona teniendo en cuenta:

- ✓ El suministro de combustible se efectuará fuera del cauce del río.
- ✓ Se contará con Kits Antiderrame en la cantera a utilizar.
- ✓ No se efectuarán trabajos de mantenimiento de equipos en la cantera existente.

- **Emisiones atmosféricas**

Las fuentes de emisión atmosférica son equipos que las personas utilizan en el trabajo, entre ellos: camiones volquete, cargadores frontales y excavadoras estas fuentes se consideran fuentes móviles. Las emisiones potenciales incluyen dióxido de carbono

gaseoso y partículas provenientes de una combustión mecánica incompleta, las cuales serán monitoreadas para verificar que excedan los límites aceptables. Parte del proceso productivo puede resultar en emisiones difusas de vehículos que circulan por caminos no pavimentados que requieren riego constante.

#### **4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.**

Los estudios mecánica de suelos se realizaron de acuerdo con el manual de pruebas de materiales para carreteras del MTC (2016) en el laboratorio de mecánica de suelos ZEMCO INGENIEROS S.A.C.

##### **4.2.1. Caracterización física y mecánica del agregado de la Cantera**

###### **Ocshapampa**

###### **Análisis granulométrico por tamizado (AASHTO - 147)**

Se refiere a la determinación mecánica de la distribución de tamaño de diferentes partículas en una muestra de arena o grava con el objetivo de clasificarlas por tamaño calculando el porcentaje de fracciones que pasan por los distintos tamices utilizados en el ensayo.

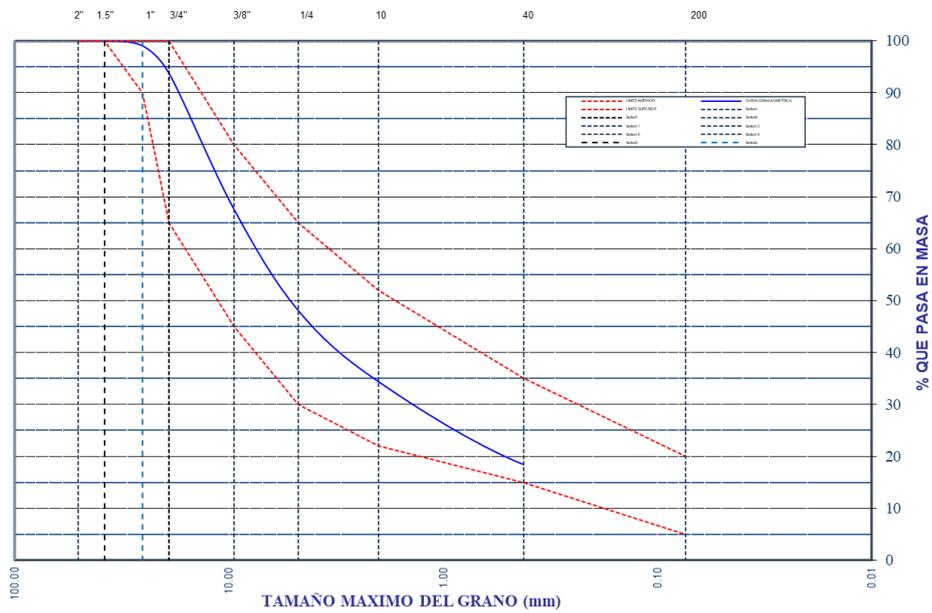
**Tabla 15***Resumen de análisis granulométrico por tamizado - Cantera Ocshapampa***AASHTO M - 147**

Tamiz	Abertura (mm)	Masa Retenida (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Gradación (Porcentaje que pasa)						
						A - 1	A - 2	C	D	E	F	
2"	50,800	-	-	-	100	100	100	-	-	-	-	-
1 1/2"	38,100	-	-	-	100	100	100	-	-	-	-	-
1"	25,400	57,7	1,0	1,0	99,0	90	100	100	100	100	100	100
3/4"	19,050	306,9	5,4	6,4	93,6	65	100	80 - 100	-	-	-	-
3/8"	9,525	1474,3	25,9	32,4	67,6	45	80	65 - 100	50 - 85	60 - 100	-	-
4	4,760	1110,9	19,5	51,9	48,1	30	65	50 - 85	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 - 100
10	2,000	779,74	13,7	65,6	34,4	22	52	33 - 67	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100
40	0,420	905,38	15,9	81,6	18,4	15	35	20 - 45	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 100
200	0,074	450,80	7,9	89,5	10,5	5	20	5 - 20	5 - 15	5 - 20	6 - 20	8 - 25
< 200	0	597,27	10,5	100,0	-	-	-					
TOTAL		5682,99										

*Nota.* En la tabla se muestra el resumen del análisis granulométrico del agregado de la cantera Ocshapampa que se encuentra dentro de franja granulométrica A-1 que indica el manual de carreteras del MTC para materiales de afirmado. Fuente: Elaboración propia

**Figura 12**

*Curva granulométrica - Cantera Ocshapampa*



*Nota.* La figura muestra una curva granulométrica del agregado de la cantera Ocshapampa, que está dentro de la franja granulométrica (A-1) que indica el manual de carreteras del MTC para materiales de afirmado. Fuente: Elaboración propia

### **Límite líquido de los suelos (MTC E 110)**

Límite de líquido es el porcentaje de contenido de agua en el límite entre los estados líquido y plástico del suelo.

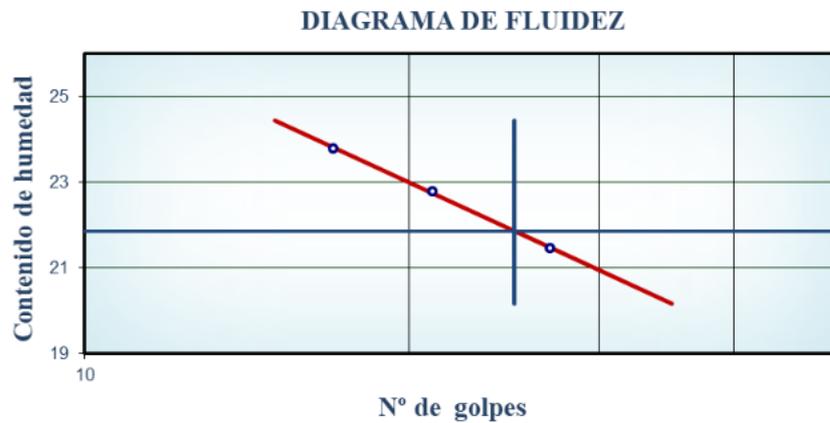
**Tabla 16***Limite liquido - Cantera Ocshapampa*

<b>Limite Líquido</b>					
<b>Ensayo N°</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Masa de la lata	m1	(0.01g)	13,89	13,56	13,86
Masa de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	27,82	27,84	27,81
Masa de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	25,36	25,19	25,13
Masa del agua	$w_s = m_3 - m_1$	(0.01g)	2,46	2,65	2,68
Masa del suelo seco	$w_w = m_2 - m_3$	(0.01g)	11,47	11,63	11,27
Contenido de agua	$w = \frac{w_w}{w_s} \times 100$	0.1%	21,45	22,79	23,78
Numero de golpes			27	21	17
Límite Líquido		(%)	<b>22</b>		

*Nota.* En la tabla se presenta el límite líquido de 22% del agregado de la cantera Ocshapampa, el cual se encuentra por debajo del 35% máximo, que estipula el manual de carreteras del MTC para materiales de afirmado. Fuente: Elaboración propia

**Figura 13**

*Diagrama de fluidez - Cantera Ocshapampa*



Fuente: Elaboración propia

**Límite plástico (L. P) de los suelos e índice de plasticidad (I. P). (MTC 111)**

El límite plástico es el contenido mínimo de humedad más bajo, que se puede utilizar para hacer barritas de suelos de 3,2 mm con los dedos de la mano, sobre una superficie lisa cuidando de no romper las barritas.

El índice de plasticidad es el valor absoluto del rango de humedad en el que el suelo adopta un comportamiento plástico, definido como la diferencia entre su límite líquido y límite plástico.

**Tabla 17***Límite Plástico - Cantera Ocshapampa*

<b>Límite de Plasticidad</b>				
<b>Ensayo N°</b>			<b>1</b>	<b>2</b>
Masa de la lata	m1	(0.01g)	13,71	13,71
Masa de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	20,08	19,85
Masa de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	19,27	19,07
Masa del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	0,81	0,78
Masa del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	5,56	5,36
Contenido de agua	$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$	0.1%	14,57	14,55
Límite de Plasticidad		(%)	15	

*Nota.* En la tabla se muestra el resultado del límite plástico del agregado de la cantera Ocshapampa. Fuente: Elaboración propia

**Tabla 18***Índice de Plasticidad - Cantera Ocshapampa*

<b>CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA</b>	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	22
LÍMITE PLÁSTICO (%)	15
ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD (%)	7

*Nota.* La tabla muestra el índice de plasticidad de 7% del agregado de la cantera Ocshapampa, lo que indica que tiene un índice de plasticidad apropiado y cumple con el parámetro establecidos (4 – 9) por el manual de carreteras del MTC para materiales de afirmado. Fuente: Elaboración propia

## Ensayo de Próctor Modificado MTC E 115

Esta prueba se refiere a un procedimiento de compactación utilizado en laboratorios, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación).

**Tabla 19**

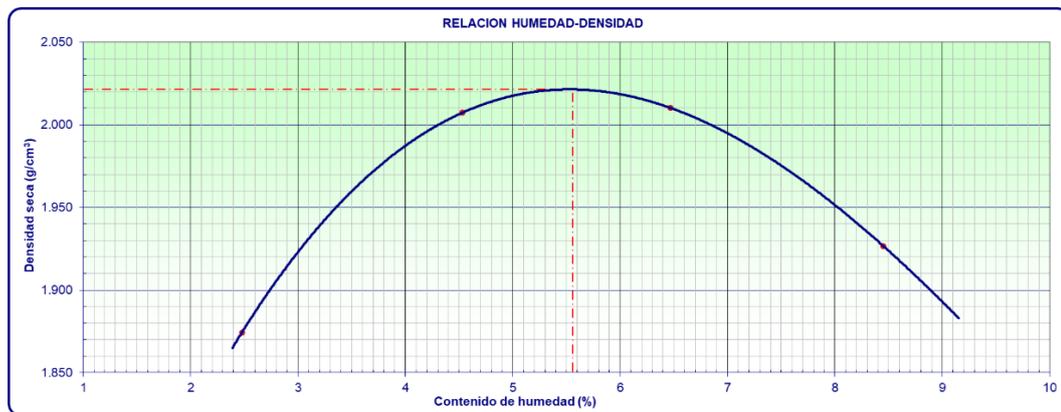
*Resumen de ensayo Proctor modificado - Cantera Ocshapampa*

<b>DATOS DE ESPECIMEN</b>					
Ensayo N°		1	2	3	4
Capas N°		5	5	5	5
Golpes por capa N°		56	56	56	56
Masa de suelo húmedo + molde	g.	10714	11091	11180	11072
Masa del molde + base	g.	6634	6634	6634	6634
Masa suelo húmedo compactado	g.	4080	4457	4546	4438
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2124	2124	2124	2124
Masa volumétrico húmedo	g/cm <sup>3</sup>	1,921	2,098	2,140	2,089
Masa del suelo húmedo + bandeja	g.	588,9	587,5	586,0	582,3
Masa del suelo seco + bandeja	g.	576,8	565,8	555,6	543,3
Masa de la bandeja	g.	88,6	87,0	85,6	81,8
Masa de agua	g.	12,1	21,7	30,4	39,0
Masa del suelo seco	g.	488,2	478,8	470,0	461,5
Contenido de agua	%	<b>2,5</b>	<b>4,5</b>	<b>6,5</b>	<b>8,5</b>
Peso volumétrico seco	g/cm <sup>3</sup>	<b>1,874</b>	<b>2,007</b>	<b>2,010</b>	<b>1,927</b>

*Nota.* En la tabla se muestra el resumen de los datos obtenidos del proceso de compactación de la prueba de Proctor modificado del agregado de la cantera Ocshapampa. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 14**

*Curva Próctor: Cantera Ocshapampa*



*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 20**

*Resumen de ensayo Proctor modificado - Cantera Ocshapampa.*

Densidad máxima Seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2,02</b>
Humedad óptima (%)	<b>5,56</b>

Fuente. Elaboración propia

### **Ensayo CBR MTC E 132**

Este método de prueba se utiliza para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base. Además, se puede determinar el índice de resistencia para evaluar la capacidad de soporte de los suelos, en este caso de afirmado.

**Tabla 21***Resumen de ensayo CBR - Cantera Ocshapampa*

<b>DATOS DE ESPECIMEN</b>							
<b>COMPACTACIÓN</b>							
Molde N°		1		2		3	
Capas N°		5		5		5	
Golpes por capa N°		56		25		12	
Condición de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	g.	11794	11948	11333	11537	11356	11579
Masa de molde + base	g.	7254	7254	6842	6842	6930	6930
Masa del suelo húmedo	g.	4540	4694	4491	4695	4426	4649
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2134	2135	2146	2148	2133	2135
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	2,127	2,200	2,093	2,188	2,075	2,180
Masa suelo húmedo + bandeja	g.	585,1	587,1	582,9	587,4	571,7	586,2
Masa suelo seco + bandeja	g.	559,1	547,2	557,0	543,7	545,2	541,3
Masa de bandeja	g.	84,7	86,5	82,3	86,8	71,1	85,5
Masa de agua	g.	26,0	39,9	25,9	43,7	26,5	44,9
Masa de suelo seco	g.	474,4	460,7	474,7	456,9	474,1	455,8
Contenido de humedad	%	5,5	8,7	5,5	9,6	5,6	9,9
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	2,017	2,024	1,984	1,995	1,965	1,982

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 22***Resumen de Expansión - Cantera Ocshapampa*

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
15/01/2024	11:30 a.m.	0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
16/01/2024	11:30 a.m.	24	0,001	0,03	0,0	0,001	0,03	0,0	0,002	0,05	0,0
17/01/2024	11:30 a.m.	48	0,001	0,03	0,0	0,002	0,05	0,0	0,003	0,08	0,1
18/01/2024	11:30 a.m.	72	0,001	0,03	0,0	0,003	0,08	0,1	0,004	0,10	0,1
19/01/2024	11:30 a.m.	96	0,001	0,03	0,0	0,003	0,08	0,1	0,004	0,10	0,1

Fuente: Elaboración propia

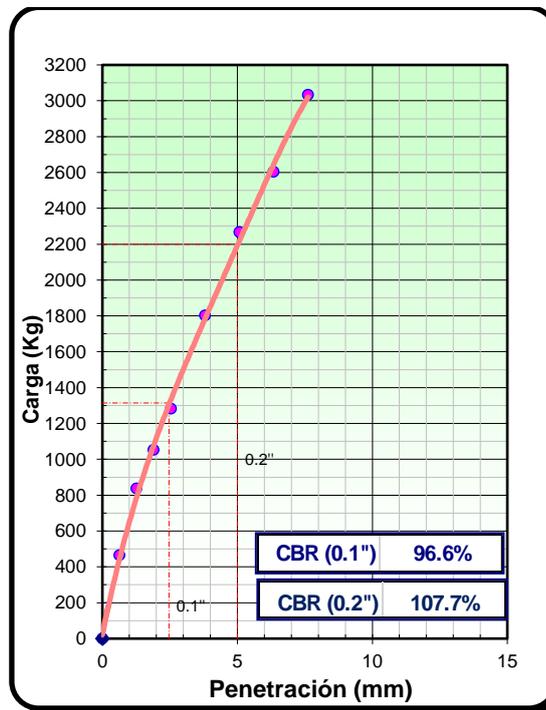
**Tabla 23***Resumen de Penetración en equipo CBR - Cantera Ocshapampa*

PENETRACIÓN													
PENTR. mm	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N.º 1				MOLDE N.º 2				MOLDE N.º 3			
		CARGA		CORR.		CARGA		CORR.		CARGA		CORR.	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0,000		0,000	0,0			0,000	0,0			0,000	0,0		
0,635		4,557	464,7			2,810	286,5			1,148	117,1		
1,270		8,206	836,8			5,336	544,1			2,260	230,5		
1,905		10,327	1053,0			7,456	760,3			3,016	307,5		
2,540	70,5	12,572	1282,0	1314,3	97	8,343	850,7	889,2	65	4,016	409,5	399,5	29
3,810		17,674	1802,2			11,076	1129,4			5,221	532,4		
5,080	105,7	22,225	2266,3	2199,6	108	13,870	1414,3	1397,1	68	6,162	628,3	635,2	31
6,350		25,534	2603,7			16,117	1643,5			7,102	724,2		
7,620		29,734	3032,0			18,360	1872,2			7,760	791,3		
10,160		35,134	3582,6			23,100	2355,5			9,804	999,7		
12,700		39,734	4051,7			26,990	2752,2			11,572	1180,0		

*Nota.* En la tabla se muestra el resumen del proceso de penetración de los tres moldes de la prueba de CBR del material de la cantera Ocshapampa. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 15**

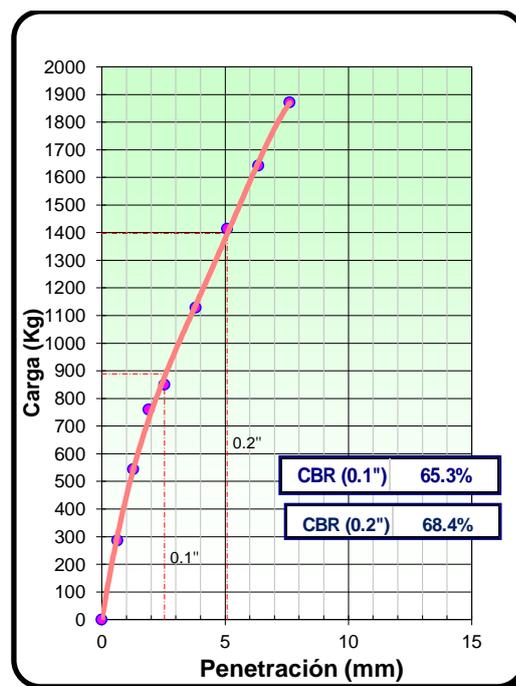
*Curva de penetración CBR de 56 golpes - Cantera Ocshapampa*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 16**

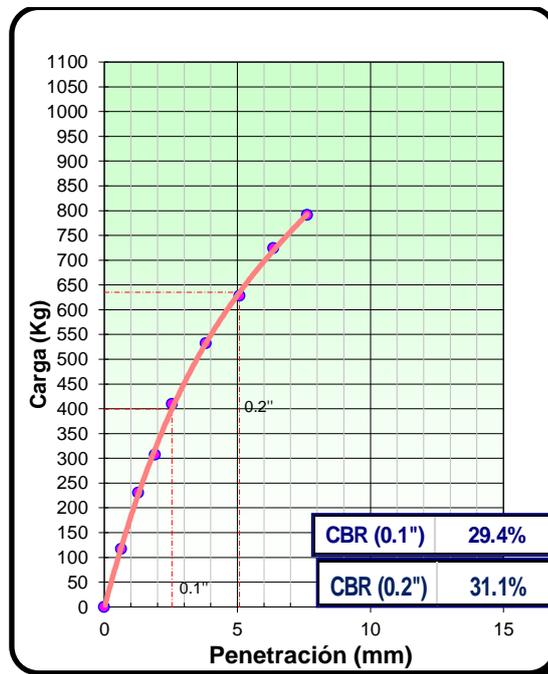
*Curva de penetración CBR de 25 golpes - Cantera Ocshapampa*



Fuente. Elaboración propia

**Figura 17**

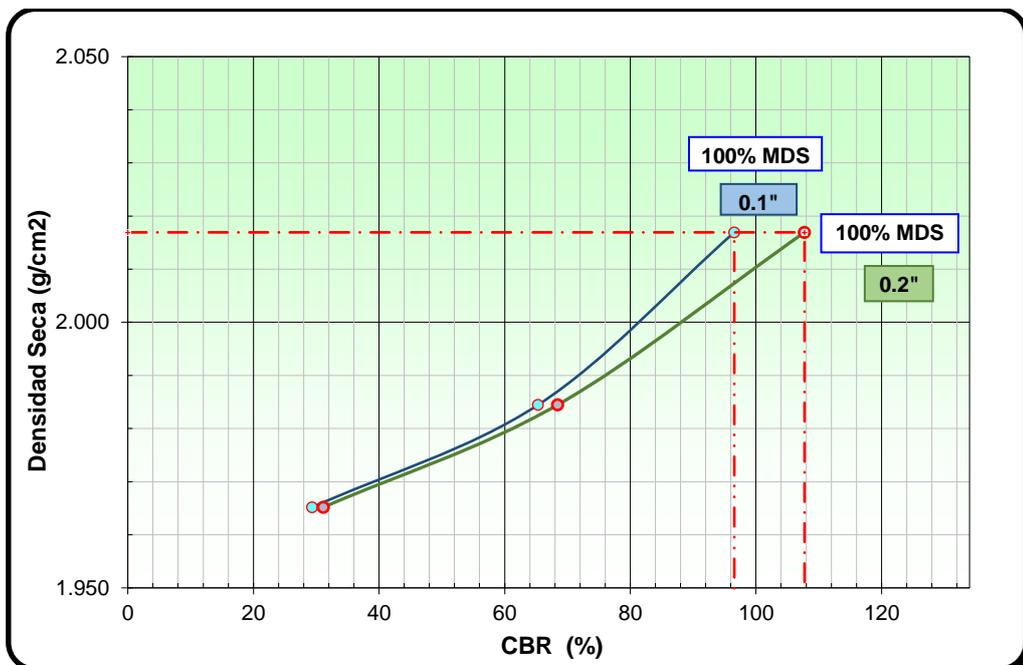
*Curva de penetración CBR de 12 golpes - Cantera Ocshapampa*



Fuente. Elaboración propia.

**Figura 18**

*Curva de densidad, CBR del afirmado - Cantera Ocshapampa*



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 24***Resumen de porcentaje de resistencia CBR - Cantera Ocshapampa*

<b>PORCENTAJE DEL CBR</b>				
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0,1"	96,6	0,2"	107,7
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0,1"	65,3	0,2"	68,4

*Nota.* En la tabla se muestra el resultado del C.B.R al 100% y 95% de la máxima densidad seca y a una penetración de carga de 0,1" y 0,2", (la resistencia de 96,6% indica que el agregado de la cantera Ocshapampa se encuentra dentro del parámetro de estándar de calidad que exige el MTC para materiales de afirmado). Fuente: Elaboración propia.

**Ensayo de los Ángeles (ABRASIÓN) MTC E 207**

Se ejecuto en laboratorio de mecánica de suelos, utilizando la máquina de abrasión de los ángeles para definir el porcentaje de abrasión del agregado grueso.

