



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Resistencia mecánica de adoquines de concreto con adición de  
relave minero bajo efecto de helada, Puno, 2023**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Chambi Sanchez, Joel Freddy (orcid.org/0009-0002-6129-0526)

**ASESOR:**

Mgr. Muñiz Paucarmayta, Marco Herber (orcid.org/0000-0002-6818-6097)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2024

## **DEDICATORIA**

Ante todo, primeramente, quiero dedicar este esfuerzo a Dios, por brindarme salud y bienestar necesario para concluir con éxito este aporte científico de mi tesis, logrando así la obtención de mi título como ingeniero civil y aspirando a transformarme en un profesional destacado

Asimismo, a mis maravillosos padres, hermanos, mi novia Esther y mi mejor amigo Horacio, quienes han sido mi constante apoyo y fuente de ayuda. Agradezco su incondicional guía, amor y el sacrificio que me ha motivado a seguir con determinación mis sueños y metas en la vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, quiero expresar mi agradecimiento a Dios en primer lugar, por guiar mi camino y otorgarme la vida que me permite estar presente en este hermoso momento. También agradezco por ser el oyente más comprensivo de mis oraciones, por su amor constante, por su amabilidad inquebrantable y por sostenerme incluso en los momentos en los que pensaba que no podría superarlos.

A mi familia, en especial a mis queridos padres, quienes han sido mi apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, siendo la fuerza impulsora que me ha guiado para convertirme en la persona y profesional que soy hoy.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, MUÑIZ PAUCARMAYTA MARCO HERBER, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "RESISTENCIA MECANICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICION DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO, 2023", cuyo autor es CHAMBI SANCHEZ JOEL FREDDY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 23 de Marzo del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
MUÑIZ PAUCARMAYTA MARCO HERBER <b>DNI:</b> 23956433 <b>ORCID:</b> 0000-0002-6818-6097	Firmado electrónicamente por: MMUNIZP el 23-03- 2024 21:55:17

Código documento Trilce: TRI - 0740941



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, CHAMBI SANCHEZ JOEL FREDDY estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis Completa titulada: "RESISTENCIA MECANICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICION DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO, 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis Completa:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ DNI: 76278041 ORCID: 0009-0002-6129-0526	Firmado electrónicamente por: JFCHAMBI el 23-03- 2024 22:25:54

Código documento Trilce: TRI - 0740942



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor	vi
Declaratoria de Originalidad del Autor	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	50
3.1. Tipo y diseño de investigación	50
3.2. Variables y Operacionalización	51
3.3. Población, muestra y muestreo	53
3.3.1. Población	53
3.3.2. Muestra	53
3.3.3. Muestreo	54
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	55
3.5. Procedimiento	56
3.6. Métodos de análisis de datos	65
3.7. Aspectos éticos	69
IV. RESULTADOS	70
V. DISCUSIÓN	101
VI. CONCLUSIONES	108
VII. RECOMENDACIONES	110
REFERENCIAS	112
ANEXOS	117

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Categorías del PH en relación al suelo.....	20
<b>Tabla 2.</b> Granulometría de Relaves. ....	22
<b>Tabla 3.</b> Tipos de adoquines y su Ficha Técnica.....	26
<b>Tabla 4.</b> Capacidad de soporte ante compresión en función del espesor nominal. .....	30
<b>Tabla 5.</b> Tolerancia Dimensional.....	30
<b>Tabla 6.</b> Absorción Max. ....	31
<b>Tabla 7.</b> Resistencia a la abrasión.....	31
<b>Tabla 8.</b> Formas de colocación de adoquines.....	35
<b>Tabla 9.</b> Zonas geográficas de las provincias de la región Puno.....	46
<b>Tabla 10.</b> Niveles de riesgo por heladas en los distritos de Puno.....	48
<b>Tabla 11.</b> Cantidad de distritos y infraestructuras expuesto a diferentes niveles de riesgo de helada en las provincias de Puno.....	49
<b>Tabla 12.</b> Matriz de Operacionalización de variables.....	52
<b>Tabla 13.</b> Total, de adoquines TIPO II a fabricar. ....	54
<b>Tabla 14.</b> Instrumentos empleados en la investigación .....	55
<b>Tabla 15.</b> Normas a utilizar en laboratorio. ....	57
<b>Tabla 16.</b> Peso unitario suelto y compacto de relave minero.....	73
<b>Tabla 17.</b> Tamizado granulométrico de relave minero.....	73
<b>Tabla 18.</b> Características químicas del Relave Minero.....	74
<b>Tabla 19.</b> Peso específico y Absorción de cantera Isla.....	75
<b>Tabla 20.</b> Peso unitario suelto y compacto de cantera .....	76
<b>Tabla 21.</b> Tamizado granulométrico de diseño global.....	76
<b>Tabla 22.</b> Dosificación de $f_c=380$ kg/cm <sup>2</sup> por m <sup>3</sup> .....	78
<b>Tabla 23.</b> Dosificación para la fabricación de un Adoquín Tipo II estándar .....	78
<b>Tabla 24.</b> Dosificación en relación a 1 kg de cemento.....	78
<b>Tabla 25.</b> Dosificaciones para la fabricación de un Adoquín Tipo II estándar a diferentes proporciones de relave mineros en remplazo del agregado fino .....	78
<b>Tabla 26.</b> Dosificaciones para la fabricación de 48 Adoquines Tipo II estándar a diferentes proporciones de relave mineros en remplazo del agregado fino .....	79
<b>Tabla 27.</b> Valores de la resistencia a la compresión de adoquines de concreto	

<i>con adición de relave minero.....</i>	<i>80</i>
<b>Tabla 28.</b> <i>Valores de la resistencia a la compresión de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo efecto de helada. ....</i>	<i>82</i>
<b>Tabla 29.</b> <i>Prueba de hipótesis HE1 y HE2.....</i>	<i>84</i>
<b>Tabla 30.</b> <i>Valores de esfuerzo a compresión de adoquines de concreto minero sometidos a condiciones ambientales y helada a 28 días de curado.....</i>	<i>85</i>
<b>Tabla 30.</b> <i>Análisis de varianza del factor adición de relave bajo condiciones ambientales.....</i>	<i>85</i>
<b>Tabla 32.</b> <i>Análisis de varianza del factor adición de relave bajo helada.....</i>	<i>85</i>
<b>Tabla 33.</b> <i>Análisis de varianza del efecto combinado de los factores.....</i>	<i>85</i>
<b>Tabla 34.</b> <i>Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo <math>\alpha=0.05</math>.....</i>	<i>86</i>
<b>Tabla 35.</b> <i>Criterio de decisión de Dunnett de H.E. 1.....</i>	<i>87</i>
<b>Tabla 36.</b> <i>Criterio de decisión de Dunnett de H.E.2.....</i>	<i>88</i>
<b>Tabla 37.</b> <i>Datos de las densidades de adoquines de concreto.....</i>	<i>90</i>
<b>Tabla 38.</b> <i>Valores de volumen de desgaste por abrasión método bohme.....</i>	<i>90</i>
<b>Tabla 39.</b> <i>Datos de las densidades de adoquines de concreto bajo helada.....</i>	<i>92</i>
<b>Tabla 40.</b> <i>Valores de volumen de desgaste por abrasión método bohme bajo helada.....</i>	<i>92</i>
<b>Tabla 29.</b> <i>Prueba de hipótesis HE3 y HE4.....</i>	<i>94</i>
<b>Tabla 30.</b> <i>Valores de esfuerzo a compresión de adoquines de concreto minero sometidos a condiciones ambientales y helada a 28 días de curado.....</i>	<i>95</i>
<b>Tabla 30.</b> <i>Análisis de varianza del factor adición de relave bajo condiciones ambientales.....</i>	<i>95</i>
<b>Tabla 32.</b> <i>Análisis de varianza del factor adición de relave bajo helada.....</i>	<i>95</i>
<b>Tabla 33.</b> <i>Análisis de varianza del efecto combinado de los factores.....</i>	<i>95</i>
<b>Tabla 34.</b> <i>Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo <math>\alpha=0.05</math>.....</i>	<i>96</i>
<b>Tabla 35.</b> <i>Criterio de decisión de Dunnett de H.E.3.....</i>	<i>97</i>
<b>Tabla 36.</b> <i>Criterio de decisión de Dunnett de H.E.4.....</i>	<i>99</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Efectos de las heladas en los testigos de concreto.....	2
<b>Figura 2:</b> Consecuencias del desprendimiento de relave en la ciudad de Ananea	3
<b>Figura 3:</b> Desborde de Relave minero.....	16
<b>Figura 4:</b> Sección típica de un depósito tranque de relave en etapa operativa ...	17
<b>Figura 5:</b> Sección típica de un depósito tranque de relave en etapa Post-Operativa.....	17
<b>Figura 6:</b> Vista fotométrica de un depósito embalse de relave.....	18
<b>Figura 7:</b> Sección típica de un depósito relave espesados. ....	18
<b>Figura 8:</b> Sección típica de un depósito relave infiltrados. ....	19
<b>Figura 9:</b> Sección típica de una planta de relave en forma de pasta.....	19
<b>Figura 10:</b> Peso Especifico.....	21
<b>Figura 11:</b> Plasticidad.....	22
<b>Figura 12:</b> Dureza.....	23
<b>Figura 13:</b> Adoquines .....	24
<b>Figura 14:</b> Componentes de un adoquín. ....	25
<b>Figura 15:</b> Pavimentos Articulados.....	27
<b>Figura 16:</b> Estructura de un pavimento adoquinado.....	28
<b>Figura 17:</b> Tránsito Peatonal ligero y vehículos de 2 ruedas.....	29
<b>Figura 18:</b> Tránsito vehicular ligero. ....	29
<b>Figura 19:</b> Tránsito vehicular pesado. ....	30
<b>Figura 20:</b> Elementos que conformas la dosificación .....	32
<b>Figura 21:</b> Tipos de mezclado .....	33
<b>Figura 22:</b> Moldeado de adoquines.....	33
<b>Figura 23:</b> Fraguado de adoquines .....	34
<b>Figura 24:</b> Curado de adoquines de concreto .....	34
<b>Figura 25:</b> Secado de adoquines.....	35
<b>Figura 26:</b> Patrón de hilada de adoquín .....	36
<b>Figura 27:</b> Patrón en hiladas de adoquines no rectangulares .....	36
<b>Figura 28:</b> Patrón espina de pescado.....	37
<b>Figura 29:</b> Se observa los trabajos realizados para subrasante.....	37

<b>Figura 30:</b> Se observa el confinamiento de adoquín de concreto.....	38
<b>Figura 31:</b> Nivelación de cama de arena de asiento .....	39
<b>Figura 32:</b> Uniformidad de la superficie donde se situará el adoquín.....	40
<b>Figura 33:</b> Uniformidad de la superficie de la cama de arena de asiento.....	40
<b>Figura 34:</b> Colocación de los tramos del pavimento con adoquín .....	42
<b>Figura 35:</b> Colocación de los tramos del pavimento con adoquín .....	42
<b>Figura 36:</b> Ajuste de la instalación de adoquines .....	43
<b>Figura 37:</b> Corte con diamantinado .....	43
<b>Figura 38:</b> Ajuste de adoquín .....	44
<b>Figura 39:</b> Ajuste de adoquín .....	44
<b>Figura 40:</b> Sellado de juntas.....	44
<b>Figura 41:</b> Compactación final.....	45
<b>Figura 42:</b> Las 8 regiones del geográficas del Perú .....	45
<b>Figura 43:</b> Efecto de la helada.....	47
<b>Figura 44:</b> Registro de emergencias por heladas según provincias (2003-2022)	47
<b>Figura 45:</b> Plano cartográfico de niveles de riesgo en los distritos de Puno .....	48
<b>Figura 46:</b> Flujograma del Estudio.....	56
<b>Figura 47:</b> Ubicación y selección del Centro minero N°1.....	58
<b>Figura 48:</b> Ubicación y selección del Centro minero N°2.....	58
<b>Figura 49:</b> Proceso de Recolección de las muestras de relave minero.....	59
<b>Figura 50:</b> Ubicación de la cantera Isla .....	60
<b>Figura 51:</b> Recolección y extracción de la muestra de Cantera Isla.....	60
<b>Figura 52:</b> Pruebas físicas de cantera y relave minero .....	61
<b>Figura 53:</b> Instalación de la congeladora y termómetro digital .....	62
<b>Figura 54:</b> Instalación de herramientas y materiales .....	62
<b>Figura 55:</b> Proceso de mezclado y moldeado .....	63
<b>Figura 56:</b> Proceso de fraguado.....	63
<b>Figura 57:</b> Proceso de Curado de adoquines a diferentes temperaturas .....	63
<b>Figura 58:</b> Ensayo a la resistencia a la Compresión .....	64
<b>Figura 59:</b> Ensayo a la resistencia a la abrasión por el método bohme .....	64
<b>Figura 60:</b> Tabla de Análisis de Varianza de dos factores .....	67
<b>Figura 61:</b> Curva F y valor crítico $F_{\alpha, k-1, n-k}$ .....	68
<b>Figura 62:</b> Plano ubicación del Distrito de Ananea.....	70

<b>Figura 63:</b> Cartografía de las zonas de muestreo .....	71
<b>Figura 64:</b> Plano de ubicación de cantera isla.....	71
<b>Figura 65.</b> Curva granulométrica de relave minero.....	74
<b>Figura 66.</b> Curva granulométrica de relave minero.....	77
<b>Figura 67.</b> Variación de temperaturas horarias promedio durante el curado de los adoquines.....	79
<b>Figura 68:</b> Ensayo de compresión.....	80
<b>Figura 69.</b> Variación de la resistencia a compresión de adoquines de concreto con adición de relave minero.....	81
<b>Figura 70.</b> Variación de la resistencia a compresión de adoquines con adición de relave minero bajo efecto de helada. ....	83
<b>Figura 71:</b> Ensayo de abrasión método Bohme .....	90
<b>Figura 72.</b> Variación de la resistencia a la abrasión de adoquines bajo temperatura ambiente a los 28 días de curado. ....	91
<b>Figura 73.</b> Variación de la resistencia a la abrasión de adoquines bajo exposición de congelamiento y deshielo a los 28 días de curado.....	93

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como **objetivo** determinar la resistencia mecánica de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo efecto de la helada, Puno, 2023. En la **metodología**, se emplearon muestras de relave de depósitos de tranques en etapa Post-Operativa del distrito de Ananea, las cuales se evaluaron sus características físicas y químicas. Posterior se determinó el diseño de mezcla global, para la fabricaron adoquines de concreto a dosificaciones de 0%,10%, 25% y 50% de relave minero en reemplazo del agregado fino, las cuales fueron sometidas a condiciones ambientales y helada. Seguido se realizaron pruebas de control de calidad. Los **resultados** sometidos a condiciones ambientales, los adoquines al 0%,10%, 25% y 50% de relave minero registraron resistencias a la compresión de 395.36 kg/cm<sup>2</sup>,397.61 kg/cm<sup>2</sup>, 379.98 kg/cm<sup>2</sup> y 362.11 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Asimismo, las resistencias a la abrasión fueron 14,604.77 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>, 14.564.53 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>, 15,065.83 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup> y 15,558.32 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>. En cuanto a las muestras sometidas a helada y con igual dosificación, se registraron resistencias a la compresión de 357.51 kg/cm<sup>2</sup>, 358.51 kg/cm<sup>2</sup>, 327.61 kg/cm<sup>2</sup> y 240.23 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Asimismo, Las resistencias a la abrasión fueron de 15,614.66 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>, 15,622.09 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>, 16,081.50 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup> y 16,970.09 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>.Respecto a la largo del estudio se **concluyó**, que la sustitución al 10% y 25% cumple con los estándares según la NTP 399.611 para la fabricación de adoquines TIPO II. Cabe destacar que la sustitución al 10% mejora las propiedades mecánicas bajo condiciones de helada, cumpliendo así con los estándares de calidad para pavimentos articulados en zonas frías y templadas con tráfico liviano

**Palabras clave:** Adoquines, relave minero, efecto de helada, resistencia mecánica, concreto.

## ABSTRACT

The present study aimed to determine the mechanical strength of concrete pavers with the addition of mine tailings under frost conditions in Puno, 2023. In the methodology, samples of tailings from post-operational dam deposits in the Ananea district were used, and their physical and chemical characteristics were evaluated. Subsequently, the overall mix design was determined to produce concrete pavers with dosages of 0%, 10%, 25%, and 50% mine tailings replacing the fine aggregate. These pavers were subjected to environmental and frost conditions. Quality control tests were then conducted. Results under environmental conditions showed compressive strengths for pavers with 0%, 10%, 25%, and 50% mine tailings to be 395.36 kg/cm<sup>2</sup>, 397.61 kg/cm<sup>2</sup>, 379.98 kg/cm<sup>2</sup>, and 362.11 kg/cm<sup>2</sup>, respectively. Similarly, abrasion resistances were 14,604.77 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>, 14,564.53 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>, 15,065.83 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>, and 15,558.32 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>. Regarding samples exposed to frost with the same dosage, compressive strengths were recorded as 357.51 kg/cm<sup>2</sup>, 358.51 kg/cm<sup>2</sup>, 327.61 kg/cm<sup>2</sup>, and 240.23 kg/cm<sup>2</sup>, respectively. Abrasion resistances were 15,614.66 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>, 15,622.09 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>, 16,081.50 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>, and 16,970.09 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>. Throughout the study, it was concluded that the 10% and 25% substitution meets the standards according to NTP 399.611 for the production of Type II pavers. It is noteworthy that the 10% substitution improves mechanical properties under frost conditions, thus complying with quality standards for articulated pavements in cold and temperate areas with light traffic.

**Keywords:** Paving blocks, mine tailings, frost effect, mechanical strength, concrete, compressive strength.

## I. INTRODUCCIÓN

A **nivel internacional**, nos encontramos frente a un complejo problema relacionado con la explotación de recursos naturales, especialmente por parte de las grandes empresas mineras. Esta tendencia ha dado lugar a una serie de desafíos significativos que afectan la conservación del medio ambiente a nivel global. En primer lugar, estas empresas generan cantidades masivas de desechos sólidos y líquidos que tienen un impacto negativo sustancial en la salud humana, la biodiversidad y el entorno ecológico (1).

La problemática se agrava aún más debido a la producción constante de relaves mineros, un ejemplo es Chile, que produce diariamente una cantidad de 1400 toneladas de relaves. Esta producción sigue aumentando debido a la disminución de la calidad de los minerales extraídos y al aumento de la demanda global, lo que plantea un grave riesgo para los ecosistemas terrestres y acuáticos en todo el mundo (2).

Otro problema internacional de gran envergadura es la incidencia de bajas temperaturas y heladas en diversas regiones del planeta, lo que causa daños considerables en las infraestructuras, materiales y en el sector de la construcción - Este fenómeno climático, que afecta principalmente a países de Sudamérica como Chile, Bolivia, Argentina y Perú (BBC Mundo, 2010), provoca un efecto especialmente perjudicial en el concreto y en la estabilidad de las construcciones.

A **nivel nacional**, la explotación de recursos mineros se erige como una de las principales actividades económicas de nuestro país, situándonos como un destacado exportador de materias primas y minerales (3). No obstante, este proceso de extracción conlleva una problemática de considerable envergadura: ya que en ocasiones estos relaves, sin previo tratamiento son descargados en lagunas, ríos o fuentes de agua, lo que desencadena problemas ambientales, sociales y de salud que afectan a diversas regiones de la nación.

Un segundo factor crítico a nivel nacional radica en la variabilidad climática y el efecto de la helada en las regiones de mayor altitud. Se ha observado que departamentos como Puno, Arequipa, Cusco, Moquegua, Huancavelica, Ayacucho, Junín, Pasco y Apurímac son particularmente propensos a las heladas,

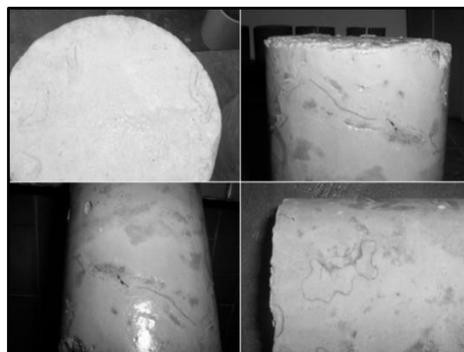
especialmente en altitudes superiores a los 3000 metros sobre el nivel del mar, como informa SENAMHI en (4). Estas heladas tienen un impacto significativo en la agricultura, la ganadería y, en particular, en la construcción donde los ciclos de hielo y deshielo afectan negativamente al concreto.

Estos dos problemas, relacionados con la gestión de relaves mineros y los efectos de las heladas en la sierra peruana, plantean ciertos desafíos en la conservación del medio ambiente y en el proceso de fraguado del concreto utilizado en las infraestructuras construidas.

En el **ámbito local**, Puno se enfrenta a una problemática única derivada de su clima frío y riguroso, una característica intrínseca a su gran altitud sobre el nivel del mar. Durante los meses de invierno, especialmente entre mayo y agosto, la región experimenta temperaturas extremadamente bajas que pueden alcanzar niveles de heladas severas. Este fenómeno climático representa una preocupación fundamental, ya que afecta negativamente a múltiples aspectos de la vida en Puno, desde la agricultura hasta la ganadería, pasando por la población local y la construcción de infraestructuras (5).

Las condiciones invernales, caracterizadas por estas temperaturas extremadamente bajas, generan heladas que someten al hormigón a ciclos de hielo y deshielo. Esto, como señala Benavente en (6), resulta en un perjuicio significativo para las propiedades del hormigón utilizado en la construcción local. La fragilidad de los materiales de construcción y la necesidad de mantener un control riguroso sobre la variable de la helada son cuestiones críticas en los procesos constructivos en Puno.

**Figura 1:** Efectos de las heladas en los testigos de concreto.



Fuente: Adaptado de (7).

Además de la problemática climática, la región de Puno se enfrenta a otra preocupación de gran envergadura que es la minería informal. Esta actividad ha violado los derechos de los habitantes locales al causar una seria contaminación ambiental. Un incidente notable ocurrió el 26 de noviembre de 2021, donde se produjo un incidente significativo cuando el depósito de relaves mineros perteneciente a la Cooperativa Minera San Antonio colapso y desencadenó un deslizamiento de relaves que causó daños graves a la infraestructura circundante. Entre los elementos afectados se encontraba la carretera que conecta Ananea con Rinconada, y el impacto se extendió hasta la ciudad de Ananea. Esta emergencia resultó en la contaminación ambiental, la degradación y la destrucción de carreteras y edificios, así como en el daño al sistema de agua potable y alcantarillado (8). Estas problemáticas locales demandan soluciones eficaces para garantizar la seguridad y el bienestar de la población de Puno.

**Figura 2:** Consecuencias del desprendimiento de relave en la ciudad de Ananea



Nota: (a) y (c) Rotura y desprendimiento del asfalto, (b) y (d) Daños ocasionados en las infraestructuras y la contaminación de las calles del distrito de Ananea por colapso de depósitos de tranques Post- Operativo y Operativo (9).

Ante el contexto presentado, el **problema general** que se plantea en esta investigación es: ¿Cuánto varía la resistencia mecánica de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo efecto de helada, Puno, 2023? En este mismo sentido, se plantean **problemas específicos** los cuales son los siguientes: en primer lugar, ¿Cuánto varía la resistencia a la compresión de adoquines de concreto con adición de relave minero, Puno, 2023?; en segundo lugar, ¿Cuánto varía la resistencia a la compresión de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo el efecto de helada, Puno, 2023?; En tercer lugar, ¿Cuánto varía la resistencia a la abrasión de adoquines de concreto con adición de relave minero?; Y finalmente, en cuarto lugar, ¿Cuánto varía la resistencia a la abrasión de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo el efecto de helada, Puno, 2023? Estas preguntas se plantean con el propósito de analizar de manera detallada los efectos de las heladas y la adición de relave minero en la resistencia mecánica de los adoquines de concreto en esta región.

La **justificación** de este estudio abarca diversos aspectos fundamentales, desde una **perspectiva teórica** la investigación contribuirá significativamente al conocimiento científico, abriendo nuevas puertas para futuras investigaciones y la creación de materiales innovadores en el campo de la construcción. En cuanto a la **justificación técnica**, se busca impulsar prácticas constructivas más sostenibles y amigables con el entorno, mediante la realización de rigurosos estudios técnicos y pruebas que garanticen que los adoquines desarrollados cumplan con los más altos estándares de calidad y seguridad en la construcción. La **justificación metodológica** se sustenta en el uso del relave minero como recurso en la producción de materiales, enfocándose en asegurar la seguridad, eficiencia y sostenibilidad en los procesos tanto de la industria minera como de la construcción. Por último, la **justificación ambiental** se basa en la reducción del impacto negativo de los relaves mineros en el medio ambiente, promoviendo su reutilización, disminuyendo la demanda de recursos naturales, reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub> y garantizando la durabilidad y resistencia de los materiales incluso en condiciones climáticas adversas. Estas dimensiones en conjunto subrayan la pertinencia de abordar esta problemática desde múltiples perspectivas.

Por lo tanto, esta investigación tiene como **objetivo general** determinar la

resistencia mecánica de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo efecto de la helada, Puno, 2023. Para lograr este objetivo, se plantean una serie de **objetivos específicos**. En primer lugar, se busca determinar la variación de la resistencia a la compresión de adoquines de concreto con adición de relave minero, Puno, 2023. En segundo lugar, se pretende determinar la variación de la resistencia a la compresión de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo el efecto de helada, Puno, 2023. En tercer lugar, se pretende determinar la variación de la resistencia a la abrasión de adoquines de concreto con adición de relave minero, Puno, 2023. Y finalmente, en cuarto lugar, se centra en determinar la resistencia a la abrasión de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo el efecto de helada, Puno, 2023.

Se plantea como **hipótesis general** que la resistencia mecánica de adoquines de concreto varía significativamente con la adición de relave minero bajo efecto de helada, Puno, 2023. Entre las **hipótesis específicas** se destacan: en primer lugar, la resistencia a la compresión de adoquines de concreto varía significativamente con la adición de relave minero, Puno, 2023. En segundo lugar, se plantea la hipótesis de que la resistencia a la compresión de adoquines de concreto varía significativamente con la adición de relave minero bajo el efecto de helada, Puno, 2023. En tercer lugar, se sostiene que la resistencia a la abrasión de adoquines de concreto varía significativamente con la adición de relave minero, Puno, 2023. Por último, se plantea la hipótesis de que la resistencia a la abrasión de adoquines de concreto varía significativamente con la adición de relave minero bajo el efecto de helada, Puno, 2023.

## II. MARCO TEÓRICO

En el contexto de este estudio, se tomaron como **antecedentes internacionales** las investigaciones realizadas por **Lojano y Proaño** (10). En su tesis de posgrado, estos autores establecieron como **objetivo** principal la identificación de las características físicas y mecánicas de los adoquines elaborados a partir de los residuos mineros generados en la Planta de Beneficio Campanillas, con la finalidad de utilizarlos en la construcción de vías. La **metodología** empleada en esta investigación se definió por su enfoque descriptivo y experimental. Durante el proceso, se fabricaron adoquines a dosificaciones de 25% y 50% en reemplazo del agregado fino, para posteriormente someterlos a ensayos basados en la norma ecuatoriana INEN 3040. En los **resultados**, se observó que la máxima resistencia a compresión llegó a 191.605 kg/cm<sup>2</sup> de la muestra patrón. Así mismo en la incorporación de relave a 25%, 50% alcanzaron una resistencia 151.122 Kg/cm<sup>2</sup> y 158.668 Kg/cm<sup>2</sup>, las cuales no encuentran entre los estándares en la normativa. En **conclusión**, al sustituir 25% y 50% no cumplen con los estándares establecidos en la norma ecuatoriana INEN 3040.

De igual forma, **Njovu et al** (11), tienen como **objetivo** en su artículo científico, diseñar una ecuación experimental para estudiar la sustitución de arena natural de río por relave minero en la fabricación de hormigón. En la **metodología**, se utilizaron relave minero (RM), arena lavada de río (AR), cemento, grava y agua para la fabricación de hormigón, en la cual se buscó diseñar una ecuación experimental mediante un análisis en el comportamiento, influencia y efectos de las variables. La dosificación se definió dentro de los parámetros estándar del concreto, entre un rango de 350 kg/m<sup>3</sup> y 400 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente. En los **resultados**, se determinó una expresión para calcular la resistencia a la compresión de las probetas en función de los componentes de concreto: Resistencia =  $23,25 - 5,86 * (RM+AR) + 4,56 * C - 1,96 * G - 0,56 * (RM+AR) * C + 1,41 * (RM+AR) * G + 1,08 * C * G + 0,71 * (RM+AR) * C * G$  (donde C: cemento; G:grava). Los valores del peso acumulado de los coeficientes de cada factor fueron 36,7% (RM+AR), 64,5% (C) y 76,6% (G). Además, el estudio reveló que la resistencia a la compresión a los 28 días de sustituyendo al 100% relave minero respecto a la arena de río, 15 kg de cemento, 25 kg de grava y 7.45 litros de agua, alcanzaron una resistencia máxima

de 377.29 kg/cm<sup>2</sup>. En **conclusión**, para lograr una reutilización más sostenible y efectiva del relave minero como material de construcción, se planteó llevar a cabo un estudio económico y medioambiental del hormigón a base de relave minero, con el propósito de considerar una producción a gran escala de manera integral.

**Martines et al** (12) se propusieron el **objetivo** de analizar el uso de relaves sulfídicos como materia prima en la industria de la construcción. En su **metodología**, exploraron la viabilidad de aprovechar relaves mineros ricos en sulfuros para la fabricación de materiales de construcción. Es relevante destacar que investigaciones anteriores en esta área son limitadas, especialmente en el uso de relaves mineros sulfídicos con más del 25% de SO<sub>3</sub>, abordando aplicaciones como materiales cementantes, agregados alternativos, cerámicas de construcción, materia prima para la producción de clinker y precursores de materiales álcali-activados. **resultados** de su investigación revelaron que los relaves de moderada y alta sulfuración son residuos de gran volumen que pueden ocasionar graves daños medioambientales si no se gestionan adecuadamente. Debido al alto contenido de minerales sulfurosos, estos desechos pueden sufrir procesos de meteorización al entrar en contacto con oxígeno y agua, lo que genera drenaje ácido de mina. Asimismo, se observó que la utilización de relaves en la producción de concreto puede ocasionar la degradación de este material debido al ataque interno de sulfatos. Además, su baja reactividad intrínseca constituye una barrera para su aplicación como materiales cementicios (SCMs) y como precursores en la producción de materiales álcali-activados (AAMs). En **conclusión**, se constató que el contenido moderado a alto de sulfuro presente en los relaves mineros representa una limitación técnica significativa para su aplicación en la producción de materiales de construcción. Estos hallazgos subrayan la necesidad de abordar los desafíos ambientales y técnicos asociados con el uso de relaves sulfídicos en la industria de la construcción antes de considerar su implementación a gran escala en esta área.

Por otro lado, **Lam et al** (13) en su artículo científico se **propusieron** evaluar las propiedades mecánicas resultantes de la elaboración de mezclas de cemento Portland con relaves como agregados, con el propósito de que puedan ser eventualmente utilizadas en la construcción de pavimentos de adoquines para tranques de relaves inactivos. Para ello, en la **metodología**, se emplearon relaves

de dos tranques de una planta concentradora en Taltal, Chile. El dique 1 está inactivo, mientras que el dique 2 está en funcionamiento. Las muestras de relaves se caracterizaron granulométricamente y se midieron parámetros como pH, humedad y Eh. Las pruebas mineralógicas abarcaron sulfuros, óxidos, sulfatos, carbonatos, fosfatos y silicatos. El contenido de finos en los estériles de los diques 1 y 2 no cumple con las normativas chilenas para ser áridos de hormigón. Se realizaron mezclas de relave con áridos convencionales para cumplir con los estándares. Se efectuaron pruebas de resistencia a la flexión y compresión en muestras de mezclas de cemento, agregados y residuos, siguiendo las directrices normativas chilenas después de un curado de 28 días. Los **resultados**, se observó que al agregar 7% y 15 % de relave minero de presas, la resistencia máxima a la compresión alcanzó un valor de 494.46 kg/cm<sup>2</sup> y 460.31 kg/cm<sup>2</sup>., además Los relaves mineros de las dos presas estudiadas muestran un pH ligeramente neutro y contienen una pequeña cantidad de sulfuros. Por lo tanto, no representan una amenaza para el desarrollo del drenaje ácido de mina. En **conclusión**, las mezclas de cemento y residuos no lograron alcanzar las resistencias requeridas para la fabricación de adoquines.