**Tabla 25***Ensayo de los Ángeles - Cantera Ocshapampa*

<b>ABRASIÓN LOS ÁNGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2")</b>					
Medida de Tamiz (Abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado (g)			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 1/2")	25 mm (1")	1247	.....	.....	.....
25 mm (1")	19 mm (3/4")	1253	.....	.....	.....
19 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1250	.....	.....	.....
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1250	.....	.....	.....
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	.....	.....	.....	.....
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (N° 4)	.....	.....	.....	.....
4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N° 8)	.....	.....	.....	.....
TOTAL (g)		5000			

**ABRASIÓN LOS ÁNGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS  
AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2")**

Numero de Esferas	12	.....	.....	.....
Masa de la Carga (g)	5000	.....	.....	.....
Numero de Revoluciones	500	.....	.....	.....

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 26**

Resumen de porcentaje de desgaste - Cantera Ocshapampa

<b>RESUMEN DE PORCENTAJE DE DESGASTE - CANTERA OCSHAPAMPA</b>	
Método de ensayo	A
Masa inicial del espécimen (g)	5000
Masa final del espécimen (g)	3813
Masa < malla N° 12 (g)	1187
<b>Desgaste (%)</b>	<b>23,74</b>

*Nota.* En la tabla se muestra el resultado de la prueba de desgaste realizada en la maquina Los Ángeles, con el porcentaje de desgaste del material de 23,74%, muy por debajo del 50% requerido por la normativa vigente, por lo que cumple con el parámetro de estándar de calidad para afirmado de carreteras. Fuente: Elaboración propia

#### **4.5.2. Caracterización física y mecánica del agregado de la Cantera Acaclyu**

##### **Análisis granulométrico por tamizado (AASHTO - 147)**

Se refiere a la determinación mecánica de la distribución de tamaño de diferentes partículas en una muestra de arena o grava con el objetivo de clasificarlas por tamaño calculando el porcentaje de fracciones que pasan por los distintos tamices utilizados en el ensayo.

**Tabla 27**

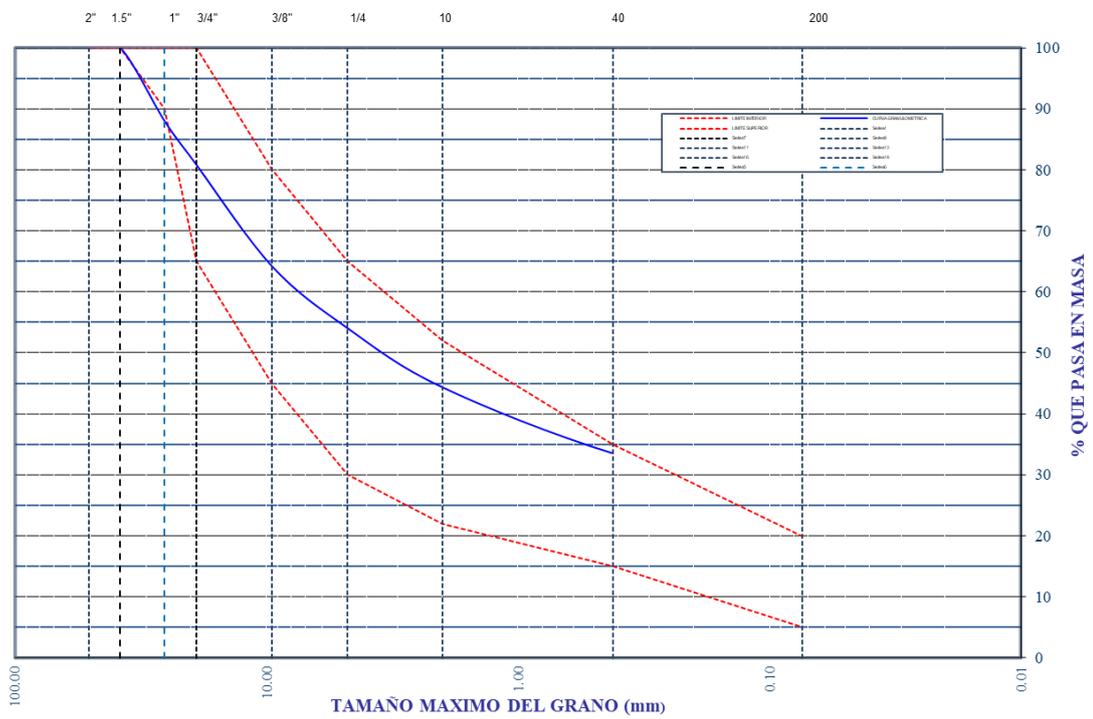
*Resumen de análisis granulométrico por tamizado - Cantera Acacluy*

<b>AASHTO M - 1471</b>												
Tamiz	Abertura (mm)	Masa Retenida (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Gradación (Porcentaje que pasa)						
						A - 1	A - 2	C	D	E	F	
2"	50,800	-	-	-	100	100	100	-	-	-	-	-
1 1/2"	38,100	-	-	-	100	100	100	-	-	-	-	-
1"	25,400	754,7	12,0	12,0	88,0	90	100	100	100	100	100	100
3/4"	19,050	445,3	7,1	19,1	80,9	65	100	80 - 100	-	-	-	-
3/8"	9,525	1049,7	16,7	35,8	64,2	45	80	65 - 100	50 - 85	60 - 100	-	-
4	4,760	640,6	10,2	46,0	54,0	30	65	50 - 85	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 - 100
10	2,000	608,73	9,7	55,7	44,3	22	52	33 - 67	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100
40	0,420	681,69	10,8	66,5	33,5	15	35	20 - 45	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 100
200	0,074	467,20	7,4	73,9	26,1	5	20	5 - 20	5 - 15	5 - 20	6 - 20	8 - 25
< 200	0	1638,43	26,1	100,0	-	-	-					
TOTAL		6286,35										

*Nota.* En la tabla se muestra el resumen del análisis granulométrico del agregado de la cantera Acacluy donde se observa que la malla de 1" retiene un porcentaje de material mayor de lo que permite la normativa actual, así mismo la malla N° 200 el material que pasa es de 26,1% cuando debería ser entre 5% - 20% según los parámetros de estándares de calidad del MTC. Fuente: Elaboración propia

**Figura 19**

*Curva granulométrica - Cantera Acacluy*



*Nota.* En la figura se presenta una curva granulométrica de agregado de la cantera Acacluy, que no se encuentra dentro de la franja granulométrica (A-1) que indica el manual de carreteras del MTC para materiales de afirmado. Fuente: Elaboración propia

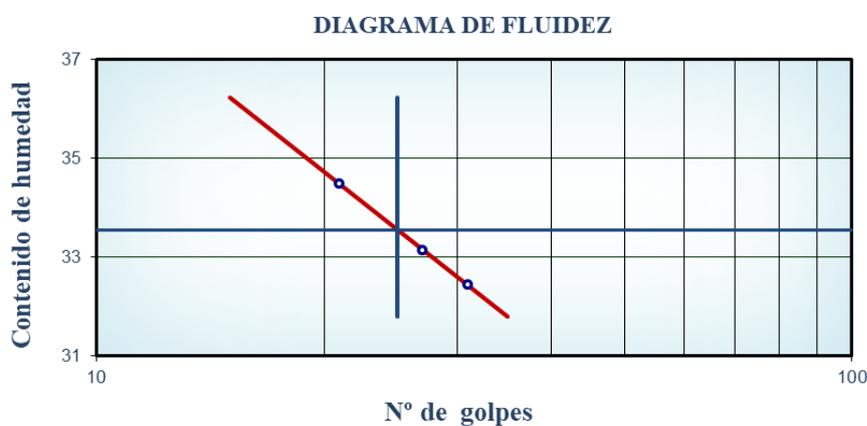
### **Límite líquido de los suelos (MTC E 110)**

Límite de líquido es el porcentaje de contenido de agua en el límite entre los estados líquido y plástico del suelo.

**Tabla 28***Límite líquido - Cantera Acacluy*

<b>Límite Líquido</b>					
<b>Ensayo N°</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Masa de la lata	m1	(0.01g)	13,98	13,73	13,49
Masa de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	27,17	27,79	27,34
Masa de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	23,94	24,29	23,79
Masa del agua	$w_s = m_3 - m_1$	(0.01g)	3,23	3,5	3,55
Masa del suelo seco	$w_w = m_2 - m_3$	(0.01g)	9,96	10,56	10,3
Contenido de agua	$w = \frac{w_w}{w_s} \times 100$	0.1%	32,43	33,14	34,47
Numero de golpes			31	27	21
Límite Líquido		(%)	<b>34</b>		

*Nota.* En la tabla se presenta el límite líquido de 34% del agregado de la cantera Acacluy, el cual se encuentra por debajo del 35% máximo, que estipula el manual de carreteras del MTC para materiales de afirmado. Fuente: Elaboración propia

**Figura 20***Diagrama de fluidez - Cantera Acacluy*

Fuente: Elaboración propia

### Límite plástico (L. P) de los suelos e índice de plasticidad (I. P). (MTC 111)

El límite plástico es el contenido mínimo de humedad más bajo, que se puede utilizar para hacer barritas de suelos de 3,2 mm con los dedos de la mano, sobre una superficie lisa cuidando de no romper las barritas.

El índice de plasticidad es el valor absoluto del rango de humedad en el que el suelo adopta un comportamiento plástico, definido como la diferencia entre su límite líquido y límite plástico.

**Tabla 29**

*Limite Plástico - Cantera Acacluy*

<b>Límite de Plasticidad</b>				
<b>Ensayo N°</b>			<b>1</b>	<b>2</b>
Masa de la lata	m1	(0.01g)	13,75	13,71
Masa de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	20,30	20,68
Masa de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	19,06	19,36
Masa del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	1,24	1,32
Masa del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	5,31	5,65
Contenido de agua	$w = \frac{ww}{ws} \times 100$	0.1%	23,35	23,36
Límite de Plasticidad		(%)	23	

*Nota.* En la tabla se muestra el resultado del límite plástico del agregado de la cantera Acacluy. Fuente: Elaboración propia

**Tabla 30***Índice de Plasticidad – Cantera Acacluy*

<b>CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA</b>	
LIMITE LIQUIDO (%)	34
LIMITE PLASTICO (%)	23
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	11

*Nota.* La tabla muestra el índice de plasticidad de 11% de la cantera Acacluy, lo que indica que la cantera no tiene un índice de plasticidad apropiado y no cumple con el parámetro establecido (4 – 9) por el manual de carreteras del MTC para materiales de afirmado. Fuente: Elaboración propia

**Ensayo de Próctor Modificado MTC E 115**

Esta prueba se refiere a un procedimiento de compactación utilizado en laboratorios, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación).

**Tabla 31***Resumen de ensayo Proctor modificado - Cantera Acacluy*

<b>DATOS DE ESPECIMEN</b>					
Ensayo N°		1	2	3	4
Capas N°		5	5	5	5
Golpes por capa N°		56	56	56	56
Masa del suelo húmedo + molde	g.	10624	10912	11022	11002
Masa del molde + base	g.	6634	6634	6634	6634
Masa suelo húmedo compactado	g.	3990	4278	4388	4368
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2124	2124	2124	2124
Masa volumétrico húmedo	g/cm <sup>3</sup>	1,879	2,014	2,066	2,056
Masa del suelo húmedo + bandeja	g.	586,7	553,4	552,5	561,3

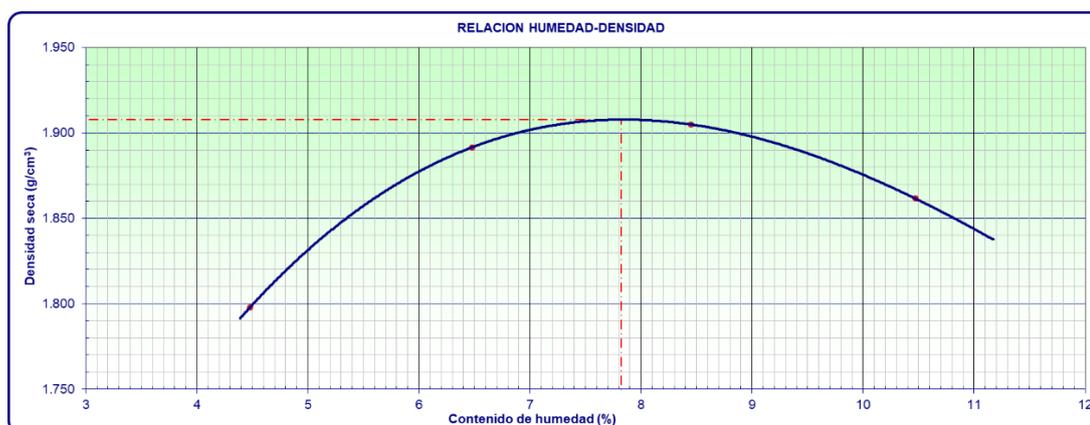
### DATOS DE ESPECIMEN

Masa del suelo seco + bandeja	g.	565,2	522,9	513,5	513,8
Masa de la bandeja	g.	85,4	52,1	52,0	60,2
Masa de agua	g.	21,5	30,5	39,0	47,5
Masa del suelo seco	g.	479,8	470,8	461,5	453,6
Contenido de agua	%	<b>4,5</b>	<b>6,5</b>	<b>8,5</b>	<b>10,5</b>
Peso volumétrico seco	g/cm <sup>3</sup>	<b>1,798</b>	<b>1,892</b>	<b>1,905</b>	<b>1,862</b>

*Nota.* En la tabla se muestra el resumen de los datos obtenidos del proceso de compactación de la prueba de Proctor modificado del agregado de la cantera Acacluy. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 21**

*Curva Próctor: Cantera Acacluy*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 32**

*Resumen de ensayo Proctor modificado - Cantera Acacluy*

Densidad máxima Seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1,91</b>
Humedad óptima (%)	<b>7,82</b>

Fuente. Elaboración propia

## Ensayo CBR MTC E 132

Este método de prueba se utiliza para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base. Además, se puede determinar el índice de resistencia para evaluar la capacidad de soporte de los suelos, en este caso de afirmado.

**Tabla 33**

*Resumen de ensayo CBR - Cantera Acachuy*

DATOS DE ESPECIMEN							
COMPACTACIÓN							
Molde N°		1		2		3	
Capas N°		5		5		5	
Golpes por capa N°		56		25		12	
Condición de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	g.	11647	11849	11030	11274	10958	11239
Masa de molde + base	g.	7254	7254	6842	6842	6930	6930
Masa del suelo húmedo	g.	4393	4595	4188	4432	4028	4309
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2134	2136	2146	2150	2133	2138
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	2,059	2,153	1,952	2,065	1,888	2,020
Masa suelo húmedo + bandeja	g.	558,3	554,6	582,4	568,0	569,1	584,2
Masa suelo seco + bandeja	g.	522,2	500,5	545,9	510,2	532,5	523,8
Masa de bandeja	g.	57,4	54,5	81,8	67,4	68,6	83,7
Masa de agua	g.	36,1	54,1	36,5	57,8	36,6	60,4
Masa de suelo seco	g.	464,8	446,0	464,1	442,8	463,9	440,1
Contenido de humedad (%)	%	7,8	12,1	7,9	13,1	7,9	13,7
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	g/cm <sup>3</sup>	1,910	1,919	1,809	1,824	1,750	1,772

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 34***Resumen de Expansión - Cantera Acacluy*

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
22/01/2024	02:45 p.m.	0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
23/01/2024	02:45 p.m.	24	0,002	0,05	0,0	0,003	0,08	0,1	0,004	0,10	0,1
24/01/2024	02:45 p.m.	48	0,002	0,05	0,0	0,005	0,13	0,1	0,007	0,18	0,2
25/01/2024	02:45 p.m.	72	0,003	0,08	0,1	0,007	0,18	0,2	0,008	0,20	0,2
26/01/2024	02:45 p.m.	96	0,003	0,08	0,1	0,007	0,18	0,2	0,009	0,23	0,2

Fuente: Elaboración propia.

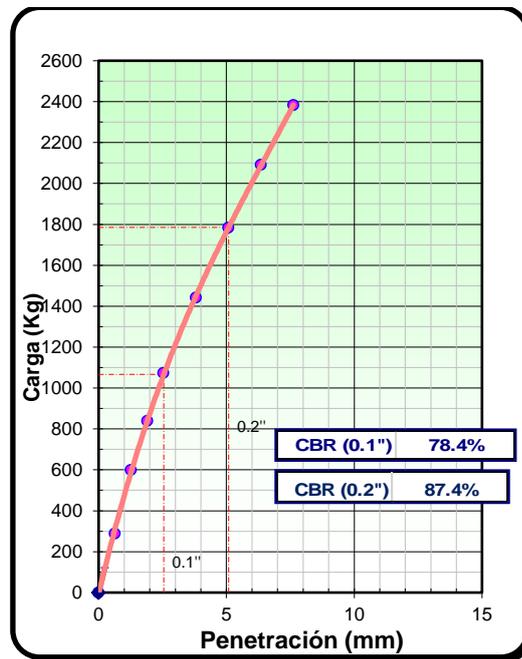
**Tabla 35***Resumen de Penetración en equipo CBR - Cantera Acacluy*

PENETRACIÓN													
PENTR. mm	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N.º 1				MOLDE N.º 2				MOLDE N.º 3			
		CARGA		CORR.		CARGA		CORR.		CARGA		CORR.	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0,000		0,000	0,0			0,000	0,0			0,000	0,0		
0,635		2,828	288,4			2,364	241,1			1,412	144,0		
1,270		5,875	599,1			5,112	521,3			2,227	227,1		
1,905		8,228	839,0			6,845	698,0			2,729	278,3		
2,540	70,5	10,521	1072,8	1066,8	78	8,265	842,8	857,3	63	3,033	309,3	336,3	25
3,810		14,138	1441,7			10,882	1109,6			4,140	422,2		
5,080	105,7	17,487	1783,1	1785,3	87	13,812	1408,4	1388,2	68	5,417	552,4	540,3	26
6,350		20,502	2090,6			15,716	1602,6			6,379	650,5		
7,620		23,366	2382,6			17,257	1759,7			7,095	723,5		
10,160		28,030	2858,2			20,080	2047,6			8,295	845,8		
12,700		33,430	3408,9			21,960	2239,3			9,104	928,3		

*Nota.* En la tabla se muestra el resumen del proceso de penetración de los tres moldes de la prueba de CBR del material de la cantera Acacluy. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 22**

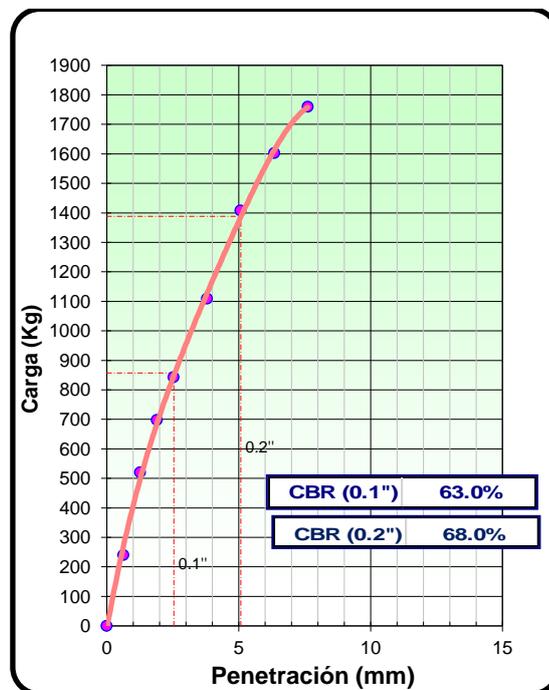
*Curva de penetración CBR de 56 golpes - Cantera Acacluy*



Fuente. Elaboración propia.

**Figura 23**

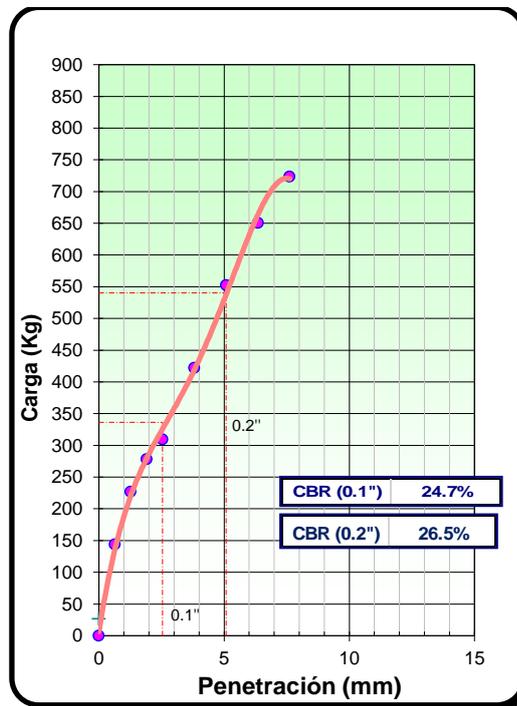
*Curva de penetración CBR de 25 golpes - Cantera Acacluy*



Fuente. Elaboración propia

**Figura 24**

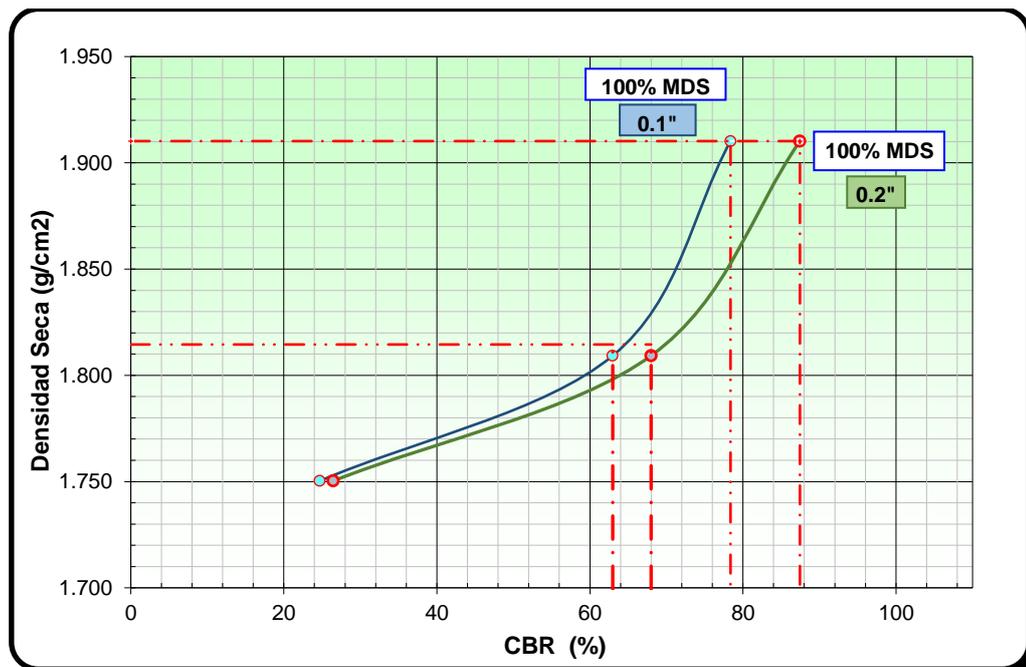
*Curva de penetración CBR de 12 golpes - Cantera Acacluy*



Fuente. Elaboración propia.