Finalmente, *Lei et al* (14) se propusieron el **objetivo** de encontrar un tratamiento superficial para el hormigón del pavimento del aeropuerto que protegiera contra la congelación-descongelación y la congelación de sales. Se empleó una **metodología** que involucra la incorporación de fibras sintéticas de poliéster (FC), fibras de celulosa (CF) y fibras de basalto (BF) modificadas en el hormigón. La evaluación se centró en aspectos como la resistencia mecánica, la estructura de poros y la resistencia a las heladas, tanto en situaciones de congelación-descongelación como en presencia de sal. Los **resultados** revelaron una correlación positiva entre la resistencia a la flexión del hormigón y el módulo elástico de la fibra, aunque esta relación tiene un impacto limitado en la resistencia a la compresión. Las fibras demostraron reducir la pérdida de masa y el módulo dinámico del hormigón expuesto a daños por heladas, siendo la FC más eficaz en mejorar la resistencia del hormigón a las heladas que la CF. Tras 30 ciclos de congelación con sal, la cantidad de desconchados en el hormigón tratado con silano pulverizado o impregnado se redujo en un 65,5% y un 55,5%, respectivamente. La

adición de fibra y la impregnación de silano redujeron el desconchado del hormigón hasta en un 70,5%. En **conclusión**, se determinó que el tratamiento con silano pulverizado es más efectivo que el tratamiento con silano impregnado para mejorar la resistencia del hormigón a las heladas debido a una mejor reacción de condensación del silano.

En el ámbito de los **antecedentes nacionales**, es relevante mencionar el estudio llevado a cabo por **Mamani y Jove** (15), que tiene como **objetivo** principal evaluar el impacto de la inclusión de relave triturado no tóxico afecta a la mezcla empleada en la producción de adoquines de concreto. La **metodología** empleada se llevó a cabo en el distrito de Ollachea del departamento de Puno. Para lograr este propósito, se llevaron a cabo ensayos de laboratorio con el fin de definir las propiedades mecánicas y físicas del concreto al incorporar relave minero, además de evaluar la viabilidad de esta práctica. Se realizaron distintas dosificaciones de mezcla con el objetivo de producir adoquines de concreto que contenían diferentes proporciones de relave, que iban desde el 10% hasta el 75%. En total, se examinaron 45 adoquines, los cuales fueron sometidos a pruebas de resistencia a la compresión en intervalos de 7, 14 y 28 días. Los **resultados** obtenidos revelaron que el diseño promedio mostró una resistencia a la compresión satisfactoria a los 28 días, alcanzando un valor de  $f'c=380.28 \text{ kg/cm}^2$  al incluir un 10% de relave en la mezcla. Este resultado cumplió con los requisitos estipulados en la norma NTP 399.611, que establece que, para los adoquines de tipo II, el esfuerzo patrón debe ser igual o superior a  $f'c=380 \text{ kg/cm}^2$ . En **consecuencia**, se puede concluir que la incorporación de un 10% de relave minero tuvo un impacto positivo en la resistencia a la compresión de los adoquines.

**Huayta & Salinas** (16) llevaron a cabo un estudio de tesis de pregrado con el **objetivo** de determinar las propiedades físico-mecánicas de adoquines de concreto con adición de relave minero de la mina Santa Cecilia en el distrito de Yarabamba del departamento de Arequipa. En la **metodología** empleada, se llevaron a cabo distintas dosificaciones de incorporación de relave minero en lugar del agregado fino, abarcando porcentajes del 0%,5%,10%,25% y 50%, para el diseño de mezcla de un adocuin tipo II con una resistencia patrón de  $f'c=380 \text{ kg/cm}^2$ , tomando como muestreo 15 adoquines por cada tratamiento, a los cuales se realizaron el ensayo

de resistencia a la compresión ( $f_c$ ) a diferentes tiempos de curado. Los **resultados** obtenidos mostraron valores de resistencia de 392.81 kg/cm<sup>2</sup>, 384.72 kg/cm<sup>2</sup>, 381.45 kg/cm<sup>2</sup>, 346.21 kg/cm<sup>2</sup> y 286.71 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de fabricación de los adoquines de concreto, correspondientes a los distintos porcentajes de sustitución mencionados. En **conclusión**, se determinó que las dosificaciones con un reemplazo del 5% y 10% del agregado fino por relave minero cumplían con los estándares de calidad establecidos en la norma NTP.399.611 para adoquines tipo II.

**Torpoco** (17), en su trabajo de tesis de pregrado, se propuso también como **objetivo** evaluar cómo el relave minero afecta las propiedades del concreto estructural en la ciudad de Huancayo. La **metodología** empleada en este estudio fue de carácter aplicado, enfocada en la realización de experimentos con el fin de obtener resultados concretos y prácticos. En este contexto, se llevaron a cabo cinco combinaciones diferentes de ingredientes con el propósito de analizar cómo el relave minero influye en el comportamiento del concreto estructural en comparación con un diseño convencional estándar. A partir de estas cinco mezclas, se obtuvieron un total de diez muestras de concreto, además de dos muestras adicionales correspondientes al diseño tradicional de referencia. Estas muestras se utilizaron para medir las dimensiones en el contexto de esta investigación. Los **resultados** obtenidos de los ensayos indicaron que solo un promedio del muestreo, correspondiente al 13%, superó el diseño patrón de 353.5 kg/cm<sup>2</sup>, alcanzando un valor de 379.5 kg/cm<sup>2</sup>. En resumen, se puede **concluir** que la inclusión de relave minero en las propiedades del concreto estructural resulta beneficiosa, ya que los indicadores y dimensiones clave examinados cumplen con las regulaciones en vigor.

De igual forma, **Castillo y Sevillano** (18) llevaron a cabo un estudio como parte de su tesis de pregrado, con el **propósito**, determinar el efecto del relave aurífero en las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto  $F_c = 180$  kg/cm<sup>2</sup>. Este estudio se llevó a cabo en la localidad de Parcoy, situada en Pataz, dentro de la región de La Libertad. La **metodología** empleada en esta investigación se distingue por su enfoque aplicado, empleando un diseño experimental que se orienta hacia la explicación de los fenómenos observados. Además, el enfoque del estudio es

predominantemente cuantitativo, implicando el uso de datos numéricos y mediciones precisas para respaldar sus conclusiones. La **población** que fue objeto de análisis en este estudio está compuesta por ladrillos que han sido enriquecidos con relave minero, un subproducto de la actividad minera. El propósito fundamental de esta investigación consiste en ampliar los conocimientos sobre cómo el relave minero puede afectar los ladrillos de concreto. Para lograr esto, se llevaron a cabo pruebas utilizando diferentes proporciones de relave minero, incluyendo porcentajes de 25%, 50%, 75% y 100% en relación con los desechos provenientes de la mina. En los **resultados** se revelaron que al incorporar un 25% de relave minero, la resistencia a la compresión aumenta en 3.36 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con el ladrillo convencional. Además, la resistencia a la compresión axial de las pilas aumenta en 1.865 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con las pilas convencionales. No obstante, para otros porcentajes de adición de relave minero, la resistencia a la compresión axial tanto del ladrillo como de las pilas disminuye. Como **conclusión** se demostró que el relave minero a una dosificación de 25% mejora en la resistencia tanto a nivel del ladrillo individual como en la estructura construida de pilas.

**Lojano y Robles** (19), se enfocaron en el **objetivo** de evaluar el impacto en la resistencia de morteros al sustituir el agregado fino convencional por relave minero, procedente de una planta, en aplicaciones dentro de la industria de la construcción. Para llevar a cabo esta investigación, emplearon una **metodología** que implicaba la preparación de morteros en los cuales la arena, habitualmente utilizada como agregado fino, fue reemplazada por el relave minero, que posee características de tamaño de partículas similares. A lo largo del estudio, se crearon diversas muestras de mortero utilizando distintas proporciones (20%, 40%, 60%, 80% y 100%) de este nuevo tipo de agregado, generando un total de 63 muestras en total. Estas **muestras** fueron sometidas a pruebas de resistencia a la compresión y absorción en intervalos de 7, 14 y 28 días. Los **resultados** obtenidos revelaron una variabilidad en las resistencias, que oscilaban desde un valor mínimo de 78.98 Kg/cm<sup>2</sup> hasta un máximo de 193.02 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Asimismo, se notó que los morteros que incorporaban relave minero tendían a presentar una mayor absorción después de 14 días. Como **conclusión** principal, se estableció que las

muestras elaboradas con un 100% de relave minero demostraron las resistencias más elevadas en todos los intervalos de tiempo evaluados (7, 14 y 28 días). Es relevante mencionar que la muestra número 14, compuesta al 100% por relave minero y que alcanzó una resistencia máxima de 193.02 Kg/cm<sup>2</sup>, exhibió el rendimiento más destacado en el estudio.

Por último, **Gonzales** (20) se **propuso** analizar el efecto de la inclusión de polietileno reciclado de alta densidad en las propiedades mecánicas del concreto hidráulico utilizado en pavimentos rígidos, específicamente, en las carreteras de Pachachaca, situadas en Yauli, Junín. Para llevar a cabo este estudio, se empleó una **metodología** que consistió en la preparación de una mezcla de concreto con una resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Se realizaron modificaciones en el porcentaje de polietileno reciclado de alta densidad en la mezcla, variando entre un 5%, 10%, 15% y 25%, en sustitución del agregado grueso convencional. Paralelamente, se realizaron pruebas para evaluar la resistencia a la compresión, se analizó el índice de condición de pavimento (PCI) y se midió el asentamiento del concreto (Slump). Los **resultados** obtenidos demostraron que la resistencia a la compresión máxima del diseño patrón fue de 217 kg/cm<sup>2</sup>, y estos al incorporar un 25% de polietileno reciclado de alta densidad, se logró un notable aumento del 113 kg/cm<sup>2</sup> en la resistencia a la compresión del concreto. Por otro lado, con una proporción del 5% de polietileno reciclado, se observó un incremento más modesto del 10kg/cm<sup>2</sup> en la resistencia. Estos resultados condujeron a la **conclusión** de que el uso de polietileno reciclado de alta densidad tiene un impacto significativo en la mejora de la resistencia a la compresión del concreto hidráulico en pavimentos rígidos, particularmente en condiciones de ciclos de congelamiento y deshielo.

Dentro de los **antecedentes a nivel local**, se destaca el trabajo realizado por **Arias** (21), cuyo **propósito** en su tesis de pregrado fue evaluar el posible impacto del relave minero en la subbase de un tramo de pavimento flexible que se extiende desde el kilómetro 0+000 hasta el kilómetro 1+000 de la carretera Ananea Rinconada. La **metodología** empleada en su investigación involucró la combinación de diferentes tipos de suelos en tres variantes: en la primera variante se utilizó exclusivamente material de cantera, en la segunda se combinó un 50% de relave minero con un 50% de material de cantera, y en la tercera se combinó un

30% de relave minero con un 70% de material de cantera, con el objetivo de garantizar que se cumplan los requisitos establecidos por la normativa EG-2013. Los **resultados** obtenidos señalaron que la tercera combinación cumplía con los requisitos establecidos por la normativa. Además, no se registró Índice de Plasticidad (IP) en ninguna de las variantes. En relación al CBR (California Bearing Ratio), se encontró que el material proveniente de la cantera podría utilizarse de manera independiente como subbase. También se observó que a medida que se aumentaba la proporción de relave minero, aumentaba el equivalente de arena y disminuía la presencia de sales solubles. Por lo tanto, se **concluyó** que la Combinación 03 satisfacía las demandas requeridas de acuerdo a los estándares establecidos en la EG-2013.

Del mismo modo, **Valverde y Vargas** (22) se propusieron como **objetivo** primordial en su investigación, determinar cuál sería el aditivo más efectivo y la dosificación óptima de dicho aditivo, teniendo en cuenta la temperatura ambiente durante el proceso de vertido del concreto, con el fin de evitar posibles alteraciones en las propiedades mecánicas del material. La **metodología** que emplearon se caracteriza por ser de enfoque deductivo, nivel descriptivo y diseño experimental aplicado. Los **resultados** obtenidos revelaron diferencias en las resistencias mecánicas bajo diversas condiciones climáticas. En primer lugar, en áreas frías, se observó que con una proporción del 1,5% de aditivo superplastificante y una relación (a/c) de 0,35, la resistencia a la compresión alcanzó un valor de  $F_c=408.09$  kg/cm<sup>2</sup>. Por otro lado, en regiones cálidas, se encontró que con una proporción del 2.4% de aditivo superplastificante y una relación (a/c) de 0,17, la resistencia a la compresión llegó a  $F_c=1682.53$  kg/cm<sup>2</sup>. En **conclusión**, los aditivos superplastificantes tienen la capacidad de mejorar las propiedades mecánicas del concreto en diversas condiciones climáticas, especialmente en lo que respecta a la resistencia, y destaca la influencia de la temperatura en este proceso.

**Mamani** (23) se **enfocó** en la tarea de identificar el tipo de cemento que presenta un rendimiento superior en las propiedades del concreto cuando este se somete a ciclos de congelamiento y deshielo en proyectos de construcción ubicados en Puno. El enfoque **metodológico** adoptado para este estudio fue de naturaleza aplicada, caracterizado por su enfoque cuantitativo, diseño cuasi-experimental y muestreo no

probabilístico. En el marco de esta investigación, se evaluaron tres tipos de cemento: Rumi, Frontera y Wari. Los **resultados** obtenidos de este estudio pusieron de manifiesto que el concreto elaborado con el cemento Wari, cuando se sometió a ciclos de congelamiento y deshielo, mostró la mayor resistencia a la compresión. A los 7 días, su resistencia alcanzó los 161.3 kg/cm<sup>2</sup>, aumentando a 189.5 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días, y finalmente, llegando a 218.0 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Además, los ensayos de porosidad demostraron que el concreto elaborado con el cemento Wari y expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo presentó los niveles más bajos de porosidad a los días 14 y 28, con porcentajes de porosidad de 5.999% y 6.256%, respectivamente. Como **conclusión** importante, se destacó que existe una correlación inversa entre la resistencia a la compresión y la porosidad del concreto. Es decir, a medida que disminuye el porcentaje de porosidad, la resistencia a la compresión tiende a aumentar. Este hallazgo sugiere que una mayor resistencia a la compresión contribuye a mejorar la durabilidad del concreto en situaciones que implican ciclos de congelamiento y deshielo, especialmente en condiciones climáticas desafiantes.

Por otra parte, **Acuña y Milán** (24) se propusieron examinar cómo la presencia de polietileno reciclado de alta densidad afecta las características del concreto con una resistencia característica de 280 kg/cm<sup>2</sup>, especialmente cuando es sometido a ciclos de congelamiento y deshielo. La **metodología** empleada durante el proceso de fabricación de briquetas, que contenían diferentes proporciones de PEAD (2.5%, 5%, 7.5%, 10% y 12.5%), consistió en someterlas a condiciones de temperatura ambiente y ciclos de congelamiento a deshielo. Las propiedades mecánicas de las briquetas se controlaron a lo largo de su periodo de curado, específicamente a los 7, 14, 21 y 28 días. Los **resultados** indicaron que las muestras sometidas a a ciclos de congelamiento y deshielo, observaron los siguientes resultados: las muestras sin PEAD presentaron se resistencias promedio de 299.853 kg/cm<sup>2</sup>. Por otro lado, las muestras con PEAD a dosificaciones de 2.5%, 5%, 7.5%, 10% y 12.5% mostraron resistencias a la compresión de 223.097 kg/cm<sup>2</sup>, 310.197 kg/cm<sup>2</sup>, 231.197 kg/cm<sup>2</sup>, 202.307cm<sup>2</sup> y 184.940 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. En resumen, se **concluye** que el polietileno reciclado de alta densidad (PEAD) llevado a congelamiento y deshielo incrementa la resistencia del concreto presentando un

buen comportamiento frente al fenómeno de bajas temperaturas, hallándose como muestra óptima el 5% de PEAD. Con este porcentaje se obtuvo; para un concreto congelado a un ciclo de 24 horas la resistencia a la compresión a los 03 días de edad se incrementó en 12.021 %, a los 07 días en 2.714%, a los 14 días en 6.995%, a los 21 días en 3.328% y a los 28 días en 3.451%.

Finalmente, **Quispe y Tintaya** (5) se propusieron como **objetivo** principal realizar una comparación entre diversas técnicas de curado y su influencia en el desarrollo de la resistencia a la compresión de muestras de concreto expuestas a ciclos de congelamiento y deshielo durante su proceso de endurecimiento. La **metodología** empleada implicó la fabricación de muestras cilíndricas con dimensiones de 8"x4" y una resistencia a la compresión predefinida de 210 kg/cm<sup>2</sup>. La ejecución del proceso se dividió en dos grupos: uno sometido a ciclos de congelamiento y deshielo, y otro expuesto a las condiciones climáticas al aire libre. Es relevante subrayar que las muestras expuestas a los ciclos de congelamiento y deshielo fueron sometidas a temperaturas variables entre 7.5°C y -20.2°C de manera aleatoria, mientras que las muestras expuestas a la intemperie experimentaron temperaturas promedio mínimas y máximas de 5°C y 18°C, respectivamente. Los **resultados** señalaron que las muestras expuestas a ciclos de congelamiento y deshielo mostraron lo siguiente: la muestra estándar sin protección exhibió una resistencia promedio de 120.82 kg/cm<sup>2</sup>. En contraste, las muestras protegidas con tres métodos diferentes presentaron variaciones en la resistencia. En primer lugar, la combinación de polietileno y estiércol de ovino logró una resistencia de 185.32 kg/cm<sup>2</sup>. En segundo lugar, la muestra protegida con polietileno y aserrín alcanzó una resistencia de 160.44 kg/cm<sup>2</sup>. Por último, la muestra protegida únicamente con polietileno obtuvo una resistencia de 127.98 kg/cm<sup>2</sup>. En **conclusión**, se determinó que la adición de estiércol de ovino como material de protección en combinación con polietileno resulta eficiente para el curado de concreto en climas caracterizados por heladas y condiciones adversas en la región de Puno.