**Figura 25**

*Curva de densidad, CBR del afirmado - Cantera Acacluy*



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 36***Resumen de porcentaje de resistencia CBR - Cantera Acacluy*

<b>PORCENTAJE DEL CBR</b>				
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	78,4	0.2"	87,4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	63,0	0.2"	68,0

*Nota.* En la tabla se muestra el resultado del C.B.R al 100% y 95% de la máxima densidad seca y a una penetración de carga de 0,1” y 0,2”, (la resistencia de 78,4% indica que el agregado de la cantera Acacluy se encuentra dentro del parámetro de estándar de calidad que exige el MTC para materiales de afirmado). Fuente: Elaboración propia.

**Ensayo de los Ángeles (ABRASIÓN) MTC E 207**

Se ejecuto en laboratorio de mecánica de suelos, utilizando la máquina de abrasión de los ángeles para definir el porcentaje de abrasión del agregado grueso.

**Tabla 37***Ensayo de los Ángeles - Cantera Acacluy*

<b>ABRASIÓN LOS ÁNGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2")</b>					
<b>Medida de Tamiz (Abertura cuadrada)</b>		<b>Masa de tamaño indicado (g)</b>			
<b>Que pasa</b>	<b>Retenido sobre</b>	<b>Gradación</b>			
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
37,5 mm (1 1/2")	25 mm (1")	1250	.....	.....	.....
25 mm (1")	19 mm (3/4")	1250	.....	.....	.....
19 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1248	.....	.....	.....
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1252	.....	.....	.....
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	.....	.....	.....	.....
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (N° 4)	.....	.....	.....	.....
4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N° 8)	.....	.....	.....	.....

**ABRASIÓN LOS ÁNGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS  
AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2")**

TOTAL (g)	5000	.....	.....	.....
Numero de Esferas	12	.....	.....	.....
Masa de la Carga (g)	5000	.....	.....	.....
Numero de Revoluciones	500	.....	.....	.....

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 38**

*Resumen de porcentaje de desgaste - Cantera Acacluy*

<b>RESUMEN DE PORCENTAJE DE DESGASTE - CANTERA ACACLUY</b>	
Método de ensayo	A
Masa inicial del espécimen (g)	5000
Masa final del espécimen (g)	2822
Masa < malla N° 12 (g)	2178
<b>Desgaste (%)</b>	<b>43,56</b>

*Nota.* En la tabla se muestra el resultado de la prueba de desgaste realizada en la maquina Los Ángeles, con el porcentaje de desgaste del material de 43,56%, muy por debajo del 50% requerido por la normativa vigente, por lo que cumple con el parámetro de estándar de calidad para afirmado de carreteras. Fuente: Elaboración propia.

#### **4.3. Prueba de Hipótesis**

##### **4.3.1. Hipótesis Especificas**

###### **Primera hipótesis**

Las propiedades físicas del agregado de la cantera Ocshapampa y Acacluy, cumplen con los parámetros de estándares de calidad requeridos por el MTC (2015), para la construcción de carreteras en la región de Pasco

Al realizar el ensayo de análisis granulométrico del agregado de la cantera Ocshapampa, teniendo en cuenta el huso granulométrico AASHTO M – 147, el agregado cumple el requisito de la franja granulométrica A – 1, el cual es aceptable según los parámetros del MTC. En tal sentido, bajo lo referido anteriormente y al analizar los resultados confirman la hipótesis planteada para la cantera Ocshapampa. Por el contrario, al efectuar el ensayo de análisis granulométrico del agregado de la cantera Acacluy, teniendo en cuenta el huso granulométrico AASHTO M – 147, el agregado no cumple el requisito de las franjas granulométricas, el cual no es aceptable según los parámetros del MTC. En ese sentido, no se confirma la hipótesis propuesta para la cantera Acacluy.

Al desarrollar el ensayo de limite liquido del agregado, se obtuvo como resultado 22 % para la cantera Ocshapampa y 34 % para la cantera Acacluy, los cuales se encuentra por debajo del 35% máximo, que estipula el manual de carreteras del MTC para materiales de afirmado. En relación a eso se cumple con la hipótesis planteada.

Al verificar el índice de plasticidad del agregado de la cantera Ocshapampa, se obtuvo como resultado 7 %, el cual se encuentra dentro del rango de (4 % - 9%), que estipula el manual de carreteras del MTC para materiales de afirmado. En consecuencia, se corrobora la hipótesis planteada para la cantera Ocshapampa. Al contrario, al revisar el índice de plasticidad del agregado de la cantera Acacluy, se obtuvo como resultado 11 %, el cual no se encuentra dentro del rango de (4 % - 9%), que estipula el manual de carreteras del MTC para materiales de afirmado. Por tanto, no se corrobora la hipótesis planteada para la cantera Acacluy.

## **Segunda hipótesis**

Las propiedades mecánicas del agregado de la cantera Ocshapampa y Acacluy, cumplen con los parámetros de estándares de calidad requeridos por el MTC (2015), para la construcción de carreteras en la región de Pasco.

Al llevar a cabo el ensayo CBR del agregado de la cantera Ocshapampa, se obtuvo como resultado 96,6 % al 0,1” de penetración y del agregado de la cantera Acacluy, se obtuvo como resultado 78,4 % al 0,1” de penetración, los cuales indican que está dentro del parámetro de resistencia del suelo para material de afirmado en carreteras, según manual de carreteras del MTC la resistencia mínima de C.B.R debe ser 40 %. Por tal razón, se cumple con la hipótesis planteada

Conforme a los resultados obtenidos, el material que lo compone la cantera ocshapampa presenta un % por desgaste a la abrasión de 23,7% y cantera Acacluy presenta un % por desgaste a la abrasión de 43,6% los cuales están dentro del parámetro que indica el MTC. En relación a eso se cumple con la hipótesis planteada.

### **4.3.2. Hipótesis general**

La hipótesis general planteada corresponde a la evaluación geotécnica del agregado de la cantera Ocshapampa y Acacluy, cumplen con los parámetros de estándares de calidad requeridos por el MTC (2015), para la construcción de carreteras en la región de Pasco.

Al analizar los resultados del estudio se afirma que al conocer las características físicas y mecánicas se determinaron la gradación, el límite líquido, el índice de plasticidad, la resistencia y el desgaste del agregado de la cantera Ocshapampa y Acacluy que corresponden a una evaluación geotécnica. Por tanto,

se corrobora la hipótesis general planteada para la cantera Ocshapampa. Por el contrario, no se confirma la hipótesis propuesta para la cantera Acacluy porque no cumple con dos requisitos de calidad (granulometría y índice de plasticidad).

#### 4.4. Discusión de resultados

Se presenta un resumen de los datos obtenidos de los ensayos de la presente investigación.

**Tabla 39**

*Resultados del ensayo de Análisis granulométrico de la cantera Ocshapampa y Acacluy.*

<b>Análisis Granulométrico - AASHTO M - 147</b>					
<b>Tamiz</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Porcentaje que pasa (%)</b>		<b>Estándar de calidad - Gradación (%) - MTC</b>	
		<b>Cantera Ocshapampa</b>	<b>Cantera Acacluy</b>	<b>A - 1</b>	
2"	50,800	100	100	100	100
1 1/2"	38,100	100	100	100	100
1"	25,400	99,0	88,0	90	100
3/4"	19,050	93,6	80,9	65	100
3/8"	9,525	67,6	64,2	45	80
4	4,760	48,1	54,0	30	65
10	2,000	34,4	44,3	22	52
40	0,420	18,4	33,5	15	35
200	0,074	10,5	26,1	5	20
< 200	0	-	-	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Habiendo observado en el cuadro comparativo de tabla número 35, el agregado que lo compone la cantera Ocshapampa es de buena gradación en base al huso granulométrico AASHTO M - 147, por lo que el agregado cumple con el parámetro de

estándar de calidad del MTC. Mientras que el material de la cantera Acacluy no cumple el parámetro de estándar de calidad de MTC vigente, porque podemos observar que la malla de 1” tiene material retenido en mayor porcentaje del permitido, así mismo en la malla N° 200 el material que pasa es de 26,1%, cuando debería ser entre 5% - 20%.

**Tabla 40**

*Resultados del ensayo de límite líquido de la cantera Ocshapampa y Acacluy*

<b>Límite Líquido</b>		
<b>Cantera Ocshapampa</b>	<b>Cantera Acacluy</b>	<b>Estándar de Calidad - MTC</b>
22 %	34 %	35% máx.

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro comparativo de la tabla 36, se observó que el agregado que lo compone la cantera Ocshapampa tiene un Límite líquido de 22% y la cantera Acacluy 34% los cuales están dentro del parámetro de estándar de calidad que indica el MTC.

**Tabla 41**

*Resultados del ensayo de índice de plasticidad de de la cantera Ocshapampa y Acacluy*

<b>Índice de Plasticidad</b>		
<b>Cantera Ocshapampa</b>	<b>Cantera Acacluy</b>	<b>Estándar de Calidad - MTC</b>
7 %	11 %	(4 - 9) %

Fuente: Elaboración propia.

Después de haber verificado el cuadro comparativo de la tabla 37, el agregado de la cantera Ocshapampa tiene un Índice de plasticidad de 7%, el cual están dentro del parámetro de estándar de calidad que indica el MTC. En cambio, el material de la cantera

Acacluy no cumple con el parámetro de estándar de calidad de MTC vigente, porque presenta un Índice de plasticidad de 11%.

**Tabla 42**

*Resultados de ensayo de capacidad de soporte CBR de la cantera Ocshapampa y Acacluy*

<b>CBR</b>		
<b>Cantera Ocshapampa</b>	<b>Cantera Acacluy</b>	<b>Estándar de Calidad - MTC</b>
96,6 %	78,4 %	40% min.

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro comparativo de la tabla 38 se verifico, que el agregado que lo compone la cantera Ocshapampa tiene un C.B.R. al 100 % para 0.1” = 96,6 % y la cantera Acacluy tiene un C.B.R. al 100 % para 0.1” = 78,4 % los cuales son aceptables ya que el mínimo según el parámetro de estándar de calidad del MTC es de 40%, para la construcción de carreteras.

**Tabla 43**

*Resultados del ensayo de Abrasión – Los Ángeles de la cantera Ocshapampa y Acacluy*

<b>Abrasión - Los Ángeles</b>		
<b>Cantera Ocshapampa</b>	<b>Cantera Acacluy</b>	<b>Estándar de Calidad - MTC</b>
23,74 %	43,56 %	50% máx.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados observados en la tabla 39, el agregado que lo compone la cantera Ocshapampa presenta un % por desgaste a la abrasión de 23,74% y

cantera Acacluy de 43,56% los cuales están dentro de parámetro de estándar de calidad que indica el MTC.

En líneas generales según los resultados de los ensayos, el material que lo compone a la cantera Ocshapampa, cumple con los parámetros de estándar de calidad vigente del MTC, como afirmado para la construcción de carreteras.

Por el contrario, el agregado de la cantera Acacluy no cumple con los parámetros de estándar de calidad actual del MTC, como afirmado para la construcción de carreteras.

## CONCLUSIONES

1. De acuerdo con los resultados obtenidos al analizar el agregado de la cantera Ocshapampa según AASHTO M-147 se clasifica en el grupo A-1, entonces el material que lo compone a la cantera Ocshapampa presenta la granulometría adecuada para ser utilizado en carreteras. Por lo contrario, el agregado de la cantera Acacluy, no presenta la granulometría adecuada, debido que la malla de 1" tienen material retenido en mayor porcentaje del permitido, así mismo en la malla N° 200 el material que pasa es de 26,1%, cuando debería estar entre 5% - 20%. En ese sentido la cantera Acacluy no es adecuado para ser utilizado en carreteras.
2. Según la evaluación del Limite liquido el agregado de la cantera Ocshapampa presentó 22% y el agregado de la cantera Acacluy presento 34%. En consecuencia, cumplen con el parámetro de estándar de calidad vigente del MTC para uso en la construcción de carreteras.
3. Según los resultados obtenidos, el material de la cantera Ocshapampa tiene un Índice de plasticidad de 7%, el cual es calificado para utilizar en la construcción de carreteras, en base a lo que indica el parámetro de estándar de calidad del MTC. En cambio, el agregado de la cantera Acacluy no cumple con el rango de (4% - 9%) del estándar de calidad de MTC vigente para uso en carreteras, debido a que el Índice de plasticidad es 11%.
4. A partir de los resultados encontrados, el agregado que lo compone la cantera Ocshapampa tiene un C.B.R. al 100 % para 0.1" = 96,6 % y la cantera Acacluy tiene un C.B.R. al 100 % para 0.1" = 78,4 % los cuales son superiores al mínimo especificado (40%) por el MTC. Por tal razón cumplen el parámetro de resistencia para uso en la construcción de carreteras.

5. En base los resultados obtenidos, el agregado que lo compone la cantera ocshapampa presenta un % por desgaste a la abrasión de 23,74% y cantera Acacluy 43,56%. Por lo tanto, se cumple con el parámetro de desgaste, para uso en la construcción de carreteras.
6. En líneas generales de acuerdo a los resultados de los ensayos realizados; de Análisis granulométrico, limite líquido, índice de plasticidad, CBR y desgaste los ángulos, el agregado de la cantera Ocshapampa cumple con todos los parámetros de estándares de calidad que indica el MTC en su norma vigente, para el uso en la construcción de carreteras. Por el contrario, la cantera Acacluy no cumple con dos requisitos de calidad (granulometría y índice de plasticidad) por ello el material no puede ser utilizado en la construcción de carreteras.

## RECOMENDACIONES

1. Se aconseja utilizar el material de la cantera Ocshapampa para el diseño, construcción, mejoramiento o rehabilitación de la superficie de rodadura afirmada de las carreteras de la región de Pasco.
2. Para las pruebas de laboratorio se recomienda seguir los procedimientos de las normas técnicas peruanas, descritas en el Manual de ensayo de materiales (MTC, 2016), para conseguir datos fiables, que explican las características geotécnicas del material de las principales canteras para afirmado de carreteras.
3. Se recomienda que el material de las canteras estudiadas se zarandee través de una zaranda de 2” para evitar fragmentos de roca más grandes.
4. Dado que el índice de plasticidad del material de la cantera Acacluy es superior al valor máximo especificado en la normativa vigente, se recomienda mezclar estos materiales con aditivos o arena (shotcrete) para reducir su plasticidad.
5. Debido a que el agregado de la cantera Acacluy no cumple con la granulometría estipulado en la normatividad vigente, se recomienda que estos materiales pueden ser combinados con materiales de otras canteras a fin de mejorar la granulometría.
6. Es recomendable de que, para emplear los materiales de las distintas canteras como afirmado, estos deben ser previamente analizados y comparados con las Especificaciones Técnicas Generales del Manual de Carreteras (2015), Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
7. A los estudiantes, proyectistas y ejecutores al momento de realizar las pruebas de laboratorio correspondientes a la presente investigación, tener mayor cuidado al usar los equipos e instrumentos como la balanza, los tamices, la Copa de Casagrande, la prensa de CBR, y el equipo de abrasión los Ángeles, que presenten la calibración

adecuada, para obtener datos reales y exactos, y que no altere la validez de los resultados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atarama Mondragón, E. (2015). Evaluación de la transitabilidad para caminos de bajo tránsito estabilizados con aditivo PROES. Tesis de pregrado. Universidad de Piura. Piura, Perú
- Balboa Chávez, M. C. (2019). Estudio del material afirmado para el terraplén de carreteras Chasquitambo. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho. Perú
- Carbajal Ortégón, N., Rico Plazas, D., Zarate Ramírez, J. (2018). Mejoramiento del material de afirmado de la cantera la esmeralda mediante la adición de ceniza de cascarilla de arroz y material reciclado de escombros. Tesis de Pregrado. Universidad Cooperativa de Colombia. Ibagué. Colombia.
- Cartuche Malla, J. M. (2012). Evaluación de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los áridos del cantón Loja. Tesis de Pregrado. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja. Ecuador.
- Cruz López, A. (2018). Evaluación geológica geotécnica de canteras para la construcción de la central hidroeléctrica San Gabán III – Distrito San Gabán – Provincia Carabaya – Departamento Puno. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Perú
- Dávila Burga, J. (2006). Diccionario Geológico – Bilingüe Español-Ingles
- Ferreira Cuellar, D. A. y Torres López, K. M. (2014). Caracterización Física de Agregados Pétreos para Concretos Caso: Cantera Dromos (Mosquera) y Mina Cemex (Apulo). Tesis de Pregrado. Universidad Católica de Colombia, Colombia.

- García, D. (2015). Propuesta de un nuevo diseño para incrementar la producción de una cantera de agregados ubicada en el estado de México. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Geocatmin. INGEMMET (2024). Susceptible a Movimientos en Masa. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/main>
- Guillen Cedeño, R. A. (2020). Caracterización Geológica y geotécnica de los materiales en la Cantera de no Metálicos AGRE S.A, Cantón Portoviejo, Provincia de Manabí. Tesis de Pregrado. Universidad de Guayaquil. Ecuador
- Guillermo, C., Covarrubias & Nallely, M. (2012) La observación, un método para el estudio de la realidad. Revista Xihmai VII (13),
- Gutiérrez Pineda, V. A. (2019) Evaluación Geotécnica de Materiales Locales de la Región del Vichada para Uso en Carreteras de su Malla Vial Secundaria y Terciaria. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá Colombia
- Instituto Mexicano del Transporte (2020), Métodos de muestreo y Prueba de Materiales
- Hernández Sampiere, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, M., (2014). Metodología de la investigación. Editorial Interamericana Editores, S.A. de C.V. México.
- Hoyos Patiño, F. (2012) Geotecnia Diccionario Básico. Editoriales Fabián Hoyos Patiño. Medellín. Colombia.
- Lozada Tiglla, E. F. (2018). Estudio de las características físicas y mecánicas de las canteras Hualango como material de afirmado en carreteras – Provincia de Utcubamba. Tesis de Pregrado. Universidad Señor de Sipan. Pimentel. Perú

- Maciel Benegas, Y. y Hurtado Bustos, E. (2012). Agregados de la Construcción. Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. Morelia. México.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2015). Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para construcción. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2016). Manual de ensayos de materiales para carreteras. Lima, Perú
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2018). Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Lima, Perú
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Manual de carreteras: Suelos, Geología, geotecnia y pavimentos- Sección suelos y pavimentos. Lima, Perú
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Manual de carreteras: Diseño Geométrico. Lima, Perú
- Ministerio de Fomento (2019). Documento Básico de Seguridad Estructural y Cimientos SE-C. España.
- Montejo Fonseca, A. (2002). Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. 2da edición. Bogotá, Colombia.
- Munive Salvatierra, Y.D. (2022) Evaluación del Material de la Cantera Zanja Seca como Afirmado para Carreteras de Bajo Volumen de Transito Pucallpa 2021. Tesis de Pregrado. Universidad Peruana los Andes. Junín. Perú
- Ortega, C. A. (2013). Calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de Ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador

- Rodríguez, R.; Cueva, E. & Carlotto, V. (2011). Geología del cuadrángulo de Cerro de Pasco, hoja 22-k, escala 1:50,000. INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional
- Tamayo y Tamayo M. (2003). El proceso de la Investigación Científica incluye evaluación y administración de proyectos de investigación. 4ta edición. México
- Ticlla Ríos, Th. N. del R. (2021) Evaluación de las Características Geotécnicas del Suelo de las Principales Canteras para Afirmado de Carreteras del Distrito de Chota. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional Autónoma de Chota. Cajamarca. Perú
- Topanta Rodríguez, D. I. (2017) Diseño de explotación de la cantera “La Yunguilla”, ubicada en la parroquia Urbina, Cantón Santiago de Pillaro, provincia de Tungurahua. Tesis de Pregrado. Universidad Central del Ecuador. Quito. Ecuador.
- Unda L. Rene (1999). Metodología I. Editorial Abya – Yala Editing. Ecuador

## **ANEXOS**

# ANEXO 1: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO  
ZEMCO INGENIEROS S.A.C.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

EMPRESA SOLICITANTE: Robinson Quispe Encarnación REFERENCIA DEL CLIENTE: Cantera Ocshapampa  
CODIGO DE LABORATORIO:

EQUIPOS A UTILIZAR			
EQUIPO	MODELO	N° CERTIFICADO	FECHA DE CALIBRACIÓN
Termohigrómetro	AR867	CCP-0052-003-23	17/01/2023
Instrumento de Pesaje no Automático (1 g)	R31P30	LM-030-2023	24/04/2023
Instrumento de Pesaje no Automático (0.1 g)	ES-8000H	LM-032-2023	24/04/2023
Instrumento de Pesaje no Automático (0.01 g)	DP2000-2C	LM-033-2023	24/04/2023
Horno Eléctrico	21-250	LT-023-2023	24/04/2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - AASHTO M - 147		Fecha de Ensayo: <u>02-01-24</u>
Condiciones Ambientales:		<u>11.6</u> °C <u>53.0</u> %
Limpieza de los Tamices:		C* (x) NC** ( )

TAMIZ DE SEPARACIÓN DE FRACCIONES	SEPARACIÓN N° 4	TAMIZADO SIMPLE/ FRACCIÓN FINA
FRACCIÓN GRUESA RETENIDA SECA (g)	<u>2952.3</u>	—
FRACCIÓN GRUESA RETENIDA LIMPIA Y SECA (g)	<u>2950.7</u>	—
FRACCIÓN FINA PASANTE - HÚMEDA (g)	<u>2733.2</u>	<u>422.76</u>

MASA DE FRACCIÓN FINA SECA LUEGO DE LAVADO (g) 331.62

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - AASHTO M - 147		Fecha de Ensayo: <u>03-01-24</u>
Condiciones Ambientales:		<u>11.2</u> °C <u>55.4</u> %
Limpieza de los Tamices:		C* (x) NC** ( )

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	MASA RETENIDA (g)	MASA RETENIDA (g)	
3"	76.200	—	                 	
2"	50.800	—		
1 1/2"	38.100	—		
1"	25.400	<u>57.7</u>		
3/4"	19.000	<u>306.9</u>		
3/8"	9.500	<u>1474.3</u>		
N° 4	4.750	<u>1110.9</u>		
N° 10	2.000			<u>120.59</u>
N° 40	0.425			<u>140.02</u>
N° 200	0.075			<u>69.72</u>
< N° 200	Fondo		<u>0.61</u>	

Leyenda:                    \*C:                    Conforme  
                                  \*\*NC:                No Conforme



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO  
ZEMCO INGENIEROS S.A.C.

LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

EQUIPOS A UTILIZAR			
EQUIPO	MODELO	N° CERTIFICADO	FECHA DE CALIBRACIÓN
Termohigrómetro	AR867	CCP-0052-003-23	17/01/2023
Instrumento de Pesaje no Automático (0.01 g)	DP2000-2C	LM-033-2023	24/04/2023
Horno Eléctrico	21-250	LT-023-2023	24/04/2023
Pie de Rey	1108-300W	CCP-0052-001-23	18/01/2023
EQUIPO	ESPECIFICACIONES		
	MODELO	TIPO	
Copa de Casagrande	HM - 301	Manual	
Altura de Caída de la Copa	10 mm		C° (x) NC** ( )
LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS			Fecha de Ensayo: 08-01-24
Condiciones Ambientales	9.4 °C	61.5 %	
ENSAYO			
LIMITE LIQUIDO - MTC E 110			
N° DE ENSAYO	1°	2°	3°
N° FRASCO	F-43	F-22	F-34
MASA FRASCO + SUELO HUMEDO	27.82	27.84	27.81
MASA FRASCO + SUELO SECO - N° 1	25.36	25.19	25.14
MASA FRASCO + SUELO SECO - N° 2	25.36	25.19	25.13
MASA DEL FRASCO	13.89	13.56	13.86
NUMERO DE GOLPES	27	21	17
LIMITE PLÁSTICO - MTC E 111			
N° DE ENSAYO	1°	2°	
N° FRASCO	F-32	F-49	
MASA FRASCO + SUELO HUMEDO	20.08	19.85	
MASA FRASCO + SUELO SECO - N° 1	19.27	19.07	
MASA FRASCO + SUELO SECO - N° 2	19.27	19.07	
MASA DEL FRASCO	13.71	13.71	

Leyenda:

\*C: Conforme  
\*\*NC: No Conforme

Realizado por:
Firma:
Nombre: Robinson Quispe Encarnación

Revisado por:
Firma:
Nombre:

OBSERVACIONES :

Codigo: F-SGC-56  
Version: 01  
F.E: 20/09/2021  
Pagina: 2 de 2



EMPRESA SOLICITANTE: Robinson Quispe Encarnacion REFERENCIA DEL CLIENTE: Cantera Ochapampay  
CODIGO DE LABORATORIO:

EQUIPOS A UTILIZAR			
EQUIPOS	MODELO	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA DE CALIBRACIÓN
Termohigrómetro	AH867	CCP-0052-003-23	17/01/2023
Instrumento de Pesaje no Automático (1 g)	R31F30	IM 030-2023	24/04/2023
Instrumento de Pesaje no Automático (0.1 g)	ES-8000H	IM 032-2023	24/04/2023
Ikermo Eléctrico	21-250	IT-023-2023	24/04/2023
Marco de Carga para pruebas CBR	7691F	LF-014-2023	24/04/2023
Transductor de Desplazamiento	TR-0050	LL-162-2023	24/04/2023
Comparador de Caratula	26104C-GIL1	LL-163-2023	24/04/2023

ESPECIFICACIONES			
OTROS EQUIPOS	DIAMETRO	VOLUMEN Y/O MASA	ALTURA Y/O CAIDA LIBRE
Molde de Compactación Proctor	101,6 ± 0,4 mm	943,0 ± 14,0 cm <sup>3</sup>	116,4 ± 0,5 mm
Molde de Compactación Proctor	152,4 ± 0,7 mm	2124 ± 25 cm <sup>3</sup>	116,4 ± 0,5 mm
Aplonador para prueba de Proctor Modificado	50,80 ± 0,13 mm	4,5364 ± 0,009 kg	457,2 ± 1,3 mm
Aplonador para prueba de Proctor Estándar	50,80 ± 0,13 mm	2,495 ± 0,009 kg	304,8 ± 1 mm
Aparato de medición de expansión	149,2 a 150,8 mm	1,3 kg	-
2 Pesas de Sobre Carga	149,2 a 150,8 mm c/u	2,27 ± 0,02 kg	-

OTROS EQUIPOS			
OTROS EQUIPOS	LONGITUD	BORDE BISELADO	
Regla	≥ 10 in < 254 mm		
		1/8 in < 3 mm	

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO DEL SUELO PARA PROCTOR MODIFICADO					Fecha de Ensayo: <u>09-01-24</u>		
Limpieza de Tamices		C* ( )	NC* ( )	Condiciones Ambientales: <u>8.9 °C</u> <u>56.5 %</u>			
TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	MASA RETENIDO	% MASA RETENIDO	SUMA DE TAMICES DEL 3/4" Y 3/8"	% DE LOS TAMICES 3/4" Y 3/8"	% DE LOS TAMICES 3/4"	% DE LOS TAMICES CORREGIDOS
3/4"	19.000	1325	11.8	41.5	54.5	6.4	29.0
3/8"	9.500	2538	22.6				
N° 4	4.750	2125	18.9				
< N° 4	FONDO	5238	46.7				46.7
TOTAL		11226	100%		100%	100%	100%

MASA A UTILIZAR PARA EL PROCTOR MODIFICADO			Contenido de Humedad (MTC E 108)			
TAMIZ	% MASA	MASA (g)	Masa para el Contenido de Humedad (g)	N° de Bandeja	Z1-B1-01	Z1-B-13
3/8"	29.0	1711	145.0	M <sub>B+SH</sub>	916.7	906.8
N° 4	24.3	1434	121.5	M <sub>B+SS - N° 1</sub>	914.6	904.3
< N° 4	46.7	2755	233.5	M <sub>B+SS - N° 2</sub>	914.4	904.2
TOTAL	100%	5900	500.0	M <sub>B</sub>	416.7	406.8

COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (Proctor Modificado) (MTC E 115 - Metodo C)					Fecha de Ensayo: <u>10-01-24</u>	
Condiciones Ambientales: <u>9.6 °C</u>					<u>65.6 %</u>	
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	
M <sub>M+SHC</sub>	10714	11091	11180	11072	-	
M <sub>M</sub>	-	-	-	-	-	
N° de Bandeja	Z1-W-23	Z1-W-20	Z1-W-08	Z1-W-01	-	
M <sub>B+SH</sub>	588.9	587.5	586.0	582.3	-	
M <sub>B+SS - N° 1</sub>	576.9	565.9	555.7	543.6	-	
M <sub>B+SS - N° 2</sub>	576.8	565.8	555.6	543.3	-	
M <sub>B</sub>	88.6	87.0	85.6	81.8	-	
%H <sub>2</sub> O	2	4	6	8	-	

Leyenda:

- M<sub>M+SHC</sub> Masa molde + suelo humedo compactado
- M<sub>M</sub> Masa molde
- M<sub>B+SH</sub> Masa bandeja + suelo humedo
- M<sub>B+SS</sub> Masa bandeja + suelos eco
- M<sub>B</sub> Masa bandeja
- %H<sub>2</sub>O % de Agua

CBR DE SUELOS  
MTC E 132

Fecha de Ensayo: 15-01-24 Condiciones Ambientales: 9.5 °C 66.5 %

DATOS REQUERIDOS	
DENSIDAD DEL PROCTOR MODIFICADO	Dens. Max : 2.02 g/cm <sup>3</sup> Humedad Op. : 5.56 %

MASA A UTILIZAR PARA EL CBR		
TAMIZ	% MASA	MASA (g)
3/8"	29.0	2001
N° 4	24.3	1677
< N° 4	46.7	3222
TOTAL	100%	6900

COMPACTACIÓN						
MOLDE N°	1		2		3	
CAPAS	5		5		5	
GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICIÓN DE MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
MASA DE MOLDE + SUELO HUM.	11794	11948	11333	11537	11356	11579
BANDEJA N°	Z1-W-10	Z1-W-12	Z1-W-04	Z1-W-19	Z1-W-08	Z1-W-35
MASA DE BANDEJA + SUELO HUM	585.1	587.1	582.9	587.4	571.7	586.2
MASA DE BANDEJA + SUELO SECO - N° 1	559.4	547.3	557.2	543.9	545.2	541.4
MASA DE BANDEJA + SUELO SECO - N° 2	559.1	547.2	557.0	543.7	545.2	541.3
MASA DE BANDEJA	84.7	86.5	82.3	86.8	71.1	85.5

EXPANSIÓN						
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	DIAL	DIAL	DIAL
15-01-24	11:30 am.	0	0.000	0.000	0.000	0.000
16-01-24	11:30 am.	24	0.001	0.001	0.002	0.002
17-01-24	11:30 am.	48	0.001	0.002	0.003	0.003
18-01-24	11:30 am.	72	0.001	0.003	0.004	0.004
19-01-24	11:30 am.	96	0.001	0.003	0.004	0.004

PENETRACIÓN		Condiciones Ambientales:	7.2 °C	54.4 %	Fecha de Ensayo:	19-01-24
PENETRACIÓN (mm)	MOLDE N° 1	MOLDE N° 2	MOLDE N° 3			
	CARGA (kn)	CARGA (kn)	CARGA (kn)			
0.00	0.000	0.000	0.000			
0.64	4.557	2.810	1.148			
1.27	8.206	5.336	2.260			
1.91	10.327	7.456	3.016			
2.54	12.572	8.343	4.016			
3.81	17.674	11.076	5.221			
5.08	22.225	13.870	6.162			
6.35	25.534	16.117	7.102			
7.62	29.734	18.360	7.760			
10.16	35.134	23.100	9.804			
12.70	39.734	26.990	11.572			

Realizado por:  
  
Nombre: Robinson Quispe F.

Revisado por:  
  
Nombre:

OBSERVACIONES :



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO  
ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
FORMATO DE CLASIFICACIÓN DE SUELO  
ABRASIÓN - MÁQUINA DE LOS ANGELES

EMPRESA SOLICITANTE: *Robinson Quispe Encarnación* REFERENCIA DEL CLIENTE: *Cantera Ceshapampa*  
CODIGO DE LABORATORIO:

EQUIPOS A UTILIZAR			
EQUIPO	MÓDELO	N° CERTIFICADO	FECHA DE CALIBRACIÓN
Termohigrómetro	AR867	CCP-0052-003-23	17/01/2023
Maquina los Angeles	PT-MA	PT-LTF-002-2024	29/01/2024
Instrumento de Pesaje no Automático (1 g)	R31P30	LM-030-2023	24/04/2023
Horno Eléctrico	21-250	LT-023-2023	24/04/2023
EQUIPO		ESPECIFICACIONES	
Tamices		E - 11	
Esferas de Acero		Numero de Esferas (12) / Masa de Carga g. (5000 ± 25)	

ABRASIÓN LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2")  
MTC E 207

Fecha de Ensayo: *02-02-24*  
Condiciones Ambientales: *10.6* °C *49.4* %  
Limpieza de los Tamices: C\* (X) NC\*\* ( )

Medida de Tamiz (Abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado (g)			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37.5 mm (1 1/2")	25 mm (1")	1247	—	—	—
25 mm (1")	19 mm (3/4")	1253	—	—	—
19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	1250	—	—	—
12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	1250	—	—	—
9.5 mm (3/8")	6.3 mm (1/4")	—	—	—	—
6.3 mm (1/4")	4.75 mm (N° 4)	—	—	—	—
4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	—	—	—	—
Total		5000	—	—	—

Numero de Esferas	12	—	—	—
Masa de la Carga (g)	5000	—	—	—
Numero de Revoluciones	500	—	—	—

Metodo de ensayo	A
Masa inicial del especimen (g)	5000
Masa final del especimen (g)	3813
Masa < malla N° 12 (g)	1187
Desgaste (%)	23.74

Leyenda: \*C: Conforme  
\*\*NC: No Conforme

OBSERVACIONES:

Realizado por:  
*R. Quispe*  
Firma:  
Nombre: *Robinson Quispe Eo*

Revisado por:  
Firma:  
Nombre:



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO  
ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS

EMPRESA SOLICITANTE: *Robinson Quispe Encarnación*

REFERENCIA DEL CLIENTE: *Cantera Ueshapampa*

CODIGO DE LABORATORIO:

EQUIPOS A UTILIZAR			
EQUIPO	MODELO	N° CERTIFICADO	FECHA DE CALIBRACIÓN
Termohigrómetro	AR867	CCP-0052-003-23	17/01/2023
Muffa	-	-	-
Crisol	-	-	-
Instrumento de Pesaje no Automático (0.01 g)	DP2000-2C	LM-033-2024	23/04/2023
Horno Eléctrico	21-250	LT-013-2024	23/04/2023

CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (PERDIDA POR IGNICION) -MTC E-118		Fecha de Ensayo: <i>02/02/24</i>	
Condiciones Ambientales:	<i>10.6</i> °C	<i>49.4</i> °C	%
N° DE ENSAYO	1°	2°	
N° DE BANDEJA	<i>Z1-W-04</i>	<i>Z1-W-07</i>	
MASA ANTES DE IGNICION + MASA DE BANDEJA	<i>52.56</i>	<i>53.30</i>	
MASA DESPUES DE IGNICION + MASA DE BANDEJA	<i>52.49</i>	<i>53.75</i>	
MASA DE MATERIA ORGÁNICA	<i>0.07</i>	<i>0.05</i>	
MASA DE BANDEJA	<i>27.13</i>	<i>29.14</i>	
MASA DESPUES DE IGNICION	<i>25.36</i>	<i>24.61</i>	
MATERIA ORGÁNICA	<i>0.28</i>	<i>0.20</i>	

Realizado por:  
*R. Quispe*  
Firma:  
Nombre: *Robinson Quispe F.*

Revisado por:  
  
Firma:  
Nombre:

OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO  
ZEMCO INGENIEROS S.A.C.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

EMPRESA SOLICITANTE: *Robinson Quispe Encarnación* REFERENCIA DEL CLIENTE: *Cantera Acacluy*  
CODIGO DE LABORATORIO:

EQUIPOS A UTILIZAR			
EQUIPO	MODELO	N° CERTIFICADO	FECHA DE CALIBRACIÓN
Termohigrómetro	AR867	CCP-0052-003-23	17/01/2023
Instrumento de Pesaje no Automático (1 g)	R31P30	LM-030-2023	24/04/2023
Instrumento de Pesaje no Automático (0.1 g)	ES-8000H	LM-032-2023	24/04/2023
Instrumento de Pesaje no Automático (0.01 g)	DP2000-2C	LM-033-2023	24/04/2023
Horno Eléctrico	21-250	LT-023-2023	24/04/2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - AASHTO M - 147		Fecha de Ensayo: <i>02-01-24</i>	
Condiciones Ambientales:		<i>11.6</i> °C	<i>53.3</i> %
Limpieza de los Tamices:		C* (X)	NC** ( )

TAMIZ DE SEPARACIÓN DE FRACCIONES	SEPARACIÓN N° 4	TAMIZADO SIMPLE/ FRACCIÓN FINA
FRACCIÓN GRUESA RETENIDA SECA (g)	<i>2892.7</i>	—
FRACCIÓN GRUESA RETENIDA LIMPIA Y SECA (g)	<i>2890.9</i>	—
FRACCIÓN FINA PASANTE - HÚMEDA (g)	<i>3396.03</i>	<i>218.3</i>

MASA DE FRACCIÓN FINA SECA LUEGO DE LAVADO (g) *114.52*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - AASHTO M - 147		Fecha de Ensayo: <i>03-01-24</i>	
Condiciones Ambientales:		<i>11.2</i> °C	<i>54.2</i> %
Limpieza de los Tamices:		C* (X)	NC** ( )

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	MASA RETENIDA (g)	MASA RETENIDA (g)	
3"	76.200	—		
2"	50.800	—		
1 1/2"	38.100	—		
1"	25.400	<i>754.7</i>		
3/4"	19.000	<i>445.3</i>		
3/8"	9.500	<i>1049.7</i>		
N° 4	4.750	<i>640.6</i>		
N° 10	2.000			<i>39.13</i>
N° 40	0.425			<i>43.82</i>
N° 200	0.075			<i>30.03</i>
< N° 200	Fondo		<i>1.54</i>	

Leyenda:

\*C: Conforme  
\*\*NC: No Conforme



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO  
ZEMCO INGENIEROS S.A.C.

LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

EQUIPOS A UTILIZAR			
EQUIPO	MODELO	N° CERTIFICADO	FECHA DE CALIBRACIÓN
Termohigrómetro	AR867	CCP-0052-003-23	17/01/2023
Instrumento de Pesaje no Automático (0.01 g)	DP2000-2C	LM-033-2023	24/04/2023
Horno Eléctrico	21-250	LT-023-2023	24/04/2023
Pie de Rey	1108-300W	CCP-0052-001-23	18/01/2023
ESPECIFICACIONES			
EQUIPO	MODELO	TIPO	
Copa de Casagrande	HM - 301	Manual	
Altura de Caída de la Copa	10 mm		C* (x) NC** ( )
LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS			Fecha de Ensayo: 08-01-24
Condiciones Ambientales		7.3 °C	69.7 %
ENSAYO			
LIMITE LIQUIDO - MTC E 110			
N° DE ENSAYO	1'	2'	3'
N° FRASCO	F-02	F-33	F-10
MASA FRASCO + SUELO HUMEDO	27.17	27.79	27.34
MASA FRASCO + SUELO SECO - N° 1	23.94	24.30	23.81
MASA FRASCO + SUELO SECO - N° 2	23.94	24.29	23.79
MASA DEL FRASCO	13.98	13.73	13.49
NUMERO DE GOLPES	31	27	21
LIMITE PLÁSTICO - MTC E 111			
N° DE ENSAYO	1'	2'	
N° FRASCO	F-04	F-13	
MASA FRASCO + SUELO HUMEDO	20.30	20.68	
MASA FRASCO + SUELO SECO - N° 1	19.07	19.36	
MASA FRASCO + SUELO SECO - N° 2	19.06	19.36	
MASA DEL FRASCO	13.75	13.71	

Leyenda:

\*C: Conforme  
\*\*NC: No Conforme

Realizado por:
Firma:
Nombre: Robinson Quispe Encarnación

Revisado por:
Firma:
Nombre:

OBSERVACIONES :

Codigo: F-SGC-56  
Version: 01  
F.E: 20/09/2021  
Pagina: 2 de 2



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO  
ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
FORMATO DE CBR

EMPRESA SOLICITANTE: Robinson Quispe Encarnación REFERENCIA DEL CLIENTE: Cantera Acacly  
CODIGO DE LABORATORIO:

EQUIPOS A UTILIZAR			
EQUIPOS	MODELO	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA DE CALIBRACIÓN
Termobigornímetro	AR867	CCP-0052-003-23	17/01/2023
Instrumento de Pesaje no Automático (1 g)	R31P30	LM-030-2023	24/04/2023
Instrumento de Pesaje no Automático (0.1 g)	ES-8000H	LM-032-2023	24/04/2023
Horno Eléctrico	21-250	LT-023-2023	24/04/2023
Marco de Carga para pruebas CBR	7691F	LF-014-2023	24/04/2023
Transductor de Desplazamiento	TR-0050	LI-162-2023	24/04/2023
Comparador de Carabula	26104C-GILL	LI-163-2023	24/04/2023
ESPECIFICACIONES			
OTROS EQUIPOS	DIAMETRO	VOLUMEN Y/O MASA	ALTURA Y/O CAIDA LIBRE
Molde de Compactación Proctor	101,6 ± 0,4 mm	943,0 ± 14,0 cm <sup>3</sup>	116,4 ± 0,5 mm
Molde de Compactación Proctor	152,4 ± 0,7 mm	2124 ± 25 cm <sup>3</sup>	116,4 ± 0,5 mm
Apisonador para prueba de Proctor Modificado	50,80 ± 0,13 mm	4.5364 ± 0.009 kg	457,2 ± 1,3 mm
Apisonador para prueba de Proctor Estándar	50,80 ± 0,13 mm	2.495 ± 0.009 kg	304,8 ± 1 mm
Aparato de medición de expansión	149,2 ± 150,8 mm	1,3 kg	-
2 Pesas de Sobre Carga	149,2 ± 150,8 mm c/u	2,27 ± 0,02 kg	-
OTROS EQUIPOS	LONGITUD	BORDE BISELADO	-
Regla	≥ 10 in < 254 mm	1/8 in < 3 mm	-

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO DEL SUELO PARA PROCTOR MODIFICADO					Fecha de Ensayo: <u>10-01-24</u>		
Limpieza de Tamices		C* ( )	NC* ( )	Condiciones Ambientales: <u>9.0</u> °C <u>60.5</u> %			
TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	MASA RETENIDO	% MASA RETENIDO	SUMA DE TAMICES DEL 3/4" Y 3/8"	% DE LOS TAMICES 3/4" Y 3/8"	% DE LOS TAMICES 3/4"	% DE LOS TAMICES CORREGIDOS
3/4"	19.000	2906	29.4	—	—	—	—
3/8"	9.500	1723	17.4	26.4	65.9	19.4	36.8
N° 4	4.750	380	9.0	—	34.1	10.0	19.0
< N° 4	FONDO	4370	44.2	—	—	—	44.2
TOTAL		9879	100%	—	100%	100%	100%

MASA A UTILIZAR PARA EL PROCTOR MODIFICADO			Masa para el Contenido de Humedad (g)		Contenido de Humedad (MTC E 108)	
TAMIZ	% MASA	MASA (g)	% MASA	N° de Bandeja	Z1-B04	Z1-B02
3/8"	36.8	2171	184.0	M <sub>B+SH</sub>	906.8	914.2
N° 4	19.0	1121	95.0	M <sub>B+SS</sub> - N° 1	904.9	912.4
< N° 4	44.2	2608	221.0	M <sub>B+SS</sub> - N° 2	904.4	911.8
TOTAL	100%	5900	500.0	M <sub>B</sub>	406.8	414.2

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (Proctor Modificado)					Fecha de Ensayo: <u>11-01-24</u>	
Condiciones Ambientales: <u>8.5</u> °C <u>51.4</u> %						
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	
M <sub>N+SHC</sub>	10624	10912	11022	11002	—	
M <sub>N</sub>	—	—	—	—	—	
N° de Bandeja	Z1-W-2.8	Z1-W2-17	Z1-W2-13	Z1-W2-03	—	
M <sub>B+SH</sub>	536.7	553.4	552.5	561.3	—	
M <sub>B+SS</sub> - N° 1	565.8	522.9	513.9	514.3	—	
M <sub>B+SS</sub> - N° 2	565.2	522.9	513.5	513.8	—	
M <sub>B</sub>	85.4	52.1	52.0	60.2	—	
%H <sub>2</sub> O	4	6	8	10	—	

Leyenda:  
M<sub>N+SHC</sub> Masa molde + suelo humedo compactado  
M<sub>N</sub> Masa molde  
M<sub>B+SH</sub> Masa bandeja + suelo humedo  
M<sub>B+SS</sub> Masa bandeja + suelos eco  
M<sub>B</sub> Masa bandeja  
%H<sub>2</sub>O % de Agua

**CBR DE SUELOS**  
MTC E 132

Fecha de Ensayo: 22-01-24 Condiciones Ambientales: 8.6 °C 49.3 %

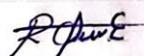
DATOS REQUERIDOS	
DENS. DEL PROCTOR MODIFICADO	Dens. Max: <u>1.91 g/cm<sup>3</sup></u> Humedad Op.: <u>7.82 %</u>

MASA A UTILIZAR PARA EL CBR		
TAMIZ	% MASA	MASA (g)
3/8"	<u>36.8</u>	<u>2539</u>
N° 4	<u>19.0</u>	<u>1311</u>
< N° 4	<u>44.2</u>	<u>3050</u>
TOTAL	100%	6900

COMPACTACIÓN						
MOLDE N°	1		2		3	
CAPAS	<u>5</u>		<u>5</u>		<u>5</u>	
GOLPES POR CAPA	<u>56</u>		<u>25</u>		<u>12</u>	
CONDICIÓN DE MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
MASA DE MOLDE + SUELO HUM.	<u>11647</u>	<u>11849</u>	<u>11030</u>	<u>11274</u>	<u>10958</u>	<u>11239</u>
BANDEJA N°	<u>Z1-W2-14</u>	<u>Z1-W2-06</u>	<u>Z1-W-13</u>	<u>Z1-W1-07</u>	<u>Z1-W1-11</u>	<u>Z1-W-34</u>
MASA DE BANDEJA + SUELO HUM.	<u>558.3</u>	<u>554.6</u>	<u>582.4</u>	<u>568.0</u>	<u>569.1</u>	<u>584.2</u>
MASA DE BANDEJA + SUELO SECO - N° 1	<u>522.3</u>	<u>500.8</u>	<u>545.9</u>	<u>510.3</u>	<u>532.8</u>	<u>523.8</u>
MASA DE BANDEJA + SUELO SECO - N° 2	<u>522.2</u>	<u>500.5</u>	<u>545.9</u>	<u>510.2</u>	<u>532.5</u>	<u>523.8</u>
MASA DE BANDEJA	<u>57.4</u>	<u>54.5</u>	<u>81.8</u>	<u>67.4</u>	<u>68.6</u>	<u>83.7</u>

EXPANSIÓN						
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	DIAL	DIAL	DIAL
<u>22-01-24</u>	<u>02:45 pm.</u>	<u>0</u>	<u>0.000</u>	<u>0.000</u>	<u>0.000</u>	<u>0.000</u>
<u>23-01-24</u>	<u>02:45 pm.</u>	<u>24</u>	<u>0.002</u>	<u>0.003</u>	<u>0.004</u>	<u>0.004</u>
<u>24-01-24</u>	<u>02:45 pm.</u>	<u>48</u>	<u>0.002</u>	<u>0.005</u>	<u>0.007</u>	<u>0.007</u>
<u>25-01-24</u>	<u>02:45 pm.</u>	<u>72</u>	<u>0.003</u>	<u>0.007</u>	<u>0.008</u>	<u>0.008</u>
<u>26-01-24</u>	<u>02:45 pm.</u>	<u>96</u>	<u>0.003</u>	<u>0.007</u>	<u>0.009</u>	<u>0.009</u>

PENETRACIÓN			
Condiciones Ambientales:		<u>8.7 °C</u>	<u>45.3 %</u>
Fecha de Ensayo:		<u>26-01-24</u>	
PENETRACION (mm)	MOLDE N° 1	MOLDE N° 2	MOLDE N° 3
	CARGA (kn)	CARGA (kn)	CARGA (kn)
0.00	<u>0.000</u>	<u>0.000</u>	<u>0.000</u>
0.64	<u>2.828</u>	<u>2.364</u>	<u>1.912</u>
1.27	<u>5.875</u>	<u>5.112</u>	<u>2.227</u>
1.91	<u>8.228</u>	<u>6.845</u>	<u>2.729</u>
2.54	<u>10.521</u>	<u>8.265</u>	<u>3.033</u>
3.81	<u>14.138</u>	<u>10.882</u>	<u>4.140</u>
5.08	<u>17.487</u>	<u>13.812</u>	<u>5.417</u>
6.35	<u>20.502</u>	<u>15.716</u>	<u>6.379</u>
7.62	<u>23.366</u>	<u>17.257</u>	<u>7.095</u>
10.16	<u>28.030</u>	<u>20.080</u>	<u>8.295</u>
12.70	<u>33.430</u>	<u>21.960</u>	<u>9.104</u>

Realizado por:  
  
Nombre: Robinson Quispe E.

Revisado por:  
  
Nombre:

OBSERVACIONES :



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO  
ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
FORMATO DE CLASIFICACIÓN DE SUELO  
ABRASIÓN - MÁQUINA DE LOS ANGELES

EMPRESA SOLICITANTE: *Robinson Quispe Encarnación* REFERENCIA DEL CLIENTE: *Cantera Acacluy*  
CODIGO DE LABORATORIO:

EQUIPOS A UTILIZAR			
EQUIPO	MODELO	N° CERTIFICADO	FECHA DE CALIBRACIÓN
Termohigrómetro	AR867	CCP-0052-003-23	17/01/2023
Maquina los Angeles	PT-MA	PT-LTF-002-2024	29/01/2024
Instrumento de Pesaje no Automático (1 g)	R31P30	LM-030-2023	24/04/2023
Horno Eléctrico	21-250	LT-023-2023	24/04/2023
EQUIPO		ESPECIFICACIONES	
Tamices		E - 11	
Esferas de Acero		Numero de Esferas (12) / Masa de Carga g. (5000 ± 25)	

ABRASIÓN LOS ÁNGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2")  
MTC E 207

Fecha de Ensayo: *02-02-24*  
Condiciones Ambientales: *10.6* °C | *49.4* %  
Limpieza de los Tamices: *C* (A) *NC*\*\* ( )

Medida de Tamiz (Abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado (g)			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37.5 mm (1 1/2")	25 mm (1")	<i>1250</i>	-----	-----	-----
25 mm (1")	19 mm (3/4")	<i>1250</i>	-----	-----	-----
19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	<i>1248</i>	---	-----	-----
12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	<i>1252</i>	---	-----	-----
9.5 mm (3/8")	6.3 mm (1/4")	-----	-----	---	-----
6.3 mm (1/4")	4.75 mm (N° 4)	-----	-----	---	-----
4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	-----	-----	---	-----
Total		<i>5000</i>	---	---	---

Numero de Esferas	<i>12</i>	---	---	---
Masa de la Carga (g)	<i>5000</i>	---	---	---
Numero de Revoluciones	<i>500</i>	---	---	---

Metodo de ensayo	<i>A</i>
Masa inicial del espécimen (g)	<i>5000</i>
Masa final del espécimen (g)	<i>2822</i>
Masa < malla N° 12 (g)	<i>2178</i>
Desgaste (%)	<i>43.56</i>

Legenda: \*C: Conforme  
\*\*NC: No Conforme

OBSERVACIONES:

Realizado por:  
*R. Quispe*  
Firma:  
Nombre: *Robinson Quispe F.*

Revisado por:  
Firma:  
Nombre:



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DE CONCRETO  
ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS

EMPRESA SOLICITANTE: *Robinson Quispe Encarnación* REFERENCIA DEL CLIENTE: *Cantera Acactuy*  
CODIGO DE LABORATORIO:

EQUIPOS A UTILIZAR			
EQUIPO	MODELO	N° CERTIFICADO	FECHA DE CALIBRACIÓN
Termohigrómetro	AR867	CCP-0052-003-23	17/01/2023
Mufla	-	-	-
Crisol	-	-	-
Instrumento de Pesaje no Automático (0.01 g)	DP2000-2C	LM-033-2024	23/04/2023
Horno Eléctrico	21-250	LT-013-2024	23/04/2023

CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (PERDIDA POR IGNICIÓN) -MTC E-118		Fecha de Ensayo: <i>02-02-24</i>	
Condiciones Ambientales :	<i>10.6</i>	°C	<i>49.4</i>
N° DE ENSAYO	1°	2°	
N° DE BANDEJA	<i>Z1-W-18</i>	<i>Z1-W-09</i>	
MASA ANTES DE IGNICIÓN + MASA DE BANDEJA	<i>65.50</i>	<i>64.39</i>	
MASA DESPUES DE IGNICIÓN + MASA DE BANDEJA	<i>65.40</i>	<i>64.29</i>	
MASA DE MATERIA ORGÁNICA	<i>0.10</i>	<i>0.10</i>	
MASA DE BANDEJA	<i>29.11</i>	<i>28.43</i>	
MASA DESPUES DE IGNICIÓN	<i>36.29</i>	<i>35.86</i>	
MATERIA ORGÁNICA	<i>0.28</i>	<i>0.28</i>	

Realizado por:  
*[Firma]*  
Firma:  
Nombre: *Robinson Quispe F.*

Revisado por:  
  
Firma:  
Nombre:

OBSERVACIONES :

## ANEXO 2: PANEL FOTOGRAFICO

Cantera Ocshapampa



Cantera Acacluy



Mapeo geológico - Cantera Ocshapampa



Muestreo del agregado de la cantera Ocshapampa



## Muestreo del agregado de la cantera Acaclyuy



## Secado de muestra – Cantera Ocshapampa



## Secado de muestra – Cantera Acacluy



## Ensayo de análisis granulométrico – Cantera Ocshapampa



## Ensayo de análisis granulométrico – Cantera Acacluy



## Ensayo de limite liquido – Cantera Ocshapampa



## Ensayo de limite liquido – Cantera Acacluy



## Ensayo de limite plástico– Cantera Ocshapampa



## Ensayo de limite plástico– Cantera Acacluy



## Ensayo de Proctor modificado– Cantera Ocshapampa



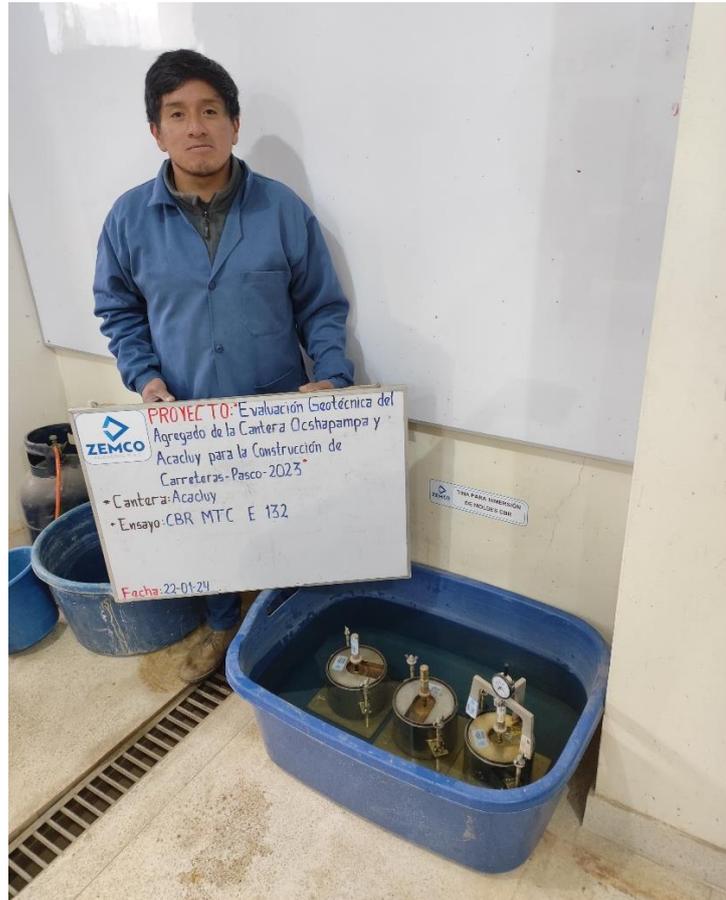
## Ensayo de Proctor modificado– Cantera Acacluy



## Ensayo de CBR (Saturación de espécimen)– Cantera Ocshapampa



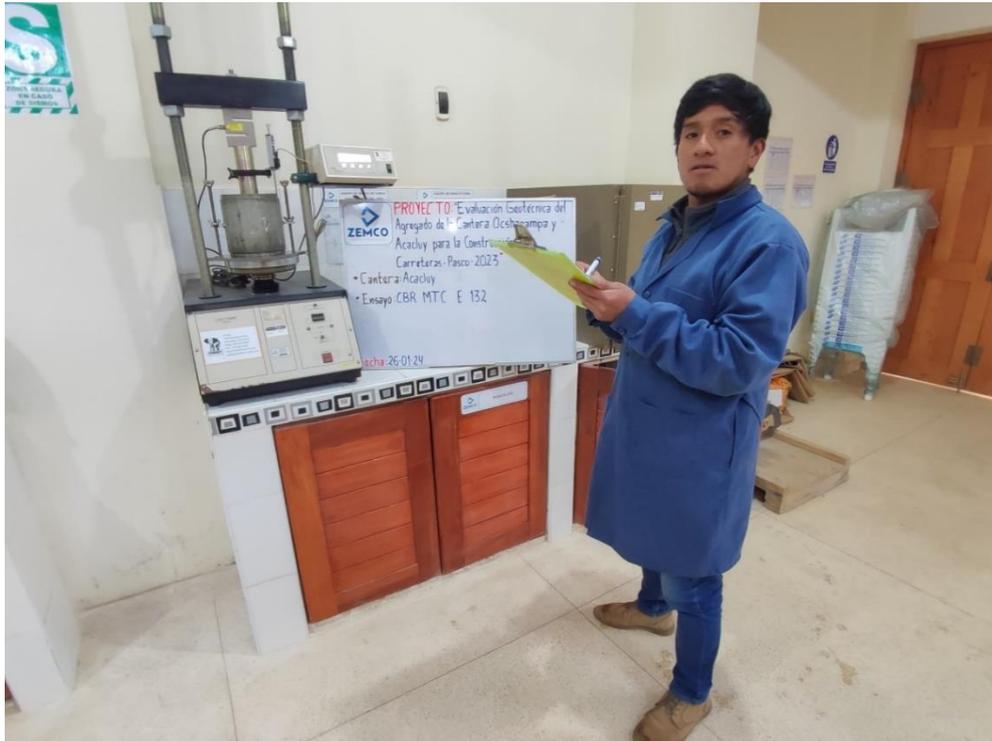
## Ensayo de CBR (Saturación de espécimen)– Cantera Acacluy



## Ensayo de CBR (Registrando la penetración)– Cantera Ocshapampa



## Ensayo de CBR (Registrando la penetración)– Cantera Acacluy



## Ensayo de Abrasión - Cantera Ocshapampa



## Ensayo de Abrasión - Cantera Acacluy



# ANEXO 3: CERTIFICADOS DE LOS ENSAYOS

## Cantera Ocshapampa



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,  
TECNOLOGÍA DE CONCRETOS Y MECÁNICA DE  
ROCAS**

**INFORME DE ENSAYO**  
002.01/2024  
Pág. 1 de 7

---

**Estudio** Proyecto del Solicitante  
ZI.002.01/24 "EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DEL AGREGADO DE LA CANTERA OCCHAPAMPA Y ACACLUY PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS - PASCO - 2023 "

**Descripción del proceso:** Caracterización del Suelo **Datos del solicitante**  
QUISPE ENCARNACION ROBINSON MILLER  
CALLE TAHUANTINSUYO S/N PP.JJ. COLUMNA  
PASCO - YANACANCHA - PASCO - PASCO

**Requisitos y especificaciones del solicitante:** Ninguna **Fecha de reporte de resultados:**  
6/02/2024

**Muestra N°** Ref. Solicitante **Fecha de recepción:**  
28/12/2023

ZI.002.01/24 Cantera Ocshapampa

**Muestreo**  
La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

**Descripción/Procedencia**  
Caracterización del Suelo/Distrito de Ninacaca - Provincia de Pasco - Región de Pasco

**INFORME:**

ENSAYO	MÉTODO	RESULTADO	REPORTE DE ENSAYO N°
01.01 - Análisis Granulométrico por Tamizado	AASHTO M - 147	Fracción Retenida de l Suelo	
		T # 2' = 100.0	T # N° 4 = 48.09
		T # 1 1/2' = 100.0	T # N° 10 = 34.37
		T # 1' = 99.0	T # N° 40 = 18.44
		T # 3/4' = 93.6	T # N° 200 = 10.51
01.02 - Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos	MTC E 110 - MTC E 111	LL = 22.0 LP = 15.0 IP = 7.0	LC.ZI002.24
01.03. Proctor Modificado	MTC E 115	Densidad máxima (g/cm3) = 2.02 Densidad máxima (g/cm3) = 5.56	CP.CBR.ZI003.24
01.04. CBR	MTC E 132	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) - 0.1" = 96.60	CBR.ZI004.24
		C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%) - 0.1" = 65.30	
01.05. Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	Desgaste (%) = 23.74	AA.ZI005.24

**Anexos :** 5 Reportes de Ensayo (07 Páginas)

Los resultados del presente informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Los resultados presentados se refieren únicamente a la muestra ensayada.  
La fecha de ejecución de los ensayos se indica en los reportes de ensayo adjuntos que forman parte del presente informe.  
El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUIA PERUANA INDECOPI : G004:1993)

Aprobado por



**Ing. Juan Espinoza Bustillos**  
E.C. MAESTRIA EN GEOLOGIA  
CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

Calle Tarma N° 215  
Paragsha – Simón Bolívar  
Cerro de Pasco.

(063)281054  
963665214

[jcespinoza@zemcoingenieros.com](mailto:jcespinoza@zemcoingenieros.com)  
[zemcoingenieros@gmail.com](mailto:zemcoingenieros@gmail.com)

Zemco Ingenieros SAC  
[www.zemcoingenieros.com](http://www.zemcoingenieros.com)



REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°  
ZI.002.01/24

Reporte N°  
AG.ZI001.24

Página  
2/7

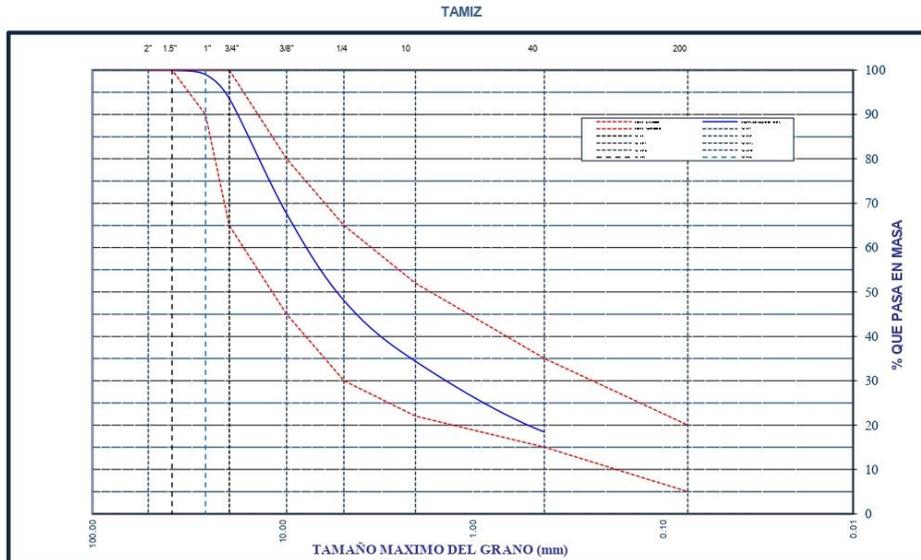
Fecha  
6/02/2024

01.01. Analisis Granulometrico por Tamizado (Afirmado)  
AASHTO M - 147

Masa Inicial de la Muestra (g) : 5682.99

Tamiz	Abertura (mm)	Masa Retenida (g)	Porcentaje Retenido %	Porcentaje Retenido Acumulado %	Porcentaje que pasa %	Gradacion (Porcentaje que pasa)					
						A - 1	A - 2	C	D	E	F
						2"	50.800	-	-	-	100
1 1/2"	38.100	-	-	-	100	100	100	-	-	-	-
1"	25.400	57.7	1.0	1.0	99.0	90	100	100	100	100	100
3/4"	19.050	306.9	5.4	6.4	93.6	65	100	80 - 100	-	-	-
3/8"	9.525	1,474.3	25.9	32.4	67.6	45	80	65 - 100	50 - 85	60 - 100	-
4	4.760	1,110.9	19.5	51.9	48.1	30	65	50 - 85	35 - 65	50 - 85	55 - 100
10	2.000	779.74	13.7	65.6	34.4	22	52	33 - 67	25 - 50	40 - 70	40 - 100
40	0.420	905.38	15.9	81.6	18.4	15	35	20 - 45	15 - 30	25 - 45	20 - 50
200	0.074	450.80	7.9	89.5	10.5	5	20	5 - 20	5 - 15	5 - 20	6 - 20
< 200	0	597.27	10.5	100.0	-	-	-	-	-	-	8 - 25
<b>TOTAL</b>		<b>5682.99</b>									

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones: La muestra fue remitida al laboratorio e identificada por el Solicitante.

Revisado por

*[Signature]*  
ZEMCO  
Ing. Juan Carlos ESPINOZA BUSTILLOS  
E.C. MAESTRIA EN GEOTECNIA  
CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

Calle Tarma N° 215  
Paragsha – Simón Bolívar  
Cerro de Pasco.

(063)281054  
963665214

jcespinoza@zemcoingenieros.com  
zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
www.zemcoingenieros.com



**REPORTE DE ENSAYO**

Muestra N°  
ZI.002.01/24

Reporte N°  
LC.ZI002.24

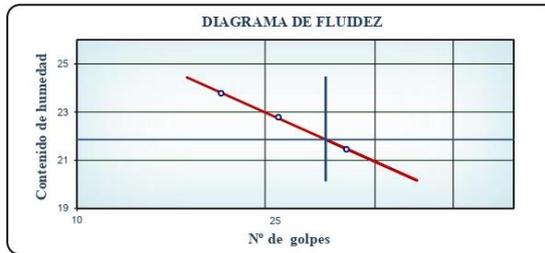
Página  
3/7

Fecha  
6/02/2024

**01.02 - Limite Liquido, Limite Plastico e Indice de Plasticidad de Suelos  
MTC E 110 - MTC E 111**

Preparacion de la muestra		Equipo de ensayo utilizado	
Humedad: <input type="checkbox"/>	Lavado de tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>	Limite Plástico: Manual	<input checked="" type="checkbox"/>
Secado al aire: <input checked="" type="checkbox"/>	Tamizado en seco en tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>	Mecánico	<input type="checkbox"/>
Secado al horno: <input type="checkbox"/>	Mecanicamente por tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>	Limite Líquido: Manual	<input checked="" type="checkbox"/>
Mezcladas sobre plato de vidrio y retiradas las particulas medianas de arena: <input type="checkbox"/>		Mecánico	<input type="checkbox"/>
Agua Mezclada:		Espátula Casagrande: Manual	<input checked="" type="checkbox"/>
Destilada: <input type="checkbox"/>	Desmineralizada: <input checked="" type="checkbox"/>	Mecánico	<input type="checkbox"/>
Otras:			

Limite Liquido					
Ensayo N°			1	2	3
Masa de la lata	m1	(0.01g)	13.89	13.56	13.86
Masa de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	27.82	27.84	27.81
Masa de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	25.36	25.19	25.13
Masa del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	2.46	2.65	2.68
Masa del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	11.47	11.63	11.27
Contenido de agua	$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$	0.1%	21.45	22.79	23.78
Numero de golpes			27	21	17
Limite Liquido		(%)	22		



Limite de Plasticidad				
Ensayo N°			1	2
Masa de la lata	m1	(0.01g)	13.71	13.71
Masa de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	20.08	19.85
Masa de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	19.27	19.07
Masa del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	0.81	0.78
Masa del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	5.56	5.36
Contenido de agua	$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$	0.1%	14.57	14.55
Limite de Plasticidad		(%)	15	
Indice de Plasticidad		(%)	7	

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Revisado por

ZEMCO  
Ing. José Carlos ESPINOZA BUSTILLOS  
E.C. MAESTRIA EN GEOLOGIA  
CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

Calle Tarma N° 215  
Paragsha – Simón Bolívar  
Cerro de Pasco.