En el marco de esta investigación, es esencial comprender las **bases teóricas** relacionadas con el **relave minero**, que son residuos que surgen como subproductos de actividades mineras y procesos de extracción de minerales. Estos desechos se caracterizan por su composición, que incluye tierra, minerales, agua, rocas, y sus dimensiones se ubican en el rango entre la arena y el limo (25).

De igual manera, se puede describir el relave minero como un residuo mineral sólido con dimensiones intermedias entre las partículas de arena y limo, resultado del proceso de concentración de minerales, estos desechos son generados, movilizados o dispuestos en forma de lodo (26).

Asimismo, se considera que el relave minero se origina como un subproducto no aprovechable derivado de las operaciones mineras y la extracción de minerales. Este material se caracteriza por su tamaño reducido y contenido de humedad, lo que demanda su disposición en depósitos destinados para residuos industriales (27).

**Figura 3:** Desborde de Relave minero



Fuente: Adaptado del diario la Republica (28)

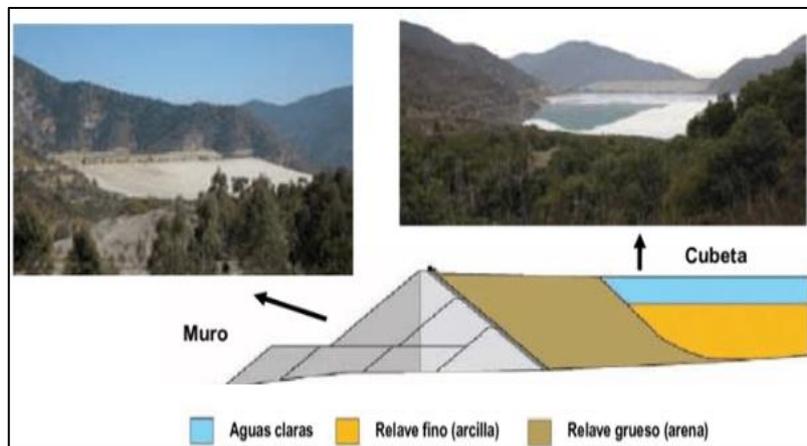
En el contexto de esta investigación, surge la interrogante sobre si el relave minero puede considerarse un desecho con características tóxicas. En su forma esencial, los desechos mineros no se reconocen como sustancias tóxicas, ya que consisten principalmente en fragmentos de roca triturada y agua. La posibilidad de toxicidad surge cuando ciertos desechos mineros reaccionan con el agua, liberando elementos venenosos que pueden disolverse y ser arrastrados por el agua (29).

Específicamente, algunos residuos mineros pueden contener elementos perjudiciales para la salud humana, como arsénico, cianuro, cobre, zinc, cromo y

plomo. Sin embargo, las empresas mineras han implementado medidas preventivas para evitar reacciones de disolución tóxica, cumpliendo con las leyes y regulaciones aplicables. Este enfoque busca garantizar la preservación del entorno natural y la salud de las personas (29).

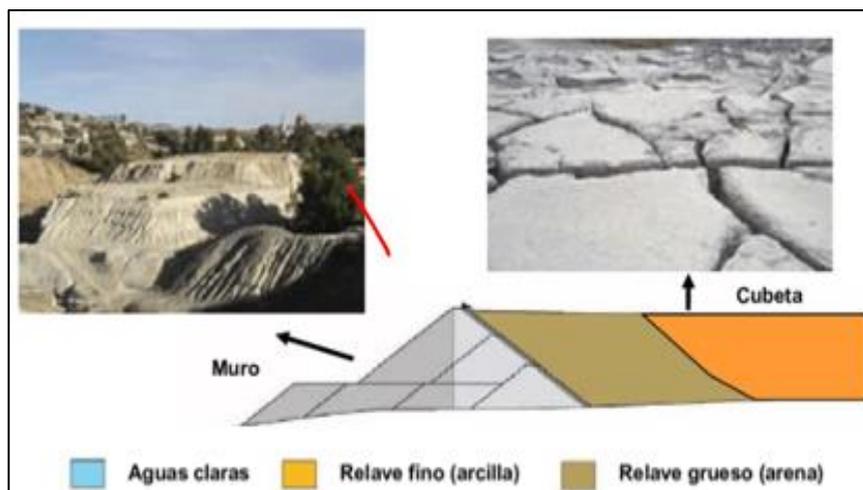
Los **métodos empleados para el almacenamiento** de residuos mineros abarcan diversas estrategias. En primer lugar, tenemos el **tranque de relave**, que se configura como un depósito conformado por sedimentos circundados por muros, estos sedimentos provienen de la separación de sólidos más grandes y más finos mediante ciclones líquidos, que aprovechan la fuerza del flujo de agua (30).

**Figura 4:** Sección típica de un depósito tranque de relave en etapa operativa



Fuente: Adaptado (31)

**Figura 5:** Sección típica de un depósito tranque de relave en etapa Post-Operativa



Fuente: Adaptado (31)

En segundo lugar, encontramos el **embalse de relave**, caracterizado por contar con un muro de contención construido con materiales locales, como rocas y tierra, mientras en su estructura la parte superior y los taludes interiores de este embalse son impermeables (32). Las represas de relaves, por su parte, se asemejan a acumulaciones de sedimentos en depresiones naturales que no requieren muros de contención (33).

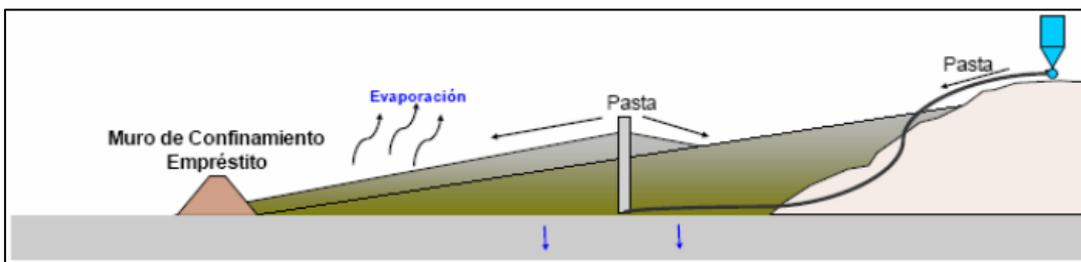
**Figura 6:** Vista fotométrica de un depósito embalse de relave.



Fuente: Adaptado (32).

En tercer lugar, se emplea el **método de residuos espesados**, diseñado para evitar que los relaves se dispersen hacia zonas no autorizadas. Estos depósitos incorporan tanques para recuperar el exceso de agua que podría filtrarse desde los sedimentos (34).

**Figura 7:** Sección típica de un depósito relave espesados.

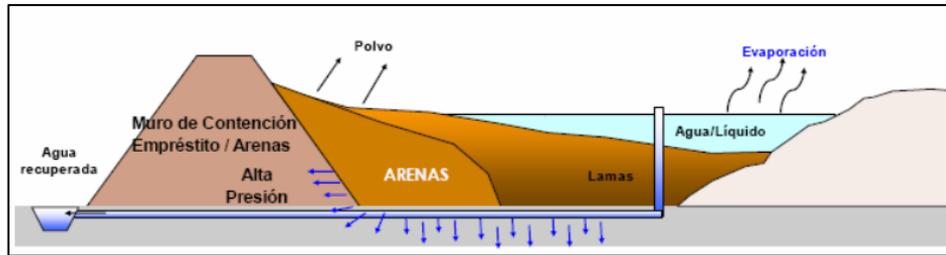


Fuente: Adaptado (35).

Por otro lado, se encuentra el **método de residuos filtrados**, donde se reduce significativamente el contenido de agua mediante procesos de filtración, manteniendo la humedad por debajo del 20%. Este procedimiento guarda similitud

con las técnicas utilizadas en la purificación del agua potable (35).

**Figura 8:** Sección típica de un depósito relave infiltrados.



Fuente: Adaptado (35).

Por último, se utiliza el **método de residuos en forma de pasta**, que consiste en mezclas de sólidos con una alta proporción de partículas finas y un bajo contenido de agua, formando una consistencia densa, similar a la pulpa de alta densidad (36). Estos métodos de almacenamiento son esenciales en la gestión de los residuos mineros para garantizar la seguridad ambiental y la preservación de áreas circundantes (37).

**Figura 9:** Sección típica de una planta de relave en forma de pasta



Nota: (a) Relave planta de beneficio, (b) Cierre de mina (38).

Las **características de los relaves** mineros engloban niveles elevados de productos químicos y elementos que inducen cambios significativos en el entorno circundante (33). Por consiguiente, es imperativo que se les transporte y almacene en estructuras específicamente designadas como "depósitos de relaves", en estos depósitos, los contaminantes experimentan un proceso gradual de sedimentación en el lecho, permitiendo la recuperación de la mayor parte del agua, mientras que una porción adicional se evapora con el transcurso del tiempo (36).

Estas características se dividen en dos categorías principales:

En primer lugar, las **características químicas** se refieren a cómo la composición de la materia puede cambiar debido a la interacción con otras sustancias y elementos. Cabe destacar que cada depósito de relaves exhibe singularidades vinculadas a su ubicación y su exposición a diferentes elementos, lo que conlleva a variaciones específicas en sus propiedades químicas (39).

El **potencial de hidrógeno**, o pH, es una medida que indica si una solución acuosa es ácida o alcalina. Esta medida se expresa en una escala que va del 0 al 14, considerando el 7 como neutro. Cuando el pH es inferior a 7, se considera que la solución es ácida, mientras que valores superiores indican alcalinidad. La influencia del pH en la solubilidad de sustancias es fundamental, especialmente al evaluar la toxicidad de materiales como los relaves mineros. Esto se debe a que el pH afecta la movilidad y la disponibilidad de metales y otros compuestos dañinos en el entorno.

Asimismo, el pH juega un papel crucial al analizar la toxicidad de los relaves mineros, ya que puede tener un impacto sustancial en la capacidad de desplazamiento y la disponibilidad de metales y otros compuestos perjudiciales en el entorno. La tabla siguiente muestra cómo este factor ejerce influencia.

**Tabla 1.** Categorías del PH en relación al suelo

pH	CATEGORÍA	INTERPRETACIÓN
< 4.5	Extremadamente Acido	Toxicidad severa debido al aluminio y posiblemente al manganeso; existe una alta probabilidad de carencia de fósforo, azufre, molibdeno y bases intercambiables; se anticipan niveles elevados de ciertos micronutrientes. Se recomienda la aplicación de cal para muchos cultivos.
4.5-5.5	Fuertemente Acido	Toxicidad moderada fuerte debida a la presencia de aluminio y manganeso; hay escasez de fósforo, azufre, molibdeno y bases; se registran concentraciones elevadas de ciertos micronutrientes. La aplicación de cal es necesaria para muchos cultivos.
5.5-6.0	Moderadamente Acido	No se anticipa la toxicidad debida al aluminio; hay una mayor disponibilidad de fósforo, azufre, molibdeno y bases. Algunos cultivos sensibles a la acidez del suelo necesitan la aplicación de cal
6.0-6.5	Ligeramente Acido	Condiciones apropiadas para que las plantas tengan acceso a los nutrientes necesarios.
6.5-7.3	Neutro	Elevadas concentraciones de calcio (Ca) y magnesio (Mg). Es posible que ciertos cultivos experimenten carencias de micronutrientes, y la disponibilidad de fósforo (P) podría ser limitada.

7.4-8.0	Alcalino	Escasa disponibilidad de fósforo (P) y micronutrientes. Concentraciones elevadas de calcio (Ca) y magnesio (Mg). La presencia de sodio (Na) podría plantear un inconveniente.
>8.0	Muy Alcalino	Se presentan restricciones significativas en la disponibilidad de ciertos nutrientes. La concentración de sodio (Na) puede alcanzar niveles tóxicos.

Nota. Adaptado de (40)

En segundo lugar, las **propiedades físicas** se relacionan con la respuesta de la materia frente a influencias externas (33). En este contexto, la acumulación de lodos puede resultar en dos categorías fundamentales de material, por un lado, tenemos la arena, que se deposita mediante procesos hidráulicos, y por otro lado, el limo, cuya deposición se lleva a cabo a través de mecanismos de sedimentación (39).

Además, es importante señalar que las propiedades de los suelos limosos se asemejan en gran medida a las de los suelos arenosos de origen natural, a pesar de que presentan un comportamiento más complejo (9). Estas consideraciones son cruciales en la gestión de relaves mineros para mitigar su impacto ambiental y comprender sus implicaciones en el entorno.

En el marco de esta investigación, resulta crucial centrarse en el análisis de las características físicas más destacadas de los desechos mineros, las cuales comprenden:

El **peso específico** se define como la relación entre la densidad de una sustancia y la densidad del agua, y se conoce como el coeficiente de densidad (41). Por lo tanto, la densidad relativa de los residuos mineros varía considerablemente según factores como la cantidad de minerales presentes, el tamaño de las partículas y la presencia de componentes secundarios (32). En el contexto de los desechos mineros deshidratados, su gravedad específica está influenciada por las restricciones de consolidación en la cuenca y por cómo cambia el índice de porosidad desde la fase inicial del depósito hasta su estado definitivo tras descargas sucesivas (42).

**Figura 10:** Peso Especifico



Fuente: Adaptado de (43)

La **granulometría** hace referencia a la distribución de tamaños de las partículas de estado sólido, este estudio contribuye a determinar las posibilidades de aprovechamiento, recuperación y calidad. Así también depende del tipo de depósito mineralógico para su extracción (44).

**Tabla 2.** *Granulometría de Relaves.*

<b>Granulometría</b>	<b>Calidad</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Limos	Almacenados en presas	100%
Finos	Cuestionables	50%-80%
Medios	Generalmente Buenos	15%-50%
Gruesos	Buenos	0%-15%

Nota. Adaptado del manual de residuos industriales minero (44).

La **plasticidad** se refiere a la capacidad de un material para cambiar de forma sin experimentar una recuperación elástica significativa ni presentar grietas o roturas (41). También se puede definir como la capacidad de un material para alterar su forma bajo un estrés constante sin que su peso varíe de manera significativa (45).

La plasticidad de los desechos mineros provenientes de instalaciones de procesamiento, está influenciada por la naturaleza de los desechos y la proporción de partículas finas recuperadas. Esta propiedad está relacionada con el límite de Atterberg, que mide la cantidad de líquido presente en el suelo a medida que atraviesa las transiciones de estado de líquido a plástico y luego de plástico a sólido, indicando un cambio hacia una consistencia más sólida (32).

**Figura 11:** Plasticidad



**Fuente:** Adaptado de (43)

La **dureza** se refiere a la capacidad de resistencia que muestra un material frente a la penetración, el rayado, la abrasión y otras formas de deformación. Por otro lado, la "forma" alude a la disposición externa o la apariencia exterior de un objeto o sustancia (46). Dado que los desechos mineros (relaves) son polimetálicos, contienen diversos minerales con variaciones en tamaño, forma y dureza (47). Los minerales presentes en los residuos exhiben formas que varían desde angulosas en el fondo hasta redondeadas, siendo estas últimas las más predominantes. Además, la dureza de los residuos se sitúa en un rango entre 3,5 y 6,5 en la escala de dureza de Mohs, según se informa en estudios anteriores (43)

**Figura 12:** Dureza



**Fuente:** Adaptado de (43)

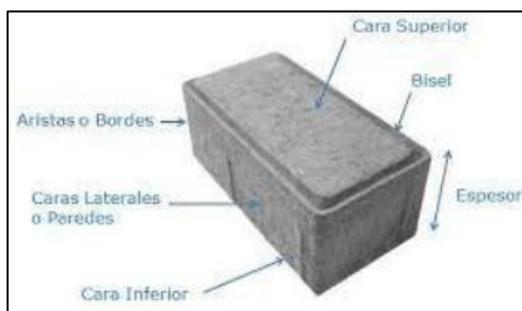
En cuanto a los adoquines en el **contexto histórico**, su uso se remonta al siglo XIV y ha sido una técnica valiosa en el transporte a lo largo de la historia. Los romanos y los cartagineses implementaron adoquines en sus principales rutas para mejorar la velocidad y eficiencia de sus desplazamientos por la necesidad de una superficie de contacto más uniforme para un viaje cómodo, optaron por esta solución en lugar utilizar piedras naturales, esta práctica de adoquinar calles perduró hasta finales del siglo XIX, cuando se construyeron avenidas especialmente diseñadas en

ciudades, como parte de la planificación urbana, para facilitar el paso de cañones en la época napoleónica (48).

En resumen, el objetivo primordial era crear una superficie de desplazamiento más uniforme, lo que se traduciría en viajes más cómodos durante los desplazamientos. Para lograr esta meta, se comenzaron a tallar piedras naturales en bloques, lo que permitió un mejor ajuste entre ellas, creando una metodología de construcción que puede considerarse como el inicio de la ciencia al estudio del pavimento y sus demás ramas.

Los **adoquines**, son bloques prefabricados de hormigón comprimidos, representan una solución simple pero efectiva para lograr una circulación más rápida, cómoda y segura, además son rentables y tienen la capacidad de resistir el tráfico incluso en condiciones de lluvia (49). Por otro lado, el pavimento articulado de hormigón se ha convertido en una solución práctica y versátil para la construcción de carreteras, aceras, terrazas, jardines y áreas similares debido a su atractivo visual, variedad de colores, resistencia al desgaste, facilidad de instalación y mantenimiento (48).

**Figura 13:** Adoquines



Fuente: Adaptado de (48).

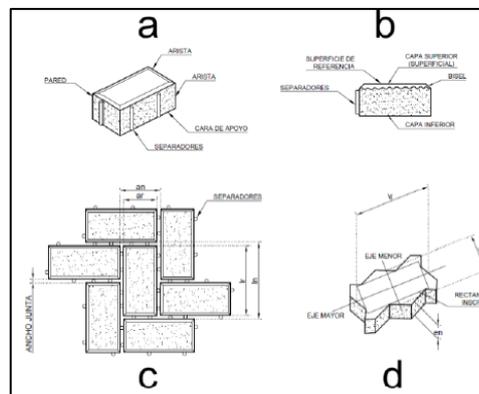
Además, según Chambi et al (45), la demanda de trabajadores en la industria minera ha experimentado un crecimiento considerable en los últimos años, tanto en el sector público aumento anualmente el doble, y en el sector privado, se ha triplicado su demanda en los últimos tres años. Este incremento se atribuye en parte a las ventajas que ofrecen los adoquines en la construcción de aceras en la ciudad de Arequipa, que enfrenta lluvias intensas durante la temporada de precipitaciones.

En este sentido, el uso de residuos mineros como material para la construcción de pavimentos emerge como una solución para mitigar la contaminación originada por los desechos de la industria minera. La elección de arena de origen aluvial, sin triturar y libre de impurezas, como capa de apoyo, es esencial para garantizar la calidad y la durabilidad de la construcción.

Los adoquines de concreto que forman parte de un sistema de pavimentos articulados constan de varios componentes esenciales que desempeñan un papel crucial en su estructura y funcionamiento.

La **capa superior** representa la superficie visible por la cual circula el tráfico, siendo su diseño crucial para la integridad del adoquín. La **cara inferior**, por su parte, se apoya directamente sobre la capa de arena o el material base del pavimento, brindando estabilidad al adoquín y garantizando su correcta colocación. Las **paredes** definen el volumen y grosor del adoquín, pudiendo tener formas lineales o curvas que no cierran una figura. Las aristas o bordes, localizadas en las esquinas de la cara lateral, contribuyen a la resistencia y durabilidad del adoquín. El **bisel**, situado en los bordes de la cara superior, puede ser una característica opcional que, generalmente con un ancho de hasta 1 cm, mejora la estética, facilita su manejo y favorece la unión entre adoquines. Finalmente, el **espesor de los adoquines** varía dependiendo del tipo de tráfico al que estarán sometidos, siendo de 6 cm para áreas peatonales y tráfico liviano, 8 cm para carreteras medianas o con mayor carga, como aeropuertos, y 10 cm para soportar cargas excepcionalmente pesadas en entornos industriales.

**Figura 14:** Componentes de un adoquín.



Fuente: Adaptado de (50)

Cada uno de estos componentes es esencial para garantizar la funcionalidad y la durabilidad de los pavimentos articulados construidos con adoquines de concreto, ya que cada uno cumple una función específica en la resistencia y estabilidad de la superficie pavimentada.

**Tabla 3.** Tipos de adoquines y su Ficha Técnica

Imagen	Modelo	Ficha Técnica																																						
	Routland	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="842 546 1034 584">Descripción</th> <th colspan="4" data-bbox="1040 546 1374 584">Dimensiones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="842 591 1034 618">Largo</td> <td data-bbox="1040 591 1129 618">22,5 cm</td> <td data-bbox="1136 591 1225 618">14,8 cm</td> <td data-bbox="1232 591 1321 618">14,8 cm</td> <td data-bbox="1327 591 1374 618">14,8 cm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="842 624 1034 651">Ancho</td> <td data-bbox="1040 624 1129 651">22,5 cm</td> <td data-bbox="1136 624 1225 651">22,5 cm</td> <td data-bbox="1232 624 1321 651">14,8 cm</td> <td data-bbox="1327 624 1374 651">7,3 cm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="842 658 1034 685">Espesor</td> <td data-bbox="1040 658 1129 685">8 cm</td> <td data-bbox="1136 658 1225 685">8 cm</td> <td data-bbox="1232 658 1321 685">8 cm</td> <td data-bbox="1327 658 1374 685">8 cm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="842 692 1034 719">Resistencia promedio</td> <td data-bbox="1040 692 1129 719">400kg / cm<sup>2</sup></td> <td data-bbox="1136 692 1225 719">400kg / cm<sup>2</sup></td> <td data-bbox="1232 692 1321 719">400kg / cm<sup>2</sup></td> <td data-bbox="1327 692 1374 719">400kg / cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td data-bbox="842 725 1034 752">Unidades por m<sup>2</sup></td> <td data-bbox="1040 725 1129 752">38</td> <td data-bbox="1136 725 1225 752">38</td> <td data-bbox="1232 725 1321 752">38</td> <td data-bbox="1327 725 1374 752">38</td> </tr> <tr> <td data-bbox="842 759 1034 786">Peso aproximado por unidad (kg)</td> <td data-bbox="1040 759 1129 786">8,83 kg</td> <td data-bbox="1136 759 1225 786">5,87 kg</td> <td data-bbox="1232 759 1321 786">1,91 kg</td> <td data-bbox="1327 759 1374 786">1,94 kg</td> </tr> </tbody> </table>				Descripción	Dimensiones				Largo	22,5 cm	14,8 cm	14,8 cm	14,8 cm	Ancho	22,5 cm	22,5 cm	14,8 cm	7,3 cm	Espesor	8 cm	8 cm	8 cm	8 cm	Resistencia promedio	400kg / cm <sup>2</sup>	Unidades por m <sup>2</sup>	38	38	38	38	Peso aproximado por unidad (kg)	8,83 kg	5,87 kg	1,91 kg	1,94 kg			
Descripción	Dimensiones																																							
Largo	22,5 cm	14,8 cm	14,8 cm	14,8 cm																																				
Ancho	22,5 cm	22,5 cm	14,8 cm	7,3 cm																																				
Espesor	8 cm	8 cm	8 cm	8 cm																																				
Resistencia promedio	400kg / cm <sup>2</sup>	400kg / cm <sup>2</sup>	400kg / cm <sup>2</sup>	400kg / cm <sup>2</sup>																																				
Unidades por m <sup>2</sup>	38	38	38	38																																				
Peso aproximado por unidad (kg)	8,83 kg	5,87 kg	1,91 kg	1,94 kg																																				
	Corona	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="842 808 1034 846">Descripción</th> <th data-bbox="1040 808 1374 846">Dimensiones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="842 853 1034 880">Largo</td> <td data-bbox="1040 853 1374 880">17,6 cm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="842 887 1034 913">Ancho</td> <td data-bbox="1040 887 1374 913">22,6 cm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="842 920 1034 947">Espesor</td> <td data-bbox="1040 920 1374 947">8 cm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="842 954 1034 981">Resistencia promedio</td> <td data-bbox="1040 954 1374 981">400kg / cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td data-bbox="842 987 1034 1014">Unidades por m<sup>2</sup></td> <td data-bbox="1040 987 1374 1014">37</td> </tr> <tr> <td data-bbox="842 1021 1034 1048">Peso aproximado por unidad (kg)</td> <td data-bbox="1040 1021 1374 1048">4,59 kg</td> </tr> </tbody> </table>				Descripción	Dimensiones	Largo	17,6 cm	Ancho	22,6 cm	Espesor	8 cm	Resistencia promedio	400kg / cm <sup>2</sup>	Unidades por m <sup>2</sup>	37	Peso aproximado por unidad (kg)	4,59 kg																					
Descripción	Dimensiones																																							
Largo	17,6 cm																																							
Ancho	22,6 cm																																							
Espesor	8 cm																																							
Resistencia promedio	400kg / cm <sup>2</sup>																																							
Unidades por m <sup>2</sup>	37																																							
Peso aproximado por unidad (kg)	4,59 kg																																							
	Andaluz	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="842 1151 1034 1189">Descripción</th> <th data-bbox="1040 1151 1374 1189">Dimensiones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="842 1196 1034 1223">Largo</td> <td data-bbox="1040 1196 1374 1223">20 cm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="842 1229 1034 1256">Ancho</td> <td data-bbox="1040 1229 1374 1256">20 cm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="842 1263 1034 1290">Espesor</td> <td data-bbox="1040 1263 1374 1290">6 / 8 cm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="842 1296 1034 1323">Resistencia promedio</td> <td data-bbox="1040 1296 1374 1323">400kg / cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td data-bbox="842 1330 1034 1357">Unidades por m<sup>2</sup></td> <td data-bbox="1040 1330 1374 1357">25</td> </tr> <tr> <td data-bbox="842 1364 1034 1391">Peso aproximado por unidad (kg)</td> <td data-bbox="1040 1364 1374 1391">5,2 / 6,9 kg</td> </tr> </tbody> </table>				Descripción	Dimensiones	Largo	20 cm	Ancho	20 cm	Espesor	6 / 8 cm	Resistencia promedio	400kg / cm <sup>2</sup>	Unidades por m <sup>2</sup>	25	Peso aproximado por unidad (kg)	5,2 / 6,9 kg																					
Descripción	Dimensiones																																							
Largo	20 cm																																							
Ancho	20 cm																																							
Espesor	6 / 8 cm																																							
Resistencia promedio	400kg / cm <sup>2</sup>																																							
Unidades por m <sup>2</sup>	25																																							
Peso aproximado por unidad (kg)	5,2 / 6,9 kg																																							
	Roma	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="842 1413 1034 1451">Descripción</th> <th data-bbox="1040 1413 1374 1451">Dimensiones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="842 1458 1034 1485">Largo</td> <td data-bbox="1040 1458 1374 1485">15 cm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="842 1491 1034 1518">Ancho</td> <td data-bbox="1040 1491 1374 1518">15 cm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="842 1525 1034 1552">Espesor</td> <td data-bbox="1040 1525 1374 1552">6 cm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="842 1559 1034 1585">Resistencia promedio</td> <td data-bbox="1040 1559 1374 1585">400kg / cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td data-bbox="842 1592 1034 1619">Unidades por m<sup>2</sup></td> <td data-bbox="1040 1592 1374 1619">45</td> </tr> <tr> <td data-bbox="842 1626 1034 1653">Peso aproximado por unidad (kg)</td> <td data-bbox="1040 1626 1374 1653">2,86 kg</td> </tr> </tbody> </table>				Descripción	Dimensiones	Largo	15 cm	Ancho	15 cm	Espesor	6 cm	Resistencia promedio	400kg / cm <sup>2</sup>	Unidades por m <sup>2</sup>	45	Peso aproximado por unidad (kg)	2,86 kg																					
Descripción	Dimensiones																																							
Largo	15 cm																																							
Ancho	15 cm																																							
Espesor	6 cm																																							
Resistencia promedio	400kg / cm <sup>2</sup>																																							
Unidades por m <sup>2</sup>	45																																							
Peso aproximado por unidad (kg)	2,86 kg																																							



Tradicional

Descripción	Dimensiones
Largo	20 cm
Ancho	10 cm
Espesor	6 / 8 cm
Resistencia promedio	400kg / cm <sup>2</sup>
Unidades por m <sup>2</sup>	50
Peso aproximado por unidad (kg)	2,6 / 4,5 kg



Continental

Descripción	Dimensiones
Largo	22,7 cm
Ancho	13,7 cm
Espesor	6 cm
Resistencia promedio	400kg / cm <sup>2</sup>
Unidades por m <sup>2</sup>	36
Peso aproximado por unidad (kg)	3,4 kg



Azteca

Descripción	Dimensiones
Largo	23,8 cm
Ancho	21,8 cm
Espesor	8 cm
Resistencia promedio	400kg / cm <sup>2</sup>
Unidades por m <sup>2</sup>	21
Peso aproximado por unidad (kg)	7,8 kg



Centauro

Descripción	Dimensiones
Largo	19,14 cm
Ancho	17,79 cm
Espesor	6 cm
Resistencia promedio	400kg / cm <sup>2</sup>
Unidades por m <sup>2</sup>	44
Peso aproximado por unidad (kg)	2,8 kg

Nota. Adaptado de (48)

Los **pavimentos articulados** son sistemas de construcción conformados por capas de adoquines dispuestas, aseguradas y montadas sobre una base de arena que se asienta sobre una superficie previamente preparada para cumplir con los requisitos de soporte y las condiciones específicas necesarias (50).

**Figura 15:** Pavimentos Articulados



Fuente: Adaptado de (48)

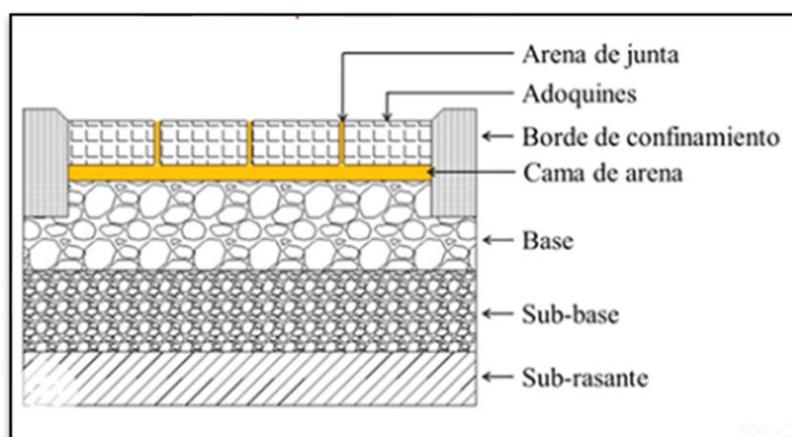
Es importante destacar que la arena utilizada para rellenar las juntas entre los adoquines debe ser de origen aluvial, no estar triturada y estar libre de resinas, materia orgánica y otras impurezas.

La **calidad de los adoquines** es esencial, y estos deben contar con un certificado emitido por el fabricante que garantice su conformidad con los estándares establecidos por las normativas correspondientes.

En cuanto a los materiales fundamentales para la producción de adoquines de concreto, se deben cumplir criterios específicos, como los establecidos en la norma NTP 334.009, 334.082 y 334.090 para el cemento, NTP 400.037 para los agregados y NTP 339.088 para el agua de mezcla.

La **estructura de un pavimento** adoquinado se compone de múltiples estratos, cada uno con un propósito particular que contribuye a garantizar la estabilidad y la durabilidad del pavimento (49). Este esquema se presenta de manera esquemática para una comprensión más clara de su funcionamiento.

**Figura 16:** Estructura de un pavimento adoquinado



Fuente: Adaptado de (50)

Las **normativas** que rigen los adoquines de concreto los clasifican en tres tipos distintos:

El **Tipo I**, se reserva principalmente para áreas de uso peatonal, especialmente en espacios públicos con un alto flujo de transeúntes. En situaciones específicas, también puede permitir el paso de motocicletas, bicicletas y cochecitos. Su aplicabilidad varía desde lugares con un tráfico peatonal ligero hasta aquellos con una gran afluencia de personas, como los distritos comerciales, centros educativos, áreas recreativas, mercados y lugares cercanos a carreteras (48).