(063) 281054  
963665214

jcespinoza@zemcoingenieros.com  
zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
www.zemcoingenieros.com



**REPORTE DE ENSAYO**

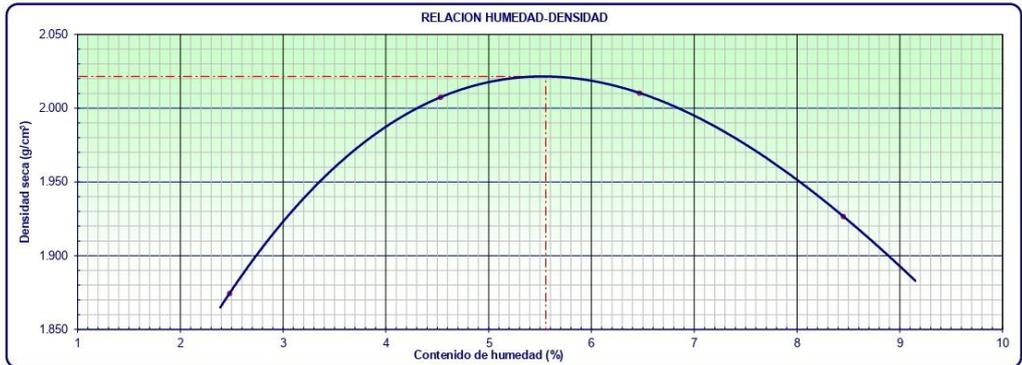
<b>Muestra N°</b> ZI.002.01/24	<b>Reporte N°</b> CP.CBR.ZI003.24	<b>Página</b> 4/7	<b>Fecha</b> 6/02/2024
-----------------------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------

**01.03 - COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)  
MTC E 115**

<u>Tipo de Compactación</u>	<u>Masa del Pisón</u>	<u>Altura de caída (mm)</u>	<u>Volumen del molde - V (cm<sup>3</sup>)</u>
MODIFICADO	91 Kg <> 200 Libras	457.2 mm <> 18.00 Pulgas	2124
<u>Metodo Utilizado</u>	<u>N° de capas</u>	<u>N° de Golpes</u>	<u>Masa del Molde - Pm (g)</u>
PROCTOR - CBR	5	56	6634

Ensayo N°			1	2	3	4
Masa del suelo húmedo + molde	Pt	g.	10714	11091	11180	11072
Masa del molde + base	Pm	g.	6634	6634	6634	6634
Masa suelo húmedo compactado	P = Pt - Pm	g.	4080	4457	4546	4438
Volumen del molde	V	cm <sup>3</sup>	2124	2124	2124	2124
Masa volumétrico húmedo	Yw = PV	g/cm <sup>3</sup>	1.921	2.098	2.140	2.089
Masa del suelo húmedo + bandeja	M1	g.	588.9	587.5	586.0	582.3
Masa del suelo seco + bandeja	M2	g.	576.8	565.8	555.6	543.3
Masa de la bandeja	M3	g.	88.6	87.0	85.6	81.8
Masa de agua	Pw = M1 - M2	g.	12.1	21.7	30.4	39.0
Masa del suelo seco	Ps = M2 - M3	g.	488.2	478.8	470.0	461.5
Contenido de agua	Pw/Ps * 100	%	2.5	4.5	6.5	8.5
Peso volumétrico seco	Ys = (Yw * 100) / (W + 100)	g/cm <sup>3</sup>	1.874	2.007	2.010	1.927

Densidad máxima (g/cm <sup>3</sup> )	2.02
Humedad óptima (%)	5.56



Observaciones: La densidad maxima alcanzada para la Muestra (M-01) es 2.02 gr/cm<sup>3</sup> y la humedad optima es 5.56%, ademas La muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

Revisado por

*[Signature]*  
**ZEMCO**  
 Ing. Juan Carlos ESPINOZA BUSTILLOS  
 E.C. MAESTRIA EN GEOLOGIA  
 CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

Calle Tarma N° 215  
 Paragsha – Simón Bolívar  
 Cerro de Pasco.

(063)281054  
 963665214

[jcespinoza@zemcoingenieros.com](mailto:jcespinoza@zemcoingenieros.com)  
[zemcoingenieros@gmail.com](mailto:zemcoingenieros@gmail.com)

Zemco Ingenieros SAC  
[www.zemcoingenieros.com](http://www.zemcoingenieros.com)



### REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°  
ZI.002.01/24

Reporte N°  
CBR.ZI004.24

Página  
5/7

Fecha  
6/02/2024

01.04 - CBR  
MTC E 132

Tipo de Compactación

Masa del Pisón

Altura de caída (mm)

Metodo Utilizado

MODIFICADO

91 Kg ⇔ 200 Libras

457.2 mm ⇔ 18.00 Pulg

CBR

#### COMPACTACIÓN

		1		2		3			
Molde N°		5		5		5			
Capas N°		56		25		12			
Golpes por capa N°		56		25		12			
Condición de la muestra		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO	
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	g.	11794	11948	11333	11537	11356	11579		
Masa de molde + base	g.	7254	7254	6842	6842	6930	6930		
Masa del suelo húmedo	g.	4540	4694	4491	4695	4426	4649		
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2134	2135	2146	2148	2133	2135		
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	2.127	2.200	2.093	2.188	2.075	2.180		
Masa suelo húmedo + bandeja	g.	585.1	587.1	582.9	587.4	571.7	586.2		
Masa suelo seco + bandeja	g.	559.1	547.2	557.0	543.7	545.2	541.3		
Masa de bandeja	g.	84.7	86.5	82.3	86.8	71.1	85.5		
Masa de agua	g.	26.0	39.9	25.9	43.7	26.5	44.9		
Masa de suelo seco	g.	474.4	460.7	474.7	456.9	474.1	455.8		
Contenido de humedad (%)	%	5.5	8.7	5.5	9.6	5.6	9.9		
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	g/cm <sup>3</sup>	2.017	2.024	1.984	1.995	1.965	1.982		

#### EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
15/01/2024	11:30 a.m	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
16/01/2024	11:30 a.m	24	0.001	0.03	0.0	0.001	0.03	0.0	0.002	0.05	0.0
17/01/2024	11:30 a.m	48	0.001	0.03	0.0	0.002	0.05	0.0	0.003	0.08	0.1
18/01/2024	11:30 a.m	72	0.001	0.03	0.0	0.003	0.08	0.1	0.004	0.10	0.1
19/01/2024	11:30 a.m	96	0.001	0.03	0.0	0.003	0.08	0.1	0.004	0.10	0.1

#### PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.000	0.0			0.000	0.0			0.000	0.0		
0.635		4.557	464.7			2.810	286.5			1.148	117.1		
1.270		8.206	836.8			5.336	544.1			2.260	230.5		
1.905		10.327	1053.0			7.456	760.3			3.016	307.5		
2.540	70.5	12.572	1282.0	1314.3	97	8.343	850.7	889.2	65	4.016	409.5	399.5	29
3.810		17.674	1802.2			11.076	1129.4			5.221	532.4		
5.080	105.7	22.225	2266.3	2199.6	108	13.870	1414.3	1397.1	68	6.162	628.3	635.2	31
6.350		25.534	2603.7			16.117	1643.5			7.102	724.2		
7.620		29.734	3032.0			18.360	1872.2			7.760	791.3		
10.160		35.134	3582.6			23.100	2355.5			9.804	999.7		
12.700		39.734	4051.7			26.990	2752.2			11.572	1180.0		

Observaciones: Las muestras que se utilizan para el calculo de CBR, son muestras que se encuentran en condicion saturadas  
La muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

Revisado por

ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
Ing. Juan Carlos ESPINOZA BUSTILLOS  
E.C. MAESTRIA EN GEOLOGIA  
CON MENCION EN PERITECNIA

Calle Tarma N° 215  
Paragsha – Simón Bolívar  
Cerro de Pasco.

(063)281054  
963665214

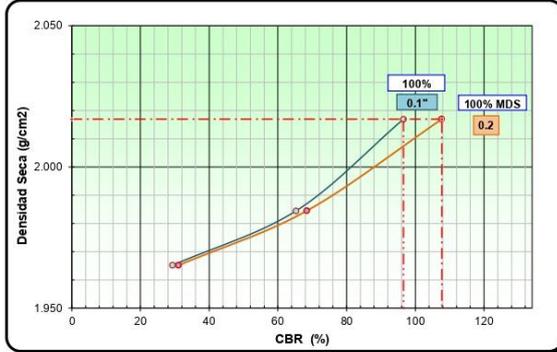
jcespinoza@zemcoingenieros.com  
zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
www.zemcoingenieros.com

Muestra N° ZI.002.01/24	Reporte N° CBR.ZI004.24	Página 6/7	Fecha 6/02/2024
----------------------------	----------------------------	---------------	--------------------

01.04 - CBR  
MTC E 132

DETERMINACIÓN DEL CBR



DATOS DEL PRÓCTOR MODIFICADO

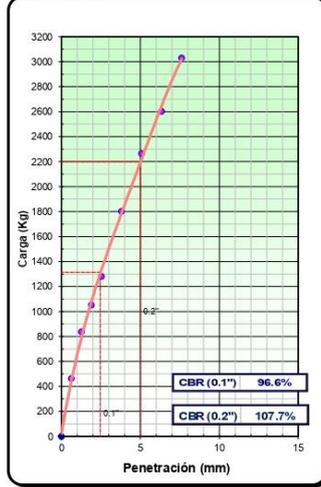
PROCTOR MODIFICADO ASTM D	:	2.020
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:	2.017
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	5.5
AL 95% DE LA MAX. DEN. SECA (g/cm³)	:	1.916

PORCENTAJE DEL CBR

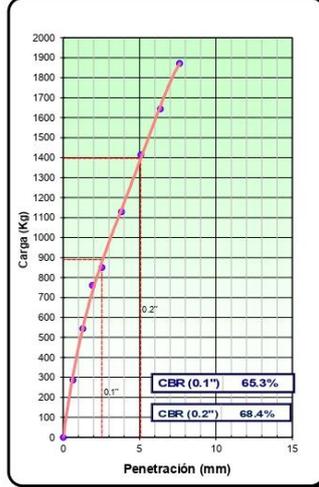
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	96.6	0.2"	107.7
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	65.3	0.2"	68.4

OBSERVACION: El CBR al 100 % de MDS (%) que se va ha utilizar para el diseño de capas es 96.6 %.

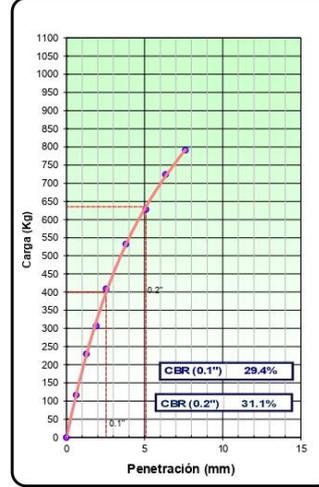
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: Las partículas no se acomodan bien en el inicio de la curva de EC=56 golpes, por tal motivo se realizó la corrección, para obtener el nuevo origen de la curva.  
La muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

Revisado por

ZEMCO  
ING. JUAN CARLOS ESPINOZA BUSTILLOS  
E.C. MAESTRIA EN GEOLOGIA  
CON MENCION EN GEOTECNIA



REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°  
ZI.002.01/24

Reporte N°  
AA.ZI005.24

Página  
7/7

Fecha  
6/02/2024

01.05 - ABRASIÓN LOS ÁNGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2")  
MTC E 207

Medida de Tamiz (Abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado (g)			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37.5 mm (1 1/2")	25 mm (1")	1247	.....	.....	.....
25 mm (1")	19 mm (3/4")	1253	.....	.....	.....
19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	1250	.....	.....	.....
12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	1250	.....	.....	.....
9.5 mm (3/8")	6.3 mm (1/4")	.....	.....	.....	.....
6.3 mm (1/4")	4.75 mm (N° 4)	.....	.....	.....	.....
4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	.....	.....	.....	.....
TOTAL (g)		5000			

Numero de Esferas	12	.....	.....	.....
Masa de la Carga (g)	5000	.....	.....	.....
Numero de Revoluciones	500	.....	.....	.....

Metodo de ensayo	A
Masa inicial del especimen (g)	5000
Masa final del especimen (g)	3813
Masa < malla N° 12 (g)	1187
Desgaste (%)	23.74

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Revisado por

ZEMCO  
Ing. Juan Carlos ESPINOZA BUSTILLOS  
E.C. MAESTRIA EN GEOLOGIA  
CON MENCION EN PEDROTECNIA

Calle Tarma N° 215  
Paragsha – Simón Bolívar  
Cerro de Pasco.

(063)281054  
963665214

jcespinoza@zemcoingenieros.com  
zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
www.zemcoingenieros.com

**REPORTE DE ENSAYO****Muestra N°**  
ZI.002.01/24**Reporte N°**  
MO.ZI005.24**Página**  
1/1**Fecha**  
6/02/2024**CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (PERDIDA POR IGNICION)**  
**MTC E-118**

Recipiente N°			1	2
Masa Antes de Ignición + Masa de Bandeja	A	(0.01g)	52.56	53.80
Masa Después de Ignición + Masa de Bandeja	B	(0.01g)	52.49	53.75
Masa Materia Orgánica - (A-B)	C	(0.01g)	0.07	0.05
Masa de Bandeja	D	(0.01g)	27.13	29.14
Masa después de Ignición - (B-D)	E	(0.01g)	25.36	24.61
Materia Orgánica - ((C/E)*100)	F	0.01%	0.28	0.20
<b>Promedio de Materia Organica</b>		0.01%	0.24	

**Observaciones:** La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Elaborado por

  
**ZEMCO**  
Ing. Juan Carlos ESPINOZA BUSTILLOS  
E.C. MAESTRIA EN GEOLOGIA  
CON MENCION EN PETROECNIACalle Tarma N° 215  
Paragsha – Simón Bolívar  
Cerro de Pasco. (063)281054  
 963665214jcespinoza@zemcoingenieros.com  
zemcoingenieros@gmail.com Zemco Ingenieros SAC  
www.zemcoingenieros.com

# Cantera Acacluy



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,  
TECNOLOGÍA DE CONCRETOS Y MECÁNICA DE  
ROCAS

## INFORME DE ENSAYO

002.02/2024

Pág. 1 de 7

**Estudio** ZI.002.02/24 **Proyecto del Solicitante** "EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DEL AGREGADO DE LA CANTERA OCSHAPAMPA Y ACACLUY PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS - PASCO - 2023 "

**Descripción del proceso:**  
Caracterización del Suelo

### Datos del solicitante

QUISPE ENCARNACION ROBINSON MILLER  
CALLE TAHUANTINSUYO S/N PP.JJ. COLUMNA  
PASCO - YANACANCHA - PASCO - PASCO

**Requisitos y especificaciones del solicitante:**

**Fecha de reporte de resultados:**

6/02/2024

Ninguna

**Muestra N°**

**Ref. Solicitante**

**Fecha de recepción:**

28/12/2023

ZI.002.02/24

Cantera Acacluy

### Muestreo

La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

### Descripción/Procedencia

Caracterización del Suelo/Distrito de Ninacaca - Provincia de Pasco - Región de Pasco

### INFORME:

ENSAYO	MÉTODO	RESULTADO	REPORTE DE ENSAYO N°
01.01 - Análisis Granulométrico por Tamizado	AASHTO M - 147	Fracción Reterida del Suelo	
		T # 2' = 100.0	T # N° 4 = 54.02
		T # 1 1/2' = 100.0	T # N° 10 = 44.34
		T # 1' = 88.0	T # N° 40 = 33.50
		T # 3/4' = 80.9	T # N° 200 = 26.06
T # 3/8' = 64.2			
01.02 - Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos	MTC E 110 - MTC E 111	LL = 34.0 LP = 23.0 IP = 11.0	LC.ZI002.24
01.03. Proctor Modificado	MTC E 115	Densidad máxima (g/cm3) = 1.91 Densidad máxima (g/cm3) = 7.82	CP.CBR.ZI003.24
01.04. CBR	MTC E 132	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) - 0.1" = 78.40 C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%) - 0.1" = 63.00	CBR.ZI004.24
01.05. Abrasión Los Angeles	MTC E 207	Desgaste (%) = 43.56	AA.ZI005.24

**Anexos :** 5 Reportes de Ensayo (07 Páginas)

Los resultados del presente informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Los resultados presentados se refieren únicamente a la muestra ensayada.

La fecha de ejecución de los ensayos se indica en los reportes de ensayo adjuntos que forman parte del presente informe.

El presente documento no deba reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUIA PERUANA INDECOPI : G004:1993)

Aprobado por

ZEMCO  
INGENIEROS S.A.C.  
Ing. Juan Carlos ESPINOZA BUSTILLOS  
E.C. MAESTRIA EN GEOLOGIA  
CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

Calle Tarma N° 215  
Paragsha – Simón Bolívar  
Cerro de Pasco.

(063)281054  
963665214

jcespinoza@zemcoingenieros.com  
zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
www.zemcoingenieros.com



REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°  
ZI.002.02/24

Reporte N°  
AG.ZI001.24

Página  
2/7

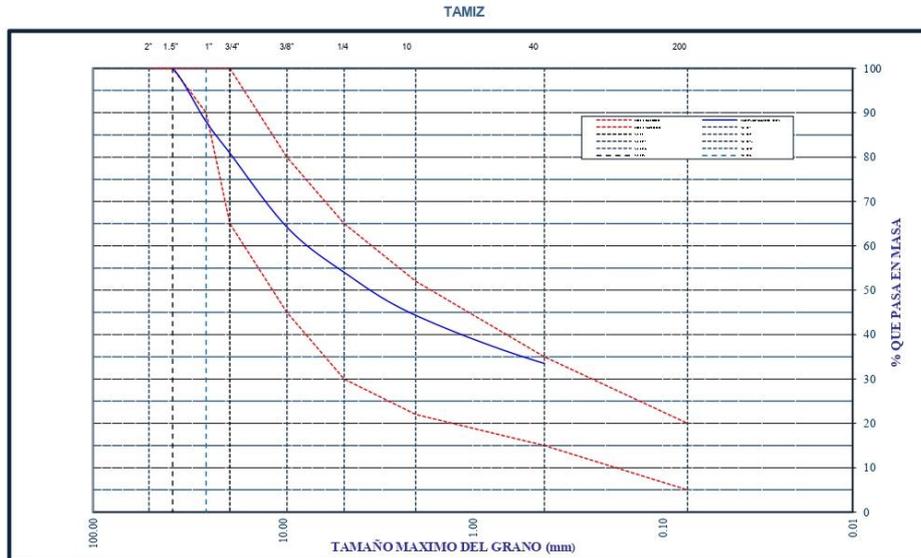
Fecha  
6/02/2024

01.01. Analisis Granulometrico por Tamizado (Afirmado)  
AASHTO M - 147

Masa Inicial de la Muestra (g) : 6286.35

Tamiz	Abertura (mm)	Masa Retenida (g)	Porcentaje Retenido %	Porcentaje Retenido Acumulado %	Porcentaje que pasa %	Gradacion (Porcentaje que pasa)					
						A - 1	A - 2	C	D	E	F
2"	50.800	-	-	-	100	100	100	-	-	-	-
1 1/2"	38.100	-	-	-	100	100	100	-	-	-	-
1"	25.400	754.7	12.0	12.0	88.0	90	100	100	100	100	100
3/4"	19.050	445.3	7.1	19.1	80.9	65	100	80 - 100	-	-	-
3/8"	9.525	1,049.7	16.7	35.8	64.2	45	80	65 - 100	50 - 85	60 - 100	-
4	4.760	640.6	10.2	46.0	54.0	30	65	50 - 85	35 - 65	50 - 85	55 - 100
10	2.000	608.73	9.7	55.7	44.3	22	52	33 - 67	25 - 50	40 - 70	40 - 100
40	0.420	681.69	10.8	66.5	33.5	15	35	20 - 45	15 - 30	25 - 45	20 - 50
200	0.074	467.20	7.4	73.9	26.1	5	20	5 - 20	5 - 15	5 - 20	6 - 20
< 200	0	1,638.43	26.1	100.0	-	-	-	-	-	-	8 - 25
<b>TOTAL</b>		<b>6286.35</b>									

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones: La muestra fue remitida al laboratorio e identificada por el Solicitante.

Revisado por

*JCB*  
ZEMCO  
Ing. Juan Carlos ESPINOZA BUSTILLOS  
E.C. MAESTRIA EN DEOLOGIA  
CON MENCION EN GEOTECNIA

Calle Tarma N° 215  
Paragsha – Simón Bolívar  
Cerro de Pasco.

(063)281054  
963665214

jcespinoza@zemcoingenieros.com  
zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
www.zemcoingenieros.com



**REPORTE DE ENSAYO**

Muestra N°  
ZI.002.02/24

Reporte N°  
LC.ZI002.24

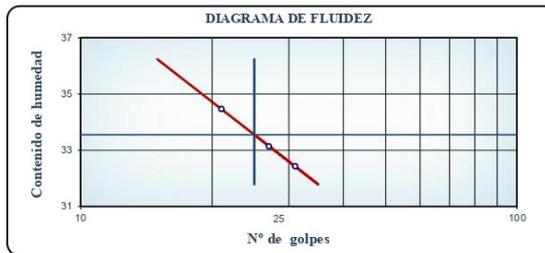
Página  
3/7

Fecha  
6/02/2024

**01.02 - Limite Liquido, Limite Plastico e Indice de Plasticidad de Suelos  
MTC E 110 - MTC E 111**

Preparacion de la muestra		Equipo de ensayo utilizado	
Humedad: <input type="checkbox"/>	Lavado de tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>	Limite Plástico:	Manual <input checked="" type="checkbox"/>
Secado al aire: <input checked="" type="checkbox"/>	Tamizado en seco en tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>		Mecánico <input type="checkbox"/>
Secado al horno: <input type="checkbox"/>	Mecanicamente por tamiz # 40: <input checked="" type="checkbox"/>		Manual <input checked="" type="checkbox"/>
Mezcladas sobre plato de vidrio y retiradas las particulas medianas de arena: <input type="checkbox"/>		Limite Líquido:	Mecánico <input type="checkbox"/>
Agua Mezclada:			Manual <input checked="" type="checkbox"/>
Destilada: <input type="checkbox"/>	Desmineralizada: <input checked="" type="checkbox"/>	Otras: <input type="checkbox"/>	Espátula Casagrande:
			Mecánico <input type="checkbox"/>

Limite Liquido					
Ensayo N°			1	2	3
Masa de la lata	m1	(0.01g)	13.98	13.73	13.49
Masa de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	27.17	27.79	27.34
Masa de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	23.94	24.29	23.79
Masa del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	3.23	3.5	3.55
Masa del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	9.96	10.56	10.3
Contenido de agua	$w = \frac{Ww}{Ws} \times 100$	0.1%	<b>32.43</b>	<b>33.14</b>	<b>34.47</b>
Numero de golpes			31	27	21
Limite Liquido		(%)	<b>34</b>		



Limite de Plasticidad				
Ensayo N°			1	2
Masa de la lata	m1	(0.01g)	13.75	13.71
Masa de la lata + Suelo húmedo	m2	(0.01g)	20.30	20.68
Masa de la lata + Suelo Seco	m3	(0.01g)	19.06	19.36
Masa del agua	ws=m3-m1	(0.01g)	1.24	1.32
Masa del suelo seco	ww=m2-m3	(0.01g)	5.31	5.65
Contenido de agua	$w = \frac{Ww}{Ws} \times 100$	0.1%	23.35	23.36
Limite de Plasticidad		(%)	23	
Indice de Plasticidad		(%)	11	

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Revisado por

ZEMCO  
Ing. José Carlos ESTAYZA BUSTILLOS  
E.C. MAESTRIA EN GEOLOGIA  
CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

Calle Tarma N° 215  
Paragsha – Simón Bolívar  
Cerro de Pasco.