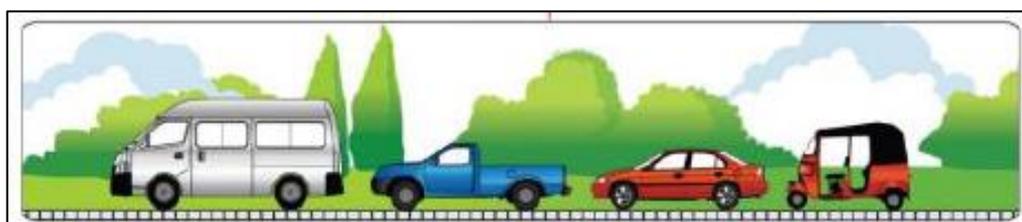
**Figura 17:** Tránsito Peatonal ligero y vehículos de 2 ruedas



Fuente: Adaptado de (49)

El **Tipo II**, en cambio, está diseñado para situaciones de tráfico liviano, como calles con un flujo vehicular reducido. Es apropiado para espacios como garajes, estacionamientos, carriles para bicicletas y otros lugares por donde circulan vehículos ligeros (48).

**Figura 18:** Tránsito vehicular ligero.

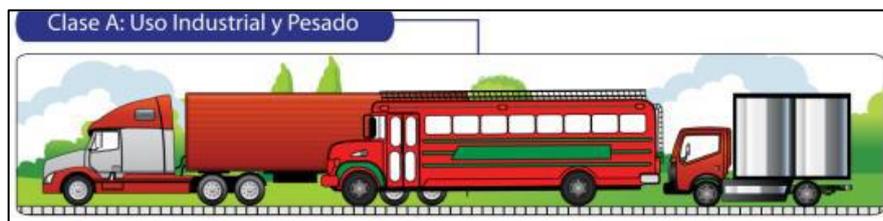


Fuente: Adaptado de (49)

Finalmente, el **Tipo III** se ha concebido especialmente para aplicaciones industriales y áreas con un tráfico intenso. Está destinado a lugares que experimentan cargas de tránsito pesado, como puertos, aeropuertos, patios de

maniobras en entornos industriales, terminales de autobuses, así como en calles o avenidas principales (48).

**Figura 19:** Tránsito vehicular pesado.



Fuente: Adaptado de (49)

Para asegurar que un adoquín cumpla con las condiciones físicas requeridas según la normativa NTP, es esencial considerar los siguientes criterios: Los bloques deben ser fabricados conforme a las directrices establecidas en las normativas NTP 399.604 y NTP 399.611. Cada bloque debe tener dimensiones de 20 cm de longitud, 10 cm de ancho y 6 cm de alto, diseñadas para áreas con tráfico liviano, lo que incluye tanto el paso de peatones como de vehículos (48).

La resistencia debe determinarse de acuerdo con las especificaciones de la NTP 399.611 para bloques de concreto, estableciendo un valor mínimo de 380 kg/cm<sup>2</sup> como resistencia requerida para la utilización de los bloques en zonas con tráfico liviano y peatonal (Tipo II).

**Tabla 4.** Capacidad de soporte ante compresión en función del espesor nominal.

TIPO	ESPESOR	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA INDIVIDUAL (kg/cm <sup>2</sup> )
TIPO I	40mm	31 (320)	28 (290)
	60mm	31 (320)	28 (290)
TIPO II	<b>60mm</b>	41 (320)	<b>37 (380)</b>
	80mm	37 (320)	33 (340)
	100mm	35 (320)	32 (325)
TIPO III	80mm	55 (561)	50 (510)

Nota. Adaptado de NTP 399.611 (51)

**Tabla 5.** Tolerancia Dimensional.

TOLERANCIA DIMENSIONAL MAX (mm)		
Longitud	Ancho	Espesor
1.6	1.6	3.2

Nota. Adaptado de NTP 399.611 (51)

Los **requisitos complementarios** se basan en la Norma Técnica Peruana 399.611 (51), que establece los estándares que deben cumplir los adoquines de concretos fabricados para la construcción de pavimentos. Esta norma es aplicable a todos los adoquines de concreto utilizados en pavimentos, ya sea para áreas peatonales, zonas de tráfico vehicular, entornos industriales o espacios de almacenamiento de contenedores.

**Tabla 6.** Absorción Max.

ABSORCION MAX		
TIPO DE ADOQUIN	PROMEDIO DE 3 UNIDADES	UNIDAD INDIVIDUAL
I y II	6	7.5
III	5	7

Nota. Adaptado de NTP 399.611 (51)

La NTP 399.625, hace referencia al ensayo de abrasión, la cual sostiene que la pérdida del espesor no debe ser máximo a 3mm o 15000 mm<sup>3</sup>/500 mm<sup>2</sup>.

**Tabla 7.** Resistencia a la abrasión..

TIPO DE ADOQUIN	mm <sup>3</sup> / mm <sup>2</sup>
I , II y III	15000 mm <sup>3</sup> /500 mm <sup>2</sup> >

Nota. Adaptado de NTP 399.611 (51)

El **proceso de fabricación de adoquines de concreto**, está conformado por varias etapas, las cuales son:

En primer lugar, encontramos la fase de **dosificación**, que hace referencia a la relación predefinida entre los componentes, como los agregados, el cemento y el agua, que conforman la mezcla esencial para la creación de los adoquines. Durante este proceso, se lleva a cabo un análisis minucioso para determinar la cantidad óptima de cada componente que se utilizará en el concreto destinado a la pavimentación (52) . El objetivo principal de esta etapa es lograr una fórmula

rentable que cumpla con los criterios mecánicos establecidos en la Norma Técnica Peruana 399.611.

**Figura 20:** Elementos que conforman la dosificación



**Fuente:** Adaptado de la guía de instalaciones de adoquines de concreto (53)

En la siguiente fase, nos adentramos en el **proceso de mezclado**, el cual se divide en dos métodos: el mezclado manual y el mezclado con herramientas. El **mezclado manual** implica la determinación precisa de la proporción adecuada de los componentes disponibles y su disposición en el área designada para su combinación. En una primera etapa, se disponen de manera continua la arena, el agregado grueso, el cemento y otros elementos de manera ordenada para lograr una mezcla adecuada. Durante el proceso de secado, en la región de Puno, se utiliza una herramienta manual que permite mezclar dos veces. Después de realizar el mezclado manual, se agrega agua en el centro de la mezcla y se cubre con objetos a ambos lados. De esta manera, todos los elementos se incorporan de manera uniforme. Este proceso debe repetirse al menos en tres ocasiones para asegurar una mezcla homogénea (52).

Por otra parte, tenemos el proceso de **mezclado realizado con maquinaria mecánica**, el cual implica el uso de una mezcladora de alta velocidad. Antes de llevar a cabo esta etapa, se inicia con un proceso de amasado en seco en el que se colocan tanto el agregado como el cemento en el tambor de la mezcladora, posterior completado este paso, se agrega agua al tambor y se procede a realizar un amasado que suele durar entre 3 y 6 minutos (54). En situaciones donde el agregado tenga una notable capacidad de absorción, se introduce aproximadamente dos tercios ( $2/3$ ) de la cantidad total de agua requerida en la mezcla antes de incorporar el cemento (8).

**Figura 21:** Tipos de mezclado



**Fuente:** Adaptado de la guía de instalaciones de adoquines de concreto (53)

La tercera fase del proceso es el **moldeado**, que implica tomar la mezcla preparada y colocarla en un molde dispuesto sobre una superficie plana que vibra, este llenado se lleva a cabo de manera gradual, capa por capa, utilizando una varilla para asegurar la homogeneidad de la mezcla. Además, durante este proceso, se aplica vibración hasta que se forme una película de agua en la parte superior. Finalmente, el molde de adoquín se retira y el producto se traslada al área de instalación (8).

**Figura 22:** Moldeado de adoquines



**Fuente:** Adaptado de la guía de instalaciones de adoquines de concreto (53)

En la cuarta fase, nos encontramos con el proceso de fraguado, que hace referencia al tiempo necesario para que la instalación se complete, este periodo puede variar entre 4 y 8 horas, aunque se recomienda dejar reposar el pavimento durante un período más extenso, generalmente 24 horas abarcando un día completo (55). Se aconseja exponer los adoquines directamente a la luz solar o al viento durante este tiempo. Esta precaución se toma con el fin de permitir que el agua presente en la mezcla se evapore gradualmente (proceso de secado inicial), lo que contribuye a aumentar la resistencia definitiva de los adoquines (53).

**Figura 23:** Fraguado de adoquines



Fuente: Adaptado del manual para fabricación (56).

En la quinta etapa, nos adentramos en el **proceso de curado**, que implica mantener la superficie del pavimento constantemente húmeda para asegurar que la reacción química del cemento continúe avanzando hasta alcanzar los niveles de calidad y durabilidad requeridos (57). En este contexto, el curado de las superficies de concreto es un factor crítico, por tal razón se recomienda apilar los adoquines en grupos de no más de cuatro unidades por pila, dejando un pequeño espacio de al menos dos centímetros entre cada uno (58). Esto facilita que los lados de los adoquines mantengan la humedad y permite una circulación adecuada del aire. Además, para lograr una consolidación adecuada del sustrato, es esencial regar los adoquines diariamente durante la primera semana de endurecimiento y asegurarse de mantenerlos húmedos al menos en tres ocasiones (59).

**Figura 24:** Curado de adoquines de concreto



Fuente: Adaptado del manual para fabricación (56).

En la sexta etapa, abordamos el proceso de **secado y almacenamiento**, lo cual implica disponer de un espacio adecuado para almacenar las placas durante un período de 2 semanas, permitiendo que los bloques se sequen gradualmente

después de completar el proceso de curado. Además, es esencial garantizar que el área designada esté completamente cubierta para proteger los adoquines de la humedad causada por la lluvia durante todo el período de 28 días requerido para su curado (54).

**Figura 25:** Secado de adoquines

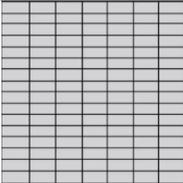


Fuente: Adaptado de la guía de instalaciones de adoquines de concreto (53)

Además, es importante destacar que el **proceso de instalación de adoquines** de concreto se rige por un patrón de alineación predefinido y una ubicación específica. Los adoquines se colocan uno al lado del otro, y la orientación se determina en relación con la línea central de la calle. Esta orientación debe especificarse antes de comenzar la construcción (53).

En lo que respecta a los patrones de instalación en áreas de tránsito peatonal, disponemos de una diversidad de formas para disponer estos adoquines, las cuales se detallan a continuación:

Tabla 8. *Formas de colocación de adoquines*

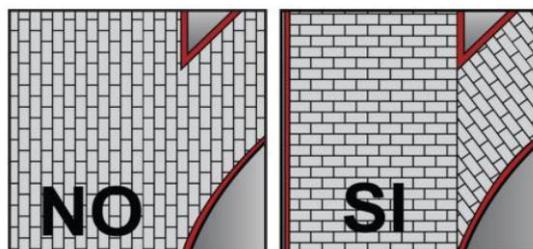
FORMA	IMAGEN
HILADAS	
HILERAS	



Nota. Adaptado de la guía de instalaciones de adoquines de concreto (53)

En relación al patrón conocido como "hiladas", este implica el uso de **adoquines rectangulares** dispuestos de manera consecutiva uno al lado del otro, estos deben estar orientados horizontalmente en relación a la vía y cuando se aproximan a curvas o esquinas, el operario debe ajustar su posición utilizando cuidadosamente las piezas de forma adecuada (53). Se debe mencionar que este patrón de disposición se recomienda especialmente en áreas de alto tráfico, donde no se esperan movimientos bruscos (6).

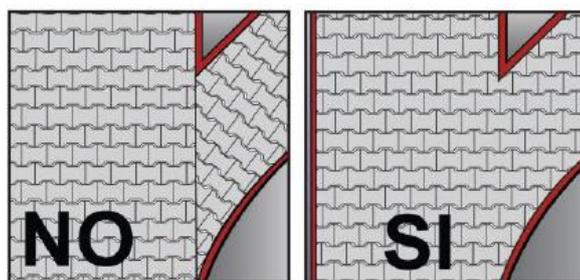
**Figura 26:** Patrón de hilada de adoquín



Fuente: Adaptado de la guía de instalaciones de adoquines de concreto (53)

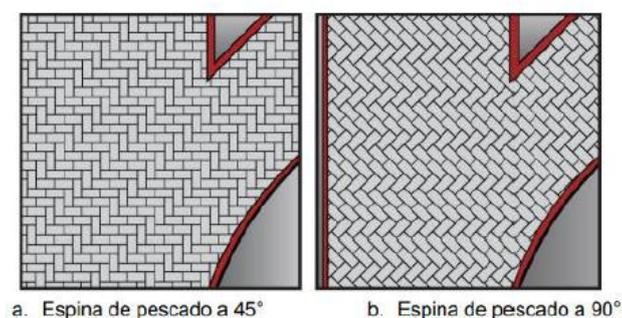
De igual manera, el patrón de disposición en hiladas para **adoquines de formas no rectangulares** implica que estos deben estar colocados de forma perpendicular al eje de la vía, sin importar las variaciones en la alineación de la carretera, ya sean curvas o esquinas (45).

**Figura 27:** Patrón en hiladas de adoquines no rectangulares



Fuente: Adaptado de la guía de instalaciones de adoquines de concreto (53)  
 Del mismo modo, el patrón de disposición en forma de "espina de pescado" implica que los adoquines deben ser colocados de manera consecutiva en un ángulo de entre 45 y 90 grados, formando una especie de zigzag (45).

**Figura 28:** Patrón espina de pescado



Fuente: Adaptado de la guía de instalaciones de adoquines de concreto (53)

En cuanto a la **instalación de adoquines de concreto**, consta de varias etapas esenciales. En primer lugar, se encuentra la construcción de la base y la subbase. Esto significa que es fundamental contar con una capa de base, ya que esta proporciona una mayor capacidad de soporte al pavimento. En caso de contar con una subrasante natural, es importante nivelarla siguiendo las pendientes establecidas por el diseño geométrico de la carretera para asegurar un adecuado drenaje. Luego, se aplica la capa de base con un espesor uniforme (53). Es crucial eliminar cualquier material acumulado en las excavaciones y rellenar las depresiones o áreas vacías con un material de calidad similar o superior al utilizado en la subrasante.

**Figura 29:** Se observa los trabajos realizados para subrasante



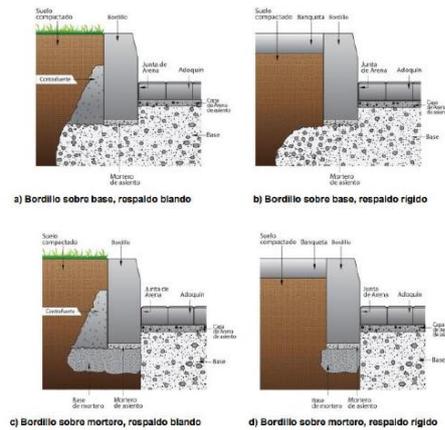
Nota: (a) Compactado y nivelado con equipo de maquinaria pesada para la conformación de la base en la ciudad de puerto Maldonado, (b) Compactado y nivelado con mano de obra para la conformación de la base en la ciudad de Puno (9).

Es importante destacar que la estructura base se compone de estratos de espesor uniforme que se extienden a lo largo de toda la superficie del terreno. Antes de proceder con la capa subsiguiente, es esencial que la capa previa haya sido completamente compactada. El espesor de cada una de estas capas se determina en función de la capacidad de compactación del equipo disponible. Dado que la compactación de una cantidad específica de material base puede reducir su espesor, se hace necesario aplicar una cantidad mayor de material suelto para garantizar que, al llevar a cabo la compactación, se alcance el espesor requerido según el diseño (8).

Para prevenir que la capa de asiento penetre entre estos estratos, es fundamental que la superficie sea lo más uniforme posible, sin presentar huecos. En caso de áreas más resistentes, es posible utilizar una pequeña cantidad de arena o cemento de suelo, pero es crucial compactar estos rellenos antes de aplicar la capa de asiento de arena (60).

El confinamiento es un elemento de gran importancia debido a su capacidad de compactación que abarca todo el sistema, siendo un aspecto crucial en el pavimento adoquinado, ya que ayuda a prevenir el deterioro de la capa superficial interconectada de la vía (54).

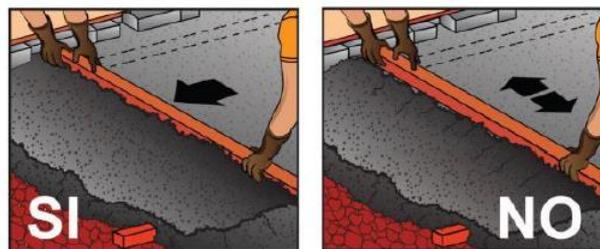
**Figura 30:** Se observa el confinamiento de adoquín de concreto



Fuente: Adaptado de la guía de instalaciones de adoquines de concreto (53)

En la segunda parte procedemos a **construir la cama de arena de asiento** que contiene aproximadamente un 5% de humedad. La arena se distribuye uniformemente de manera suelta utilizando tres reglas, ya sean de madera o aluminio. Dos de estas reglas funcionan como puntos de referencia, mientras que la tercera se emplea para nivelar la superficie de la arena. Para abarcar toda la amplitud de la carretera, las reglas de referencia se colocan de forma paralela al centro y a un lado de la vía, sobre la superficie nivelada y compacta de la base. Dejamos suficiente espacio entre ellas para permitir la dispersión uniforme de la arena suelta y su adecuado asentamiento. Dos personas, ubicadas fuera de las reglas de referencia, manipulan la regla de nivelación, pasándola una o dos veces sin realizar movimientos en zigzag (54).

**Figura 31:** Nivelación de cama de arena de asiento



Fuente: Adaptado de la guía de instalaciones de adoquines de concreto (53)

En la tercera etapa, nos enfocamos en lograr la uniformidad de las superficies de la arena triturada, donde se debe encontrar completamente uniforme y sin cavidades ni marcas notables. En caso de que la superficie haya sido perturbada o compactada antes de la instalación de los cimientos, es necesario eliminar la zona

afectada utilizando un cepillo de jardín u otra herramienta adecuada, y luego nivelarla con una regla pequeña o una esponja (53).

Además, cualquier espacio vacío debe ser rellenado con arena suelta y nivelado utilizando una esponja o un pequeño rodillo, con el fin de evitar que las huellas dejadas por las vigas o cualquier otro elemento no dañen la superficie ya finalizada (53).

**Figura 32:** Uniformidad de la superficie donde se situará el adoquín



Fuente: Adaptado de recomendaciones de uso y colocación de adoquín cerámico (54)

**Figura 33:** Uniformidad de la superficie de la cama de arena de asiento



Fuente: Adaptado de la guía de instalaciones de adoquines de concreto (53)

Además, es fundamental destacar que, en el proceso de colocación de los adoquines, se requiere una compactación adecuada de la capa de arena sobre la cual se asentarán. La efectividad de esta compactación dependerá de las propiedades específicas del espesor de la arena y de su contenido de humedad. Para establecer esta nivelación, es crucial realizar una prueba preliminar en una

sección designada.

En la cuarta fase, abordamos la **saturación de la arena**, donde se describe que no es apropiado instalar la arena durante condiciones lluviosas, si la arena llega a saturarse debe ser retirada y llevada a un área de almacenamiento donde se mezclará con arena seca antes de su reubicación, así mismo si la saturación ocurre después de su disposición, se debe eliminar y sustituir por material con un nivel de humedad similar al utilizado en las pruebas de asentamiento. La capa de arena de asiento también puede mantenerse en su lugar hasta que se seque hasta alcanzar la consistencia deseada (8).

En el quinto aspecto, se lleva a cabo un **tramo de prueba** que implica la creación de una sección preliminar de unos 2 o 3 metros con el fin de preservar el diseño y la disposición planeada. Esto proporciona al constructor la oportunidad de ajustar la alineación y verificar nuevamente la secuencia de colocación del patrón (8).

En la sexta parte, se **verifica el confinamiento lateral** antes de iniciar la instalación de los adoquines, lo cual es esencial asegurar que los límites laterales cumplan con los requisitos mencionados en la sección 6.3. En la mayoría de los casos, es posible que los límites laterales no estén perfectamente alineados a 90 grados con el patrón de colocación, por lo que se utilizan hilos como referencia. Estos hilos se emplean para verificar nuevamente la alineación. Para comenzar, se coloca un primer hilo cerca de la esquina del límite y se utiliza como guía para alinear la primera hilera de adoquines. Luego, se coloca un segundo hilo en un ángulo de 90 grados respecto al primero, asegurando así que se conserve el patrón de colocación. Si es necesario, se pueden utilizar inclinaciones y recortes para rellenar el espacio entre la primera línea de hilo y el límite del borde.

En la séptima parte, abordamos la **secuencia de colocación**, lo que significa que para avanzar más allá de las líneas de referencia y las áreas donde se han colocado materiales, los trabajadores encargados de la instalación deben trazar caminos sobre las líneas ya establecidas, pero aún no compactadas. Estos caminos pueden crearse colocando tablas de madera sobre las superficies que ya han sido instaladas. Esto permite que los trabajadores transiten por las áreas destinadas al transporte de materiales sin comprometer la integridad de las superficies antes de

que sean compactadas (53).

**Figura 34:** Colocación de los tramos del pavimento con adoquín



Fuente: Adaptado de la guía de instalaciones de adoquines de concreto (53)

En la octava parte, nos ocupamos de las **juntas** para garantizar el funcionamiento adecuado del pavimento, las uniones entre cada elemento deben ser lo más ajustadas posible. Cada adoquín se toma manualmente y se coloca con precisión en su posición deseada, evitando que queden en posición vertical. Después de ajustar cada adoquín junto a sus vecinos, se desliza y se presiona hacia abajo una vez que se encuentra en la cama de arena. Este método se conoce comúnmente como "herramienta y liberación", lo que significa colocar los adoquines en la parte superior sin dejar uniones abiertas a propósito. Esto se hace para asegurar que las juntas entre los adoquines tengan un ancho promedio de entre 2 mm y 3,5 mm.

**Figura 35:** Colocación de los tramos del pavimento con adoquín



Fuente: Adaptado de Malpesa (54)

En la novena etapa, consideramos los **ajustes necesarios** para la instalación de un adoquín. Esto significa que la posición del patrón de colocación en relación con los límites más largos del área a pavimentar determina la cantidad de cortes que serán necesarios para completar el pavimento. Por lo tanto, la elección del patrón de colocación, su orientación y posición pueden influir en la reducción del número

de cortes requeridos y mejorar el rendimiento general del proceso de instalación.

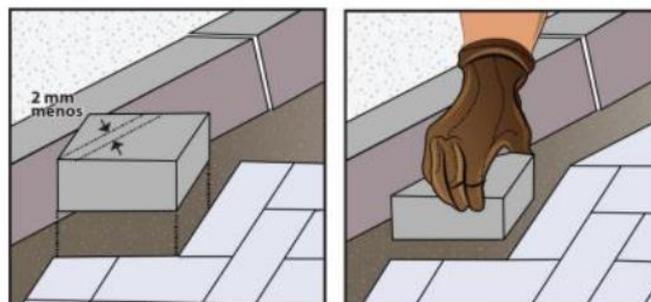
**Figura 36:** Ajuste de la instalación de adoquines



**Fuente:** Adaptado de recomendaciones de uso y colocación de adoquín cerámico (54)

En décima instancia abordamos el proceso de **corte diamantado**, que en esencia se debe verificar que su longitud sea 2 mm menor que la medida requerida, lo que garantiza un ajuste preciso y un espacio de juego de 2 mm.

**Figura 37:** Corte con diamantinado



Fuente: Adaptado del instituto del cemento y del concreto de Guatemala (53)

En la undécima etapa, nos enfocamos en la **compactación inicial** que implica realizar al menos dos pasadas con el equipo de compactación en diversas direcciones, cubriendo toda el área del pavimento primero en una dirección y luego en la dirección opuesta. Es fundamental tener en cuenta la secuencia de movimiento con respecto al paso anterior para evitar cualquier posible inclinación no deseada. Esta fase se considera el inicio de la compactación inicial.

En la duodécima etapa, se llevan a cabo varias funciones. En primer lugar, se realiza el **corte de la capa de adoquines** para corregir cualquier irregularidad de

grosor que haya podido ocurrir durante la instalación. En segundo lugar, se inicia la **compactación de la cama de arena** de asiento de los adoquines. Por último, se comienza a llenar parcialmente las juntas desde el suelo de arena de asiento hacia arriba, asegurando así la estabilidad de las inclinaciones durante el proceso.

**Figura 38:** Ajuste de adoquín



**Fuente:** Adaptado del instituto del cemento y del concreto de Guatemala (53)

En la penúltima etapa, nos ocupamos de la **colocación de arena** de sello en las juntas, implica espaciar una capa delgada de arena sobre las superficies, sin cubrirlas completamente. Luego, se realiza un lavado repetido utilizando cepillos robustos o cepillos con cerdas largas para penetrar en las juntas. Este proceso de lavado se lleva a cabo antes o durante cada paso del compactador vibrante, así como al concluir la tarea, con el objetivo de asegurar la completa saturación de las juntas (53).

**Figura 39:** Ajuste de adoquín



Fuente: Adaptado de recomendaciones de uso y colocación de adoquín cerámico

(54)

**Figura 40:** Sellado de juntas



Fuente: Adaptado del instituto del cemento y del concreto de Guatemala (53)

Finalmente, en la última etapa abordamos la **colocación de arena de sello en las juntas**, en este punto, es importante tener en cuenta que la firmeza de la calzada de hormigón depende en gran medida de la compactación final. Además, es esencial reconocer que el tráfico posterior sobre la calzada continuará compactando y ajustando tanto la calzada de hormigón como el relleno de arena en las juntas (53).

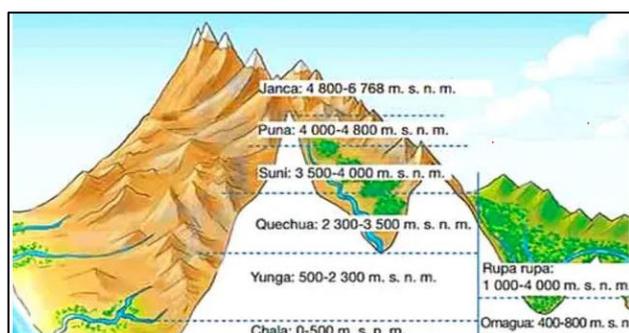
**Figura 41:** Compactación final



Fuente: Adaptado del instituto del cemento y del concreto de Guatemala (53)

En cuanto a las **zonas geográficas del Perú**, se dividen en 8, están son: Chala o costa, yunga, quechua, suni, puna, janca o cordillera, selva alta y selva baja. Dentro de estas áreas se manifiesta una variedad de condiciones climáticas y microclimas que abarcan desde el ambiente árido y cálido de la costa, pasando por los valles interandinos de temperaturas templadas, frías y glaciales, hasta los climas cálidos y lluviosos propios de la selva. SENAMHI (4).

**Figura 42:** Las 8 regiones del geográficas del Perú



**Fuente:** Adaptado de (61)

La **región de Suni** está situada a altitudes que oscilan entre los 3,400 y 3,800 metros sobre el nivel del mar. Esta zona se extiende a lo largo de las laderas de los valles interandinos, su clima es de temperatura fría con poca presencia de humedad, llegando a ocasionar heladas intensas, con niveles de precipitación que varían desde 600 hasta más de 1,200 mm en diferentes años.

En la tabla siguiente se describe como está constituido la región de puno según las zonas geográficas.

**Tabla 9.** Zonas geográficas de las provincias de la región Puno.

Provincias	Altitud (msnm)	Región
Puno	3848	Suni
Azángaro	3865	Suni
Chucuito	3868	Suni
El Collao	3862	Suni
Huancané	3848	Suni
Lampa	3873	Suni
Melgar	3918	Suni
Moho	3889	Suni
San Antonio De Putína	3861	Suni
San Román	3832	Suni
Yunguyo	3839	Suni
Carabaya	4315	Janka
Sandia	2179	Yunga Fluvial

Nota. Adaptado de SENAMHI (4).

La **temperatura ambiente**, hace referencia a la temperatura promedio en el entorno o lugar sin intervenciones especiales de calefacción o refrigeración, esta temperatura puede variar según la ubicación geográfica, la estación del año y las condiciones climáticas.

Por otra parte, la **temperatura media anual**, hace referencia al promedio de las temperaturas registradas durante todo un año en un lugar específico, en resumen, este dato proporciona una idea general de las condiciones climáticas típicas durante todo el año.

Cabe recalcar que la región de Puno experimenta una temperatura media anual que varía en el rango de 7°C a 12°C, mientras la temperatura máxima que experimenta se sitúa por encima de los 20°C y temperatura mínima fluctúa entre -1°C y -16°C.

Con respecto a **la helada**, esto se refiere cuando la temperatura del aire cae a 0°C o valores aún más bajos, estos descensos se observan principalmente durante las horas nocturnas y en la madrugada, además el indicador meteorológico utilizado para rastrear estas situaciones es la Temperatura Mínima SENAMHI (4).

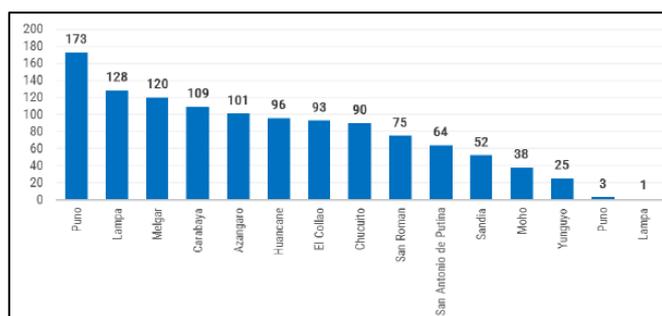
**Figura 43:** Efecto de la helada.



Nota: (a) Descensos de temperatura ambiente en la madrugada (62), (b) Descensos de temperatura ambiente de noche (63)

En el marco de la investigación, resulta crucial centrarse en el efecto de heladas en el departamento de Puno, según (SENAMHI, 2010) afirma que este efecto, se ocasiona en zonas de mayores altitudes y con presencia de glaciares. Además, INDECI, declara, que durante los años 2003 a 2022 se presentaron 1168 eventos de heladas, las provincias más afectadas durante este periodo en la región de Puno se muestra en la siguiente Figura.

**Figura 44:** Registro de emergencias por heladas según provincias (2003-2022)



**Fuente:** Adaptado de (64)

En cuanto a los **escenarios de riesgo por heladas en Región de Puno**, hace referencia a dos estudios, primero al análisis de diferentes modelos de susceptibilidad a heladas y el otro al análisis de elementos expuestos. Mediante el cual se definió probalísticamente los niveles de riesgo en los diferentes distritos que conforman la región de Puno, con el objetivo que GORE de Puno intervenga, teniendo como beneficiarios a las áreas de educación, salud y pecuario.

Así mismo, el resultado del modelamiento, permitió clasificar los niveles de riesgo por heladas en 4 categorías: en muy alto, alto, medio y bajo. En la siguiente tabla se observa esta clasificación por niveles.

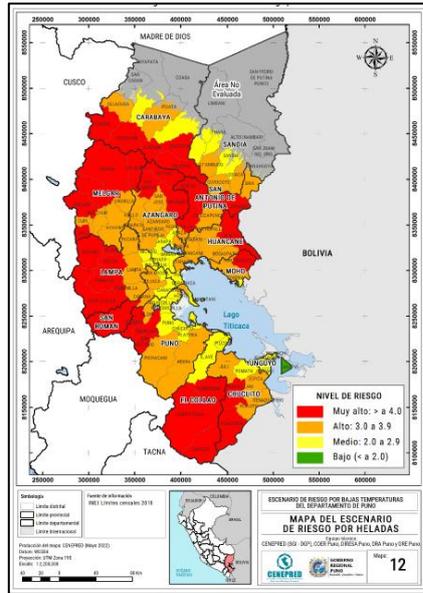
**Tabla 10.** Niveles de riesgo por heladas en los distritos de Puno

Nivel de Riesgo	Rango	Color de Identificación
Muy Alto	> 4	Rojo
Alto	3 - 3.9	Mostaza
Medio	2 - 2.9	Amarillo
Bajo	< 2	Verde

Nota. Adaptado de (64)

Además, el resultado se llegó a esquematizar mediante un plano cartográfico, con el propósito de conocer el nivel de riesgo por helada que ocasiona en los territorios de la región de Puno. Asimismo, se cuantificó en una tabla los elementos de infraestructuras en general (Viviendas, Centros educativos y centros de Salud) expuestas a heladas por distrito.

**Figura 45:** Plano cartográfico de niveles de riesgo en los distritos de Puno



Fuente: Adaptado de (64)

**Tabla 11.** Cantidad de distritos y infraestructuras expuesto a diferentes niveles de riesgo de helada en las provincias de Puno.