(063)281054  
963665214

jcespinoza@zemcoingenieros.com  
zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
www.zemcoingenieros.com



**REPORTE DE ENSAYO**

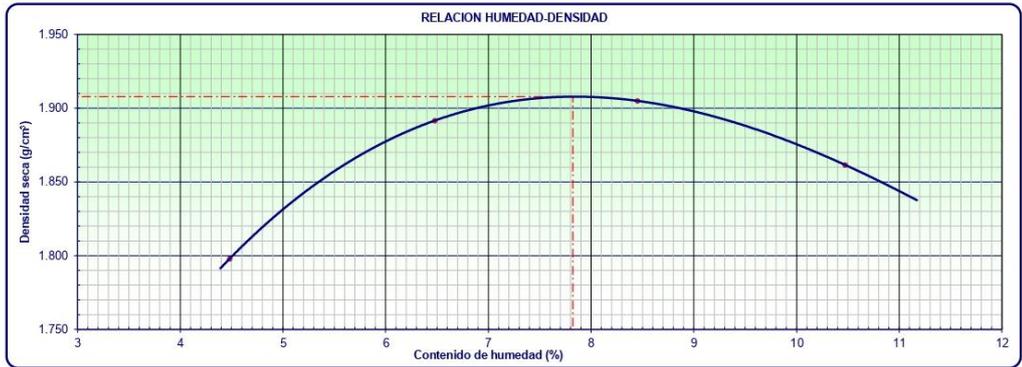
<b>Muestra N°</b> ZI.002.02/24	<b>Reporte N°</b> CP.CBR.ZI003.24	<b>Página</b> 4/7	<b>Fecha</b> 6/02/2024
-----------------------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------

**01.03 - COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) MTC E 115**

<b>Tipo de Compactación</b>	<b>Masa del Pisón</b>	<b>Altura de caída (mm)</b>	<b>Volumen del molde - V (cm<sup>3</sup>)</b>
MODIFICADO	91 Kg <> 200 Libras	457.2 mm <> 18.00 Pulgas	2124
<b>Método Utilizado</b>	<b>N° de capas</b>	<b>N° de Golpes</b>	<b>Masa del Molde - Pm (g)</b>
PROCTOR - CBR	5	56	6634

Ensayo N°			1	2	3	4
Masa del suelo húmedo + molde	Pt	g.	10624	10912	11022	11002
Masa del molde + base	Pm	g.	6634	6634	6634	6634
Masa suelo húmedo compactado	P=Pt-Pm	g.	3990	4278	4388	4368
Volumen del molde	V	cm <sup>3</sup>	2124	2124	2124	2124
Masa volumétrico húmedo	Yw=P/V	g/cm <sup>3</sup>	1.879	2.014	2.066	2.056
Masa del suelo húmedo+bandeja	M1	g.	586.7	553.4	552.5	561.3
Masa del suelo seco + bandeja	M2	g.	565.2	522.9	513.5	513.8
Masa de la bandeja	M3	g.	85.4	52.1	52.0	60.2
Masa de agua	Pw=M1 - M2	g.	21.5	30.5	39.0	47.5
Masa del suelo seco	Ps=M2 - M3	g.	479.8	470.8	461.5	453.6
Contenido de agua	PwPs * 100	%	4.5	6.5	8.5	10.5
Peso volumétrico seco	Ys=(Yw*100)/(W+100)	g/cm <sup>3</sup>	1.798	1.892	1.905	1.862

<b>Densidad máxima (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.91</b>
<b>Humedad óptima (%)</b>	<b>7.82</b>



Observaciones: La densidad maxima alcanzada para la Muestra (M-01) es 1.91 gr/cm3 y la humedad óptima es 7.82%, ademas La muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

Revisado por

*[Signature]*  
**ZEMCO**  
 Ing. Juan Carlos ESPINOZA BUSTILLOS  
 E.C. MAESTRIA EN GEOLOGIA  
 CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

Calle Tarma N° 215  
 Paragsha – Simón Bolívar  
 Cerro de Pasco.

(063)281054  
 963665214

[jcespinoza@zemcoingenieros.com](mailto:jcespinoza@zemcoingenieros.com)  
[zemcoingenieros@gmail.com](mailto:zemcoingenieros@gmail.com)

Zemco Ingenieros SAC  
[www.zemcoingenieros.com](http://www.zemcoingenieros.com)



### REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°  
ZI.002.02/24

Reporte N°  
CBR.ZI004.24

Página  
5/7

Fecha  
6/02/2024

01.04 - CBR  
MTC E 132

Tipo de Compactación

Masa del Pisón

Altura de caída (mm)

Metodo Utilizado

MODIFICADO

91 Kg <> 200 Libras

457.2 mm <> 18.00 Pulgas

CBR

#### COMPACTACIÓN

Molde N°	1		2		3		
Capas N°	5		5		5		
Golpes por capa N°	56		25		12		
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	g	11647	11849	11030	11274	10958	11239
Masa de molde + base	g	7254	7254	6842	6842	6930	6930
Masa del suelo húmedo	g	4393	4595	4188	4432	4028	4309
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2134	2136	2146	2150	2133	2138
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	2.059	2.153	1.952	2.065	1.888	2.020
Masa suelo húmedo + bandeja	g	558.3	554.6	582.4	568.0	569.1	584.2
Masa suelo seco + bandeja	g	522.2	500.5	545.9	510.2	532.5	523.8
Masa de bandeja	g	57.4	54.5	81.8	67.4	68.6	83.7
Masa de agua	g	36.1	54.1	36.5	57.8	36.6	60.4
Masa de suelo seco	g	464.8	446.0	464.1	442.8	463.9	440.1
Contenido de humedad (%)	%	7.8	12.1	7.9	13.1	7.9	13.7
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	g/cm <sup>3</sup>	1.910	1.919	1.809	1.824	1.750	1.772

#### EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
22/01/2024	02:45 p.m	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
23/01/2024	02:45 p.m	24	0.002	0.05	0.0	0.003	0.08	0.1	0.004	0.10	0.1
24/01/2024	02:45 p.m	48	0.002	0.05	0.0	0.005	0.13	0.1	0.007	0.18	0.2
25/01/2024	02:45 p.m	72	0.003	0.08	0.1	0.007	0.18	0.2	0.008	0.20	0.2
26/01/2024	02:45 p.m	96	0.003	0.08	0.1	0.007	0.18	0.2	0.009	0.23	0.2

#### PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.000	0.0			0.000	0.0			0.000	0.0		
0.635		2.828	288.4			2.364	241.1			1.412	144.0		
1.270		5.875	599.1			5.112	521.3			2.227	227.1		
1.905		8.228	839.0			6.845	698.0			2.729	278.3		
2.540	70.5	10.521	1072.8	1066.8	78	8.265	842.8	857.3	63	3.033	309.3	336.3	25
3.810		14.138	1441.7			10.882	1109.6			4.140	422.2		
5.080	105.7	17.487	1783.1	1785.3	87	13.812	1408.4	1388.2	68	5.417	552.4	540.3	26
6.350		20.502	2090.6			15.716	1602.6			6.379	650.5		
7.620		23.366	2382.6			17.257	1759.7			7.095	723.5		
10.160		28.030	2858.2			20.080	2047.6			8.295	845.8		
12.700		33.430	3408.9			21.960	2239.3			9.104	928.3		

Observaciones: Las muestras que se utilizan para el calculo de CBR, son muestras que se encuentran en condicion saturadas  
La muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

Revisado por

ZEMCO  
Ing. Juan Carlos ESPINOZA BUSTILLOS  
E.C. MAESTRIA EN GEOLOGIA  
CON MENCION EN GEOTECNIA

Calle Tarma N° 215  
Paragsha – Simón Bolívar  
Cerro de Pasco.

(063)281054  
963665214

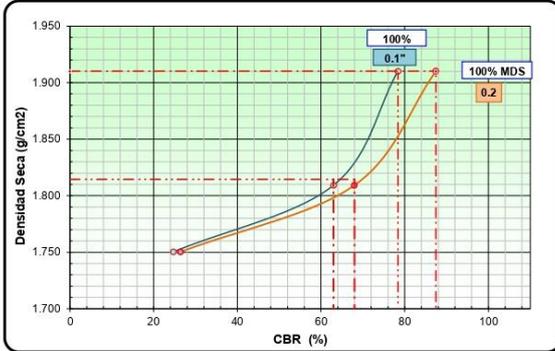
jcespiroza@zemcoingenieros.com  
zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
www.zemcoingenieros.com

<b>Muestra N°</b> ZI.002.02/24	<b>Reporte N°</b> CBR.ZI004.24	<b>Página</b> 6/7	<b>Fecha</b> 6/02/2024
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------	---------------------------

01.04 - CBR  
MTC E 132

**DETERMINACIÓN DEL CBR**



**DATOS DEL PRÓCTOR MODIFICADO**

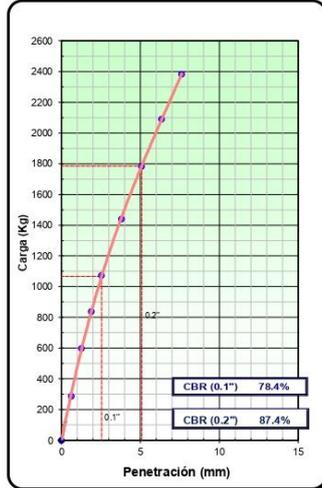
PROCTOR MODIFICADO ASTM D	:	1.910
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:	1.910
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	7.8
AL 95% DE LA MAX. DEN. SECA (g/cm³)	:	1.815

**PORCENTAJE DEL CBR**

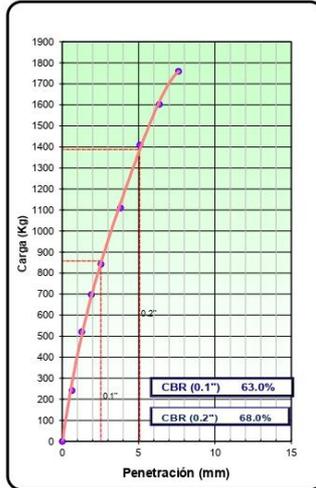
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	78.4	0.2":	87.4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	63.0	0.2":	68.0

**OBSERV.:** El CBR al 100 % de MDS (%) que se va ha utilizar para el diseño de capas es 78.4 %.

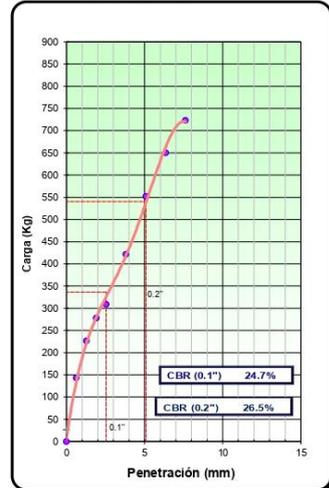
**EC = 56 GOLPES**



**EC = 25 GOLPES**



**EC = 12 GOLPES**



**Observaciones:** Las partículas no se acomodan bien en el inicio de la curva de EC=56 golpes, por tal motivo se realizó la corrección, para obtener el nuevo origen de la curva.  
La muestra fue identificada, muestreada y remitida por el solicitante.

Revisado por

**ZEMCO**  
INGENIEROS S.A.C.  
Ing. Juan Carlos ESPINOZA BUSTILLOS  
E.C. MAESTRIA EN GEOLOGIA  
CON MENCIÓN EN GEOTECNIA



REPORTE DE ENSAYO

Muestra N°  
ZI.002.02/24

Reporte N°  
AA.ZI005.24

Página  
7/7

Fecha  
6/02/2024

01.05 - ABRASIÓN LOS ÁNGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2")  
MTC E 207

Medida de Tamiz (Abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado (g)			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37.5 mm (1 1/2")	25 mm (1")	1250	.....	.....	.....
25 mm (1")	19 mm (3/4")	1250	.....	.....	.....
19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	1248	.....	.....	.....
12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	1252	.....	.....	.....
9.5 mm (3/8")	6.3 mm (1/4")	.....	.....	.....	.....
6.3 mm (1/4")	4.75 mm (N° 4)	.....	.....	.....	.....
4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	.....	.....	.....	.....
TOTAL (g)		5000			

Numero de Esferas	12	.....	.....	.....
Masa de la Carga (g)	5000	.....	.....	.....
Numero de Revoluciones	500	.....	.....	.....

Metodo de ensayo	A
Masa inicial del especimen (g)	5000
Masa final del especimen (g)	2822
Masa < malla N° 12 (g)	2178
Desgaste (%)	43.56

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Revisado por

ZEMCO  
Ing. Juan Carlos ESPINOZA BUSTILLOS  
E.C. MAESTRIA EN GEOLOGIA  
CON MENCION EN PESTECIA

Calle Tarma N° 215  
Paragsha – Simón Bolívar  
Cerro de Pasco.

(063)281054  
963665214

jcespinoza@zemcoingenieros.com  
zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
www.zemcoingenieros.com

**REPORTE DE ENSAYO****Muestra N°**  
ZI.002.02/24**Reporte N°**  
MO.ZI005.24**Página**  
1/1**Fecha**  
6/02/2024**CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (PERDIDA POR IGNICION)  
MTC E-118**

Recipiente N°			1	2
Masa Antes de Ignición + Masa de Bandeja	A	(0.01g)	65.50	64.39
Masa Después de Ignición + Masa de Bandeja	B	(0.01g)	65.40	64.29
Masa Materia Orgánica - (A-B)	C	(0.01g)	0.10	0.10
Masa de Bandeja	D	(0.01g)	29.11	28.43
Masa después de Ignición - (B-D)	E	(0.01g)	38.29	35.86
Materia Orgánica - ((C/E)*100)	F	0.01%	0.28	0.28
<b>Promedio de Materia Organica</b>		0.01%	0.28	

**Observaciones:** La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Elaborado por

  
**ZEMCO**  
Ing. Juan Carlos ESPINOZA BUSTILLOS  
E.C. MAESTRIA EN GEOLOGIA  
CON MENCIÓN EN GEOTECNIACalle Tarma N° 215  
Paragsha – Simón Bolívar  
Cerro de Pasco. (063)281054  
 963665214[jcespinoza@zemcoingenieros.com](mailto:jcespinoza@zemcoingenieros.com)  
[zemcoingenieros@gmail.com](mailto:zemcoingenieros@gmail.com) Zemco Ingenieros SAC  
[www.zemcoingenieros.com](http://www.zemcoingenieros.com)

## ANEXO 4: CERTIFICADOS DE CALIBRACION DE LOS EQUIPOS

### Balanza (30 000 g) – 1 g de precisión



**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LM-030-2023

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2023-04-26  
EXPEDIENTE : 081-2023

**1. SOLICITANTE** : ZEMCO INGENIEROS S.A.C.

**DIRECCIÓN** : Cal. Tarma N° 215 Barr. Paragsha, Simón Bolívar - Pasco - PASCO

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

MARCA : OHAUS  
MODELO : R31P30  
NÚMERO DE SERIE : 8339030426  
ALCANCE DE INDICACIÓN : 30 000 g  
DIVISION DE ESCALA / RESOLUCION : 1 g  
DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN ( e ) : 10 g  
CLASE DE EXACTITUD : III  
PROCEDENCIA : NO INDICA  
IDENTIFICACIÓN : ZIV-71P30T-01 (\*)  
TIPO : ELECTRÓNICA  
UBICACIÓN : LABORATORIO DE SUELOS, TECNOLOGIA DE CONCRETO Y ROCA  
FECHA DE CALIBRACIÓN : 2023-04-24

Q&M EXACTITUD PERU S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de Q&M EXACTITUD PERU S.A.C.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de Q&M EXACTITUD PERU S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

### 3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LABORATORIO DE SUELOS, TECNOLOGIA DE CONCRETO Y ROCA  
Cal. Tarma N° 215 Barr. Paragsha, Simón Bolívar - Pasco - PASCO

  
Juan C. Quispe Morales  
Licenciado en Física  
CFP N° 0664  
2011



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-030-2023

Página 2 de 3

### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	10,2 °C	10,3 °C
Humedad Relativa	50 %HR	50 %HR

### 6. TRAZABILIDAD

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

Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS 1 mg a 2 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-1078-003-22
PESAS 1 g a 2 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-1711-2022
PESAS 5 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-1712-2022
PESAS 10 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-1713-2022
PESAS 20 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-1714-2022

### 7. OBSERVACIONES

- (\*) Indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

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

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1 = 15 000,0 g			Carga L2 = 30 000,0 g		
	I (g)	ΔL(g)	E (g)	I (g)	ΔL(g)	E (g)
1	15 000	0,50	0,00	30 000	0,50	0,00
2	15 000	0,50	0,00	29 999	0,40	-0,90
3	15 000	0,50	0,00	30 000	0,50	0,00
4	15 000	0,50	0,00	30 000	0,40	0,10
5	15 000	0,40	0,10	30 000	0,40	0,10
6	15 000	0,50	0,00	30 000	0,50	0,00
7	15 000	0,50	0,00	30 000	0,50	0,00
8	15 000	0,60	-0,10	30 000	0,50	0,00
9	15 000	0,50	0,00	29 999	0,40	-0,90
10	15 000	0,40	0,10	30 000	0,50	0,00
Diferencia Máxima			0,20	1,00		
Error máximo permitido			± 20,00 g	± 30,00 g		

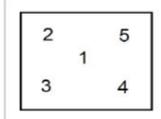


# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-030-2023**

Página 3 de 3



### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Vista Frontal		Temp. (°C)		Inicial	Final					
				10,3	10,2					
Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación del Error corregido					
	Carga mínima*	I (g)	ΔL (g)	E <sub>0</sub> (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	
1	10,0 g	10	0,50	0,00	10 000,0	10 000	0,50	0,00	0,00	
2		10	0,50	0,00		10 000	0,50	0,00	0,00	
3		10	0,50	0,00		10 000	0,50	0,00	0,00	
4		10	0,50	0,00		10 001	0,60	0,90	0,90	
5		10	0,50	0,00		9 999	0,40	-0,90	-0,90	
Error máximo permitido : ± 20,00 g										

(\*) valor entre 0 y 10 e

### ENSAYO DE PESAJE

Carga		CRECIENTES				DECRECIENTES				± e.m.p**
L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	(g)	
10,0	10	0,50	0,00							
20,0	20	0,50	0,00	0,00	20	0,50	0,00	0,00	10,00	
200,0	200	0,50	0,00	0,00	200	0,50	0,00	0,00	10,00	
1 000,0	1 000	0,50	0,00	0,00	1 000	0,50	0,00	0,00	10,00	
2 000,0	2 000	0,50	0,00	0,00	2 000	0,50	0,00	0,00	10,00	
5 000,0	5 000	0,50	-0,04	-0,04	5 000	0,50	-0,04	-0,04	10,00	
9 999,9	10 000	0,50	0,10	0,10	10 000	0,40	0,20	0,20	20,00	
14 999,9	15 000	0,50	0,06	0,06	15 000	0,50	0,06	0,06	20,00	
20 000,1	19 999	0,40	-1,00	-1,00	19 999	0,40	-1,00	-1,00	20,00	
25 000,1	25 000	0,50	-0,14	-0,14	25 000	0,60	-0,24	-0,24	30,00	
30 000,0	30 000	0,50	0,00	0,00	30 000	0,50	0,00	0,00	30,00	

(\*\*) error máximo permitido

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).  
I : Indicación de la balanza.

E : Error del valor de indicación.  
E<sub>0</sub> : Error en cero.

E<sub>c</sub> : Error corregido.  
ΔL : Incremento de pesas patrones.

$$\text{Lectura corregida } R_{\text{CORREGIDA}} = R + 7,56 \times 10^{-6} \times R$$

$$\text{Incertidumbre expandida de medición } U = 2 \times \sqrt{3,21 \times 10^{-1} \text{ g}^2 + 1,27 \times 10^{-9} \times R^2}$$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en g

La incertidumbre U 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.