PROVINCIAS	NIVEL MUY ALTO		NIVEL ALTO		NIVEL MEDIO		NIVEL BAJO	
	DTTOS.	EDIFS.	DTTOS.	EDIFS.	DTTOS.	EDIFS.	DTTOS.	EDIFS.
AZÁNGARO	3	6118	7	21773	5	10141	-	-
CARABAYA	5	10843	2	5323	2	6355	-	-
CHUCUITO	2	6158	4	25098	1	5248	-	-
EL COLLAO	-	-	-	-	2	22438	-	-
HUANCANE	1	1442	6	20084	1	1999	-	-
LAMPA	5	5561	3	8586	2	1450	-	-
MELGAR	5	9832	4	11521	-	-	-	-
MOHO	1	1055	2	6926	1	1176	-	-
PUNO	3	3652	4	16385	8	51698	-	-
SAN ANTONIO DE PUTINA	2	9050	3	3446	-	-	-	-
SAN ROMÁN	-	-	3	61008	2	18741	-	-
SANDIA	-	-	3	3959	3	6984	-	-
YUNGUYO	-	-	1	547	4	12840	2	870
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>53711</b>	<b>42</b>	<b>184656</b>	<b>31</b>	<b>139070</b>	<b>2</b>	<b>870</b>

Nota. Adaptado de (64)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### 3.3.1. Enfoque de investigación: Cuantitativo

El enfoque cuantitativo se caracteriza por su búsqueda de una explicación precisa de los fenómenos, haciendo uso de herramientas estadísticas, formulación de hipótesis y un proceso lógico y secuencial de pruebas. En este contexto, los indicadores se definen mediante unidades de medida que permiten su cuantificación, como señala Otero (65).

El estudio adopta un enfoque **cuantitativo**, ya que emplea procedimientos estadísticos para realizar pruebas de hipótesis, y cada uno de los parámetros analizados se puede medir de manera cuantitativa.

##### 3.3.2. Tipo de investigación: Básica

La investigación básica tiene como objetivo la búsqueda de nuevos conocimientos con la particularidad de mejorar investigaciones previamente realizadas para contribuir al avance científico (66).

En consecuencia, en relación al enfoque y propósito del proyecto de estudio, se categoriza como investigación de tipo **básico**. Esta clasificación permitirá una ampliación del entendimiento acerca del comportamiento de los adoquines de concreto que integran relave minero, evaluando su respuesta ante el efecto de la helada.

##### 3.3.3. Diseño de investigación: Experimental

El diseño experimental implica que los datos son recopilados bajo condiciones controladas por el investigador, donde las variables principales dependen de otras variables (2).

En este contexto, la presente investigación está enfocada en un diseño **experimental** que requiere realizar pruebas y ensayos haciendo variar los porcentajes de relave del concreto para su uso en pavimentos de adoquín sujetos a condiciones de heladas.

### **3.3.4. Método de investigación: hipotético - deductivo**

El método hipotético-deductivo se caracteriza por ser un enfoque lógico y estructurado empleado en la investigación científica para la formulación y posterior comprobación de hipótesis. Este enfoque se basa en la interacción entre la elaboración de suposiciones y la deducción de consecuencias experimentales que pueden ser sometidas a pruebas empíricas para su validación (66).

En consecuencia, el presente estudio se adhiere al método **hipotético-deductivo**, ya que implica la formulación de hipótesis y objetivos que serán sometidos a comprobación.

### **3.3.5. Nivel de investigación: Correlacional y explicativo**

Los niveles de investigación, que comprenden son, el nivel correlacional esto se enfoca a identificar relaciones estadísticas entre variables, por otro parte, tenemos el nivel explicativo, que busca comprender cómo una variable influye en otra con el propósito de establecer relaciones de causa y efecto. Estos dos enfoques son esenciales en el proceso de investigación y contribuyen a la investigación en diversas disciplinas, según lo propuesto por Hernández, Fernández y Baptista (67)

De acuerdo con este marco, el presente estudio se cataloga como nivel **correlacional y explicativo**, Esto se fundamenta en la fabricación de adoquines que incorporan relaves para la construcción de pavimentos destinados a vehículos ligeros, específicamente adoquines de tipo II con adiciones de relave. Así también estos adoquines serán sometidos a pruebas de resistencia mecánica antes y después de su exposición a condiciones de heladas, lo que busca explicar cómo la incorporación de relaves afecta su comportamiento.

## **3.2. Variables y Operacionalización**

**Variable independiente 1:** Relave minero

**Definición Conceptual:** El relave minero en una operación minera a cielo abierto con chutes de lavadero se refiere a los desechos generados durante el proceso de extracción de minerales en una mina a cielo abierto. Los chutes de lavadero son estructuras utilizadas para separar los minerales valiosos del material no deseado o relave, posibilitando una gestión efectiva de los desechos producidos durante la

actividad minera (37).

**Definición Operacional:** La variable independiente queda definido a través de sus dimensiones que son: La dosificación, peso específico, granulometría y potencial hidrogeno.

**Variable independiente 2:** Helada

**Definición Conceptual:** El efecto de una helada puede variar dependiendo de diferentes factores, como la temperatura, la duración de la helada, Estos pueden tener efectos en diversos materiales, especialmente en aquellos que contienen agua o son sensibles a los cambios de temperatura. Algunos de los efectos comunes de las heladas en los materiales son el daño y deterioro en estructuras (68).

**Definición Operacional:** La variable independiente se encuentra definida a través de sus distintas dimensiones, las cuales incluyen la temperatura ambiente y el proceso de congelamiento y deshielo.

**Variable dependiente:** Resistencia mecánica de adoquines de concreto

**Definición Conceptual:** Se trata de un bloque de concreto que se fabrica en moldes con diversas dimensiones y formas, y se utiliza en la construcción de veredas, suelos, patios y pavimentos. En su proceso de fabricación, se emplea un material que generalmente consiste en una mezcla de agregado fino, cemento, arena y agua. Este proceso tiene como finalidad lograr una resistencia adecuada en los bloques resultantes (50).

**Definición Operacional:** La variable dependiente queda definido a través de sus dimensiones que son: La resistencia a la compresión y resistencia a la abrasión.

### Operacionalización de variables

**Tabla 12.** Matriz de Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores
V.I.1	D1: Dosificación	I1:0%, I2:10% I2: 25% I3: 50%

<b>Relave minero</b>	D2: Peso Especifico	I1:1100 kg/m3 I2:1500 kg/m3 I3:2000 kg/m3
	D3: Granulometría	I1: Grueso I2: Medio I3: Fino
	D4: Potencial Hidrogeno	I1:0-4 (Acido) I2:5-9 (Neutral) I3:10-14(Alcalino)
	T. Ambiente (SENAMHI)	I1: °C
<b>V.I.2 Helada</b>	T. Expuesto (Congelamiento y deshielo)	I1: -12°C
<b>V.D. Resistencia mecánica de adoquines de concreto</b>	D1: Resistencia a la compresión (NTP 399.611)	I1: 7 días I2: 14 días I3: 28 días
	D2: Resistencia ala abrasión (NTP 399.625)	I1: Máximo Desgaste (mm3/mm2)

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1. Población

La población se refiere a un conjunto que engloba la totalidad de los elementos que están sujetos a investigación. Este conjunto está compuesto por diversos entes, los cuales pueden ser individuos, pero no exclusivamente personas; también pueden abarcar grupos, días, negocios, y otras entidades similares (69).

En el contexto de este estudio, **la población** incluye todas las muestras de concreto patrón y los diferentes tipos de concreto dosificados con relave minero. El enfoque de la investigación se centra en la región de Puno, específicamente en la provincia de San Antonio de Putina, ubicada en el distrito de Ananea. Esto se debe a la extensión de material proveniente de la actividad minera en esa área.

#### 3.3.2. Muestra

Se refiere a un fragmento que actúa como representante de la población en su totalidad. Estas muestras se caracterizan por ser imparciales y reflejar de manera

precisa a la población en su conjunto, permitiendo que cada respuesta de las muestras pueda extrapolarse a todos los elementos presentes en la población (70).

El estudio utilizó una **muestra** compuesta por un total de 192 especímenes. Esta muestra se conformó con 48 muestras patrón, las cuales fueron sometidas a condiciones de temperatura ambiente y también a ciclos de congelamiento y deshielo. Asimismo 144 muestras de adoquines de concreto con dosificaciones de 10%, 25% y 50% durante un periodo de 7, 14 y 28 días para su análisis.

### 3.3.3. Muestreo

Se define que es un proceso fundamental en la investigación y la recopilación de datos. Se refiere a la selección de un subconjunto representativo de elementos, con el propósito de realizar estudios (70).

En el contexto de esta investigación, el muestreo es no probabilístico - intencional, esto refiere a que es un método de elección de una muestra en el que no se asigna una probabilidad conocida a los elementos de la población (2). En resumen, en vez de depender de una probabilidad matemática para decidir cómo estará compuesto la muestra, el muestreo no probabilístico es la elección de los elementos por criterios específicos y evaluaciones subjetivas del investigador.

Por lo tanto, el **muestreo** analizado que se llevará a cabo es realizar tres diferentes proporciones de mezclas con el propósito de analizar el comportamiento de relave minero en los adoquines de concreto sometidas a condiciones ambientales y ciclos de congelamiento y deshielo (Helada).

**Tabla 13.** Total, de adoquines TIPO II a fabricar.

RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	EDAD DEL CONCRETO	Patron		10%		25%		50%	
		PROTEGIDO	EXPUESTO	PROTEGIDO	EXPUESTO	PROTEGIDO	EXPUESTO	PROTEGIDO	EXPUESTO
	7	6	6	6	6	6	6	6	6
	14	6	6	6	6	6	6	6	6
	28	6	6	6	6	6	6	6	6
RESISTENCIA A LA ABRACION (mm)	28	6	6	6	6	6	6	6	6

<b>SUB TOTAL</b>	24	24	24	24	24	24	24	24
<b>TOTAL</b>	<b>192</b>							

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

#### 3.4.1. Técnicas

Las técnicas, en su sentido más amplio, constituyen un conjunto de métodos y reglas diseñados para dirigir un proceso específico y lograr un propósito general determinado. Estas pueden clasificarse en tres categorías: conceptuales, que establecen conceptos y enfoques; descriptivas, que detallan situaciones y condiciones; y cuantitativas, que involucran mediciones numéricas (Ñaupas et al, 2018)

Para este estudio, se empleará la observación directa como técnica principal para la recopilación de datos, en consonancia con la naturaleza del problema experimental.

#### 3.4.2. Instrumentos

Se refieren a las herramientas o recursos utilizados para adquirir los datos e información necesarios con el fin de analizarlos posteriormente y alcanzar los objetivos propuestos. Estos instrumentos pueden adoptar diversas formas dependiendo de las técnicas en las que se basan (71)

Por lo tanto, en el desarrollo de este estudio, se aplicarán las herramientas y recursos detallados en la tabla que sigue para la recopilación de datos a lo largo del proceso de investigación.

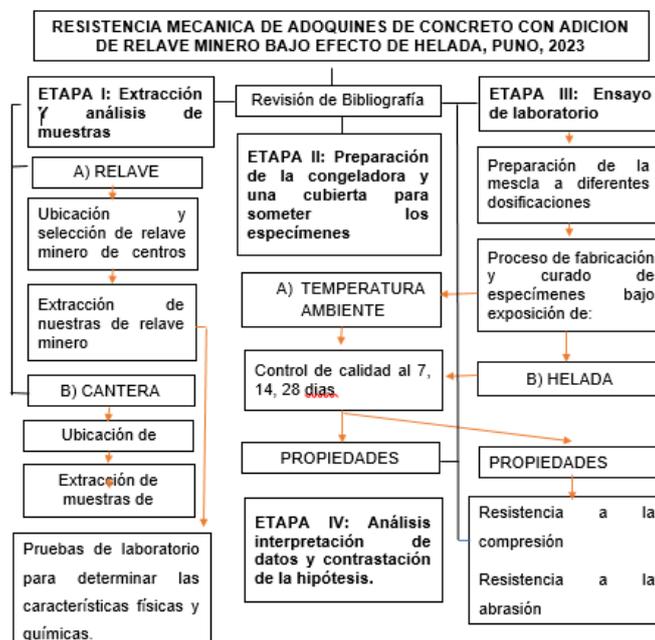
**Tabla 14.** Instrumentos empleados en la investigación

PROCEDIMIENTO	INSTRUMENTO
Evaluación de la zona	Ficha de observación
Extracción de muestras de relave minero	Llenado de la ficha de recolección
Análisis de las características del relave minero	Certificados de resultados
Preparación de la mezcla a diferentes dosificaciones	Ficha de laboratorio
Proceso de curado de adoquín	Ficha de

con adición de relave expuesto a temperatura ambiente	laboratorio
Proceso de curado de adoquín con adición de relave expuesto a congelamiento y deshielo	Ficha de laboratorio
Pruebas de resistencia a la compresión (NTP 399.611)	Ficha de laboratorio
Pruebas de resistencia a la abrasión (NTP 399.625)	Ficha de laboratorio

### 3.5. Procedimiento

**Figura 46:** Flujograma del Estudio



El desarrollo de la labor investigativa tiene lugar en el distrito de Ananea y la secuencia de trabajo comienza con la revisión exhaustiva de la literatura relacionada con el tema de estudio. La investigación se desglosa en cuatro etapas fundamentales, cada una de gran relevancia en el proceso., están son; Etapa I (Extracción y análisis de muestras), etapa II (Preparación de la congeladora y una cubierta para someter los especímenes), Etapa III (Ensayo de laboratorio) y etapa IV (Análisis interpretación de datos y contrastación de la hipótesis).

Por otra parte, se observa los ensayos que se realizarán en el proceso de la investigación, la cual se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 15.** Normas a utilizar en laboratorio.

<b>NORMAS DE LABORATORIO</b>		
<b>Ensayos</b>	<b>Norma</b>	<b>Proceso</b>
Unidades de Albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos	NTP-399.611.	El propósito de la NTP-399.611 es establecer los criterios y requisitos técnicos para los adoquines de concretos empleados en la construcción de pavimentos. Esta normativa proporciona directrices detalladas sobre el diseño, producción y control de calidad de los adoquines, con el fin de garantizar su rendimiento y durabilidad adecuados en aplicaciones viales. En resumen, la NTP-399.611 busca asegurar la calidad y fiabilidad de los adoquines de concreto utilizados en la pavimentación.
Técnicas de Muestreo y Evaluación de Elementos de Albañilería de Hormigón	NTP 399.604	Esta Norma Técnica Peruana establece la metodología a utilizar en la etapa de toma de muestras y realización de pruebas en componentes de albañilería elaborados con concreto. El propósito es obtener datos relacionados con las medidas, capacidad de soportar compresión, capacidad de absorción, peso por unidad (densidad) y nivel de humedad de estas unidades.
Peso unitario para agregado (suelto y compactado):	NTP 400.017	Esta regulación técnica peruana define el proceso de evaluación de la densidad de masa (peso unitario) de los agregados en su estado suelto o compactado. Además, realiza el cálculo de los espacios vacíos entre las partículas en agregados finos, gruesos o una combinación de ambos, utilizando el mismo método de medición. Este procedimiento de ensayo es válido para los agregados cuyo tamaño nominal máximo no sea superior a los 125 mm.
Análisis granulométrico	NTP 400.012	Esta norma técnica peruana establece el método detallado para realizar la evaluación de la gradación de partículas desagregadas en fracciones finas, gruesas y en su totalidad mediante el proceso de tamizado.
Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple	(ACI-318-95)	El ensayo más significativo del hormigón es aquel que busca medir su resistencia al ser sometido a una carga axial. Esta prueba se realiza utilizando muestras cilíndricas de 4" x 8" o 6" x 12", o su equivalente en centímetros, con dimensiones de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, de acuerdo con las regulaciones establecidas.
Ensayo a la resistencia a la abrasión	(NTP 399.625)	La resistencia al desgaste por abrasión se refiere a la capacidad de los adoquines para resistir el desgaste causado por las ruedas de los vehículos que transitan sobre ellos. Esta resistencia se evalúa a través de un ensayo conocido como "rueda ancha"

Como parte de las etapas a seguir, se ha descrito detalladamente los pasos a seguir en relación a una cronología las cuales son:

Como **primera etapa**, se realizó la extracción y análisis de muestras de relave minero y cantera. Durante esta fase, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Para extracción de **relave minero** se realizaron los siguientes procedimientos:

**Figura 47:** Ubicación y selección del Centro minero N°1



En este proceso, se observa una vista panorámica de una mina a tajo abierto, donde estoy realizando el proceso de muestreo. El entorno revela la magnitud de la operación minera, con extensas áreas excavadas y montículos de material de desecho minero. Las pozas dispersas en la zona destacan la complejidad del proceso de extracción y revelan la presencia de agua, posiblemente utilizada en la operación minera o acumulada como subproducto.

El material de desecho minero se presenta en formas diversas, desde piedras más grandes hasta partículas más finas, creando una textura irregular en la superficie del terreno. La mezcla de colores en el material evidencia la presencia de minerales y compuestos específicos, proporcionando pistas sobre la composición del suelo.

**Figura 48:** Ubicación y selección del Centro minero N°2