## Balanza (8 000 g) – 0.1 g de precisión



**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

### **CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN** **LM-032-2023**

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2023-04-26  
EXPEDIENTE : 081-2023

**1. SOLICITANTE** : ZEMCO INGENIEROS S.A.C.

**DIRECCIÓN** : Cal. Tarma N° 215 Barr. Paragsha, Simón Bolívar - Pasco - PASCO

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : BALANZA

MARCA : DIGITAL PRECISION  
MODELO : ES-8000H  
NÚMERO DE SERIE : 1412A0312  
ALCANCE DE INDICACIÓN : 8 000 g  
DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0,1 g  
DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN ( e ) : 0,1 g  
CLASE DE EXACTITUD : II  
PROCEDENCIA : NO INDICA  
IDENTIFICACIÓN : ZIS-LA-0479-31-1 (\*)  
TIPO : ELECTRONICA  
UBICACIÓN : LABORATORIO DE SUELOS, TECNOLOGIA DE CONCRETO Y ROCA  
FECHA DE CALIBRACIÓN : 2023-04-24

Q&M EXACTITUD PERU S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de Q&M EXACTITUD PERU S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

**3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

**4. LUGAR DE CALIBRACIÓN**

LABORATORIO DE SUELOS, TECNOLOGIA DE CONCRETO Y ROCA  
Cal. Tarma N° 215 Barr. Paragsha, Simón Bolívar - Pasco - PASCO

  
Juan C. Quispe Morales  
Licenciado en Física  
CFP N° 0664



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-032-2023

Página 2 de 3

### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	10,3 °C	10,2 °C
Humedad Relativa	50 %HR	50 %HR

### 6. TRAZABILIDAD

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

Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de Exactitud: F1)	CCP-1078-003-22
PESAS 1 g a 2 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-1711-2022
PESAS 5 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-1712-2022

### 7. OBSERVACIONES

- (\*) Indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

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

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición	Inicial			Final		
	Temp. (°C)	10,3	10,3	Temp. (°C)	10,3	10,3
N°	Carga L1 = 4 000,0 g			Carga L2 = 8 000,0 g		
	I (g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)	I (g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)
1	4 000,0	50	-7	8 000,1	80	63
2	4 000,0	50	-7	8 000,1	80	63
3	4 000,0	50	-7	8 000,1	80	63
4	3 999,9	30	-87	8 000,1	80	63
5	4 000,0	50	-7	8 000,0	50	-7
6	4 000,0	50	-7	8 000,0	50	-7
7	4 000,0	50	-7	8 000,0	50	-7
8	4 000,0	50	-7	8 000,0	50	-7
9	4 000,0	50	-7	8 000,0	50	-7
10	4 000,0	50	-7	8 000,1	80	63
Diferencia Máxima			80	70		
Error máximo permitido			$\pm 300,0$ mg	$\pm 300,0$ mg		



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-032-2023**

Página 3 de 3

2	5
1	
3	4

### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Vista Frontal		Temp. (°C)							
		Inicial	Final						
		10,3	10,3						
Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima*	I (g)	ΔL (mg)	E <sub>0</sub> (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)
1	1,0 g	1,0	50	0	2 700,0	2 700,0	50	-3	-3
2		1,0	50	0		2 700,0	50	-3	-3
3		1,0	50	0		2 700,0	50	-3	-3
4		1,0	50	0		2 700,1	80	67	67
5		1,0	50	0		2 700,0	50	-3	-3
Error máximo permitido : ± 300,0 mg									

(\*) valor entre 0 y 10 e

### ENSAYO DE PESAJE

Vista Frontal		Temp. (°C)							
		Inicial	Final						
		10,2	10,2						
Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± e.m.p **
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	
1,0	1,0	50	0	0	1,0	50	0	0	100,0
5,0	5,0	50	0	0	5,0	50	0	0	100,0
500,0	500,0	50	0	0	500,0	50	0	0	100,0
1 000,0	1 000,0	50	1	1	1 000,0	50	1	1	200,0
2 000,0	2 000,0	50	-3	-3	2 000,0	50	-3	-3	300,0
3 000,0	3 000,0	60	-12	-12	3 000,0	50	-2	-2	300,0
4 000,0	4 000,0	50	-7	-7	4 000,0	50	-7	-7	300,0
5 000,0	5 000,1	50	94	94	4 999,9	30	-86	-86	300,0
6 000,0	6 000,1	50	93	93	6 000,1	50	93	93	300,0
7 000,0	7 000,2	40	202	202	7 000,2	50	192	192	300,0
8 000,0	8 000,3	70	273	273	8 000,3	70	273	273	300,0

(\*\*) error máximo permitido

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).  
I : Indicación de la balanza.

E : Error del valor de indicación  
E<sub>0</sub> : Error en cero.

E<sub>c</sub> : Error corregido.  
ΔL : Incremento de pesas patrones.

$$\text{Lectura corregida } R_{\text{CORREGIDA}} = R - 5,83 \times 10^{-5} \times R$$

$$\text{Incertidumbre expandida de medición } U = 2 \times \sqrt{3,31 \times 10^{-5} \text{ g}^2 + 2,68 \times 10^{-8} \times R^2}$$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en g

La incertidumbre U 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.

## Balanza (2 100 g) – 0.01 g de precisión



**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

### **CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN** **LM-033-2023**

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2023-04-26  
EXPEDIENTE : 081-2023

**1. SOLICITANTE** : **ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**

**DIRECCIÓN** : Cal. Tarma N° 215 Barr. Paragsha, Simón Bolívar - Pasco - PASCO

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

MARCA : DIGITAL PRECISION  
MODELO : DP2000-2C  
NÚMERO DE SERIE : 2011807117  
ALCANCE DE INDICACIÓN : 2 100 g  
DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0,01 g  
DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN ( e ) : 0,1 g  
CLASE DE EXACTITUD : II  
PROCEDENCIA : NO INDICA  
IDENTIFICACIÓN : ZIS-LA-0479-31 (\*)  
TIPO : ELECTRONICA  
UBICACIÓN : LABORATORIO DE SUELOS, TECNOLOGIA DE CONCRETO Y ROCA  
FECHA DE CALIBRACIÓN : 2023-04-24

Q&M EXACTITUD PERU S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de Q&M EXACTITUD PERU S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

**3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

**4. LUGAR DE CALIBRACIÓN**

LABORATORIO DE SUELOS, TECNOLOGIA DE CONCRETO Y ROCA  
Cal. Tarma N° 215 Barr. Paragsha, Simón Bolívar - Pasco - PASCO

  
Juan C. Quispe Morales  
Licenciado en Física  
CFP N° 0664



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-033-2023

Página 2 de 3

### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	10,3 °C	10,2 °C
Humedad Relativa	51 %HR	50 %HR

### 6. TRAZABILIDAD

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

Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de Exactitud: F1)	CCP-1078-003-22

### 7. OBSERVACIONES

- (\*) Indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

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

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1 = 1 000,00 g			Carga L2 = 2 000,00 g		
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	1 000,05	7	48	2 000,08	7	75
2	1 000,05	7	48	2 000,07	7	65
3	1 000,05	7	48	2 000,08	7	75
4	1 000,05	7	48	2 000,09	7	85
5	1 000,05	7	48	2 000,09	7	85
6	1 000,04	7	38	2 000,08	7	75
7	1 000,04	7	38	2 000,07	8	64
8	1 000,04	6	38	2 000,07	7	65
9	1 000,05	7	48	2 000,07	8	64
10	1 000,05	7	48	2 000,07	7	65
Diferencia Máxima			10	21		
Error máximo permitido			± 200,00 mg	± 200,00 mg		

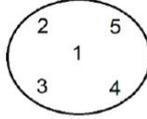


# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-033-2023

Página 3 de 3



### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Vista Frontal		Temp. (°C)		Inicial	Final				
				10,3	10,3				
Posición de la Carga	Carga mínima*	Determinación de E <sub>0</sub>			Determinación del Error corregido				
		I (g)	ΔL (mg)	E <sub>0</sub> (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)
1	0,10 g	0,10	5	0	700,00	700,03	6	29	29
2		0,09	4	-9		699,97	2	-27	-18
3		0,10	5	0		699,97	3	-28	-28
4		0,10	5	0		699,98	3	-18	-18
5		0,10	5	0		700,02	7	18	18
Error máximo permitido: ± 200,00 mg									

(\*) valor entre 0 y 10 e

### ENSAYO DE PESAJE

Temp. (°C)		Inicial	Final						
		10,2	10,2						
Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± e.m.p** (mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	
0,10	0,10	5	0	0	0,10	5	0	0	100,00
0,50	0,50	5	0	0	0,50	5	0	0	100,00
50,00	50,00	5	0	0	50,00	5	0	0	100,00
100,00	100,00	4	1	1	100,00	4	1	1	100,00
200,00	200,02	6	19	19	200,02	6	19	19	100,00
500,00	500,02	6	19	19	500,02	6	19	19	200,00
1 000,00	1 000,05	6	48	48	1 000,06	7	58	58	200,00
1 200,00	1 200,08	7	77	77	1 200,08	7	77	77	200,00
1 500,00	1 500,09	7	87	87	1 500,09	7	87	87	200,00
1 800,00	1 800,08	6	78	78	1 800,08	8	76	76	200,00
2 100,00	2 100,07	7	65	65	2 100,07	7	65	65	300,00

(\*\*) error máximo permitido

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).  
I : Indicación de la balanza.

E : Error del valor de indicación  
E<sub>0</sub> : Error en cero.

E<sub>c</sub> : Error corregido.  
ΔL : Incremento de pesas patrones.

$$\text{Lectura corregida } R_{\text{CORREGIDA}} = R - 5,83 \times 10^{-5} \times R$$

$$\text{Incertidumbre expandida de medición } U = 2 \times \sqrt{3,31 \times 10^{-5} \times g^2 + 2,68 \times 10^{-8} \times R^2}$$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en g

La incertidumbre U 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.

# Horno



## Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LT-023-2023

Página 1 de 4

FECHA DE EMISIÓN : 2023-04-26  
EXPEDIENTE : 081-2023

1. SOLICITANTE : ZEMCO INGENIEROS S.A.C.

DIRECCIÓN : Cal. Tarma N° 215 Barr. Paragsha, Simón Bolívar - Pasco - PASCO

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : HORNO

MARCA : QUINCY LAB

MODELO : 21-250

NÚMERO DE SERIE : B22-03317

PROCEDENCIA : U.S.A.

IDENTIFICACIÓN : ZILA0886-86 (\*)

UBICACIÓN : LABORATORIO DE SUELOS, TECNOLOGIA DE CONCRETO Y ROCA

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2023-04-24

DESCRIPCIÓN	CONTROLADOR / SELECTOR
ALCANCE	0 °F a 550 °F
DIV. DE ESCALA / RESOLUCIÓN	50 °F
TIPO	ANALOGICO

3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa de acuerdo al PC-018 "Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con Aire como Medio Termostático", 2da edición, publicado por el SNM-INDECOP, 2009.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LABORATORIO DE SUELOS, TECNOLOGIA DE CONCRETO Y ROCA  
Cal. Tarma N° 215 Barr. Paragsha, Simón Bolívar - Pasco - PASCO

Q&M EXACTITUD PERU S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de Q&M EXACTITUD PERU S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

  
Juan C. Quispe Morales  
Licenciado en Física  
CFP N° 0664  
2011



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-023-2023

Página 2 de 4

#### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	10,2 °C	10,2 °C
Humedad Relativa	51 %HR	51 %HR

#### 6. TRAZABILIDAD

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

Patrón utilizado	Certificado de calibración
TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL CON 12 CANALES	CT-1064-2023

#### 7. OBSERVACIONES

- (\*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherido al equipo.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de 120 minutos.
- El controlador se seteo en 200 °F

#### 8. RESULTADOS DE MEDICION

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T <sub>prom</sub> (°C)	T <sub>máx</sub> -T <sub>mín</sub>
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	-	106,3	112,1	114,4	114,1	113,7	112,4	114,3	113,9	106,9	110,6	111,9	8,1
02	-	105,8	111,0	113,4	112,3	112,8	112,3	112,6	113,0	106,7	110,3	111,0	7,6
04	-	106,4	111,8	114,0	113,6	113,5	112,3	113,8	113,7	107,0	110,4	111,7	7,6
06	-	105,6	111,2	113,5	112,7	112,9	112,2	112,9	113,2	106,7	110,2	111,1	7,9
08	-	106,0	111,5	113,9	113,2	113,2	112,3	113,4	113,5	106,9	110,6	111,5	7,9
10	-	105,6	111,3	113,5	112,9	112,8	112,2	113,2	113,2	106,6	110,6	111,2	7,9
12	-	105,9	111,5	113,8	113,1	113,2	112,4	113,3	113,4	106,8	110,4	111,4	7,9
14	-	105,9	111,7	113,9	113,5	113,2	112,3	113,5	113,6	106,9	110,3	111,5	8,0
16	-	105,7	111,1	113,3	112,6	112,8	112,2	112,7	113,0	106,7	110,0	111,0	7,6
18	-	106,3	111,9	114,1	113,8	113,4	112,3	114,0	113,7	107,0	110,6	111,7	7,8
20	-	105,5	111,1	113,2	112,4	112,6	112,1	112,6	112,8	106,5	110,7	111,0	7,7
22	-	106,2	111,8	114,0	113,5	113,4	112,3	113,6	113,5	106,8	110,5	111,6	7,8
24	-	105,7	111,3	113,3	112,6	112,8	112,2	112,9	112,9	106,6	110,1	111,0	7,6
26	-	106,8	112,4	114,5	114,5	114,0	112,4	114,3	114,2	107,2	111,2	112,2	7,7
28	-	106,0	111,2	113,5	112,6	112,9	112,3	112,9	113,0	106,7	110,4	111,2	7,5
30	-	106,5	112,1	114,4	114,2	113,8	112,5	114,4	114,0	107,3	110,6	112,0	7,9
32	-	105,7	111,2	113,5	112,6	113,0	112,3	112,8	113,1	106,9	110,4	111,2	7,8
34	-	106,1	112,0	114,1	113,9	113,4	112,3	114,0	113,8	107,0	110,7	111,7	8,0
36	-	105,8	111,2	113,5	112,5	112,9	112,3	112,8	113,1	106,8	110,6	111,2	7,7
38	-	106,1	111,8	114,0	113,6	113,4	112,4	113,7	113,5	107,0	110,6	111,6	7,9
40	-	105,4	110,8	113,1	112,2	112,3	112,0	112,4	112,9	106,7	110,2	110,8	7,7
42	-	106,4	112,1	114,3	113,9	113,6	112,5	114,2	113,8	107,1	111,1	111,9	7,9
44	-	105,4	111,1	113,2	112,3	112,7	112,2	112,6	112,9	106,6	110,3	110,9	7,8
46	-	106,2	111,8	114,1	113,7	113,4	112,4	113,8	113,5	107,1	110,7	111,7	7,9
48	-	105,6	110,9	113,3	112,4	112,7	112,1	112,5	112,9	106,6	110,4	110,9	7,7
50	-	106,0	111,7	113,8	113,6	113,1	112,2	113,6	113,5	106,9	110,5	111,5	7,8
52	-	105,4	110,9	113,2	112,6	112,6	112,0	112,6	113,0	106,5	110,3	110,9	7,8
54	-	106,3	112,0	114,3	114,1	113,5	112,3	114,1	113,8	107,1	110,6	111,8	8,0
56	-	105,6	111,0	113,3	112,5	112,7	112,2	112,6	113,0	106,6	110,4	111,0	7,7
58	-	106,2	111,7	114,1	113,8	113,3	112,3	113,8	113,7	106,8	110,6	111,6	7,9
60	-	105,4	111,0	113,2	112,6	112,6	112,1	112,6	112,9	106,6	110,4	110,9	7,8
T.PROM	-	106,0	111,5	113,7	113,1	113,1	112,2	113,3	113,4	106,9	110,5	111,4	
T.MAX	-	106,8	112,4	114,5	114,5	114,0	112,5	114,4	114,2	107,3	111,2		
T.MIN	-	105,4	110,8	113,1	112,2	112,3	112,0	112,4	112,8	106,5	110,0		
DTT	-	1,4	1,6	1,4	2,3	1,7	0,5	2,0	1,4	0,8	1,2		



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-023-2023

Página 3 de 4

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	114,5	0,4
Mínima Temperatura Medida	105,4	0,5
Desviación de Temperatura en el Tiempo	2,3	0,5
Desviación de Temperatura en el Espacio	7,8	0,5
Estabilidad Medida ( ± )	1,15	0,38
Uniformidad Medida	8,1	0,5

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

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

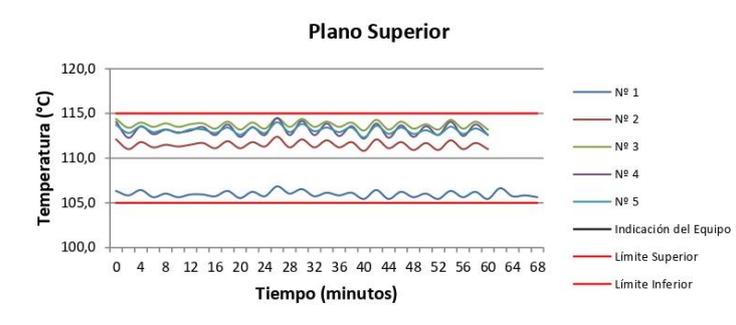
Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

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.

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

La estabilidad es considerada igual a  $\pm 1/2$  DTT.

### DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$





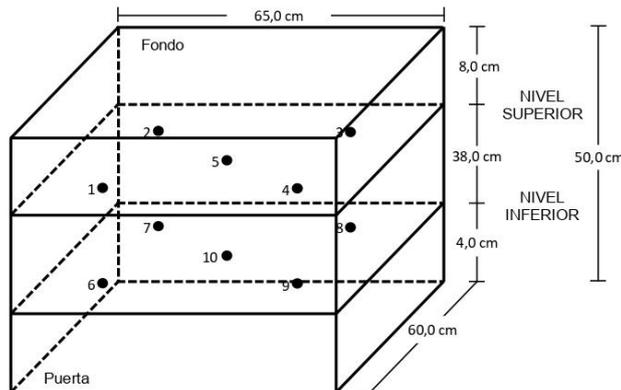
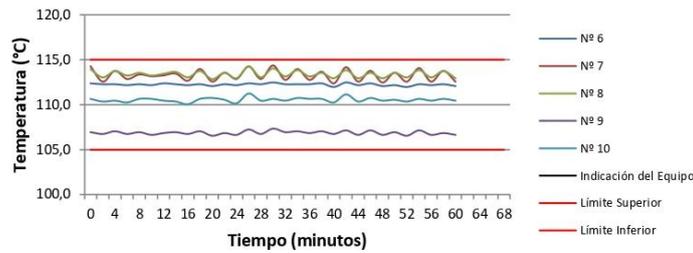
# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-023-2023

Página 4 de 4

#### Plano Inferior



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

La incertidumbre U 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.

## Equipo CBR



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### LF-014-2023

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN : 2023-04-26  
EXPEDIENTE : 081-2023

**1. SOLICITANTE** : ZEMCO INGENIEROS S.A.C.

**DIRECCIÓN** : Cal. Tarma N° 215 Barr. Paragsha, Simón Bolívar - Pasco - PASCO

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : MARCO DE CARGA PARA PRUEBAS TRIAXIALES, PRUEBAS SUELO-CEMENTO Y PRUEBAS CBR

MARCA : FORNEY  
MODELO : 7691F  
NÚMERO DE SERIE : 2731  
ALCANCE DE INDICACIÓN : 10000 lbf  
DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0,001 kN  
CLASE DE EXACTITUD : NO INDICA  
PROCEDENCIA : U.S.A.  
IDENTIFICACIÓN : ZILA-3626 (\*)  
UBICACIÓN : LABORATORIO DE SUELOS, TECNOLOGIA DE CONCRETO Y ROCA  
FECHA DE CALIBRACION : 2023-04-24

Q&M EXACTITUD PERU S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de EXACTITUD PERU S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

#### 3. PROCEDIMIENTO 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.

#### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LABORATORIO DE SUELOS, TECNOLOGIA DE CONCRETO Y ROCA  
Cal. Tarma N° 215 Barr. Paragsha, Simón Bolívar - Pasco - PASCO



Juan C. Quispe Morales  
Licenciado en Física  
CFP N° 0664





# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LF-014-2023

Página 2 de 2

### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	10,2 °C	10,3 °C
Humedad Relativa	52 %HR	52 %HR

### 6. TRAZABILIDAD

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

Patrón utilizado	Certificado de calibración
Celda de carga calibrado a 50 tnf con incertidumbre del orden de 0,5 %	INF-LE N° 027-23 B

### 7. OBSERVACIONES

- (\*) Indicado en una etiqueta adherida al equipo.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".
- El equipo tiene un indicador digital; Marca: FORNEY, Modelo: 2572 y Serie: 1364
- El equipo tiene una celda de carga de 10klb, Marca: DIAMOND, Modelo: DS y Serie: N13060023

### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

Indicación del Equipo	Indicación de Fuerza (Ascenso)				Exactitud	Incertidumbre U (k=2)
	%	Patrón de Referencia				
	$F_i$ (kN)	$F_1$ (kN)	$F_2$ (kN)	$F_3$ (kN)	q (%)	(%)
10	5,00	4,950	4,960	4,980	0,74	0,36
20	10,00	9,940	9,930	9,940	0,64	0,07
30	15,00	14,940	14,950	14,950	0,36	0,05
40	20,00	19,920	19,940	19,940	0,33	0,07
50	25,00	24,920	24,900	24,920	0,35	0,05
60	30,00	29,920	29,910	29,910	0,29	0,02
70	35,00	34,880	34,900	34,890	0,32	0,03
80	40,00	39,890	39,900	39,910	0,25	0,03
90	45,00	44,900	44,910	44,890	0,22	0,03
100	50,00	49,890	49,900	49,910	0,20	0,02
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0		

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ )	0,00 %
---	--------

La incertidumbre U 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.



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA  
RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LTF - 002 - 2024

Área de Metrología  
Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

Página 1 de 3

1. Expediente	0447-2024	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).
2. Solicitante	"ZEMCO INGENIEROS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA"	
3. Dirección	CALTARMA NRO. 215 BARR. PARAGSHA (2 CDRS MUNICIPALIDAD DE PARAGSHA) PASCO - PASCO - SIMON BOLIVAR	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.
4. Instrumento de medición	MÁQUINA PARA PRUEBAS DE ABRASIÓN TIPO LOS ÁNGELES	
Fabricante	PERUTEST	
Número de Serie	122	
Modelo	PT-MA	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.
Alcance de Indicación	0 a 9999 rpm	
Div. de escala/Resolución	1 rpm	
Identificación	NO INDICA	
Procedencia	PERÚ	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Tipo de indicación	DIGITAL	
5. Fecha de Calibración	2024-01-29	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
6. Lugar de calibración	AVENIDA CHILLON LOTE 50 B - COMAS - LIMA	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2024-01-29

JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LTF - 002 - 2024

Área de Metrología  
Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

Página 2 de 3

### 7. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SNM-INDECOPI tomado como referencia la norma internacional ASTM C131 "Resistance to Degradation of Small Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine".

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.2 °C	21.5 °C
Presión Atmosférica	65 %	65 %

### 9. Patrones de referencia

Se utilizaron patrones trazables al SNM-INDECOPI, con los siguientes certificados de calibración:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
KOSSOMET	PIE DE REY 300 mm MARCA: INSIZE®	DM23-C-0130
ELICROM	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-1029-001-23
PESATEC	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	CCP-0102-001-23

### 10. Resultados

#### Características de las esferas

N°	MEDICIÓN DE LAS ESFERAS	
	Diámetro ( mm )	Peso ( g )
1	46.10	402
2	46.10	403
3	46.11	403
4	46.10	402
5	46.10	402
6	46.10	402
7	46.11	402
8	46.10	403
9	46.10	403
10	46.11	402
11	46.10	403
12	46.11	402



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LTF - 002 - 2024

Área de Metrología  
Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

Página 3 de 3

### Determinación del vuelta/tiempo

Tiempo (seg)	INDICACIÓN DEL PATRÓN			Giro de la Máquina (rpm)
	NÚMERO DE VUELTAS	NÚMERO DE VUELTAS	NÚMERO DE VUELTAS	
60	32	32	32	32
120	65	65	65	33
180	98	98	98	33
240	131	131	131	33
300	163	163	163	32
360	196	196	196	33
420	229	229	229	33
480	262	262	262	33
540	294	294	294	32
600	327	327	327	33
660	360	360	360	33
720	393	393	393	33
780	425	425	425	32
840	458	458	458	33
900	491	491	491	33

Nota 1.- El peso adecuado para las esferas debe ser de entre 390 g y 445 g, el diámetro debe estar entre 46,38 mm y 47,63 mm.

Nota 2.- El cilindro del equipo debe girar a una velocidad comprendida entre 30 y 33 rpm.

Nota 3.- El rango admisible para el diámetro interior del tambor del equipo es de  $711 \pm 5$  mm.

Nota 4.- El rango admisible para la longitud interior del tambor del equipo es de  $508 \pm 5$  mm.

### 11. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.



Fin del documento

☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC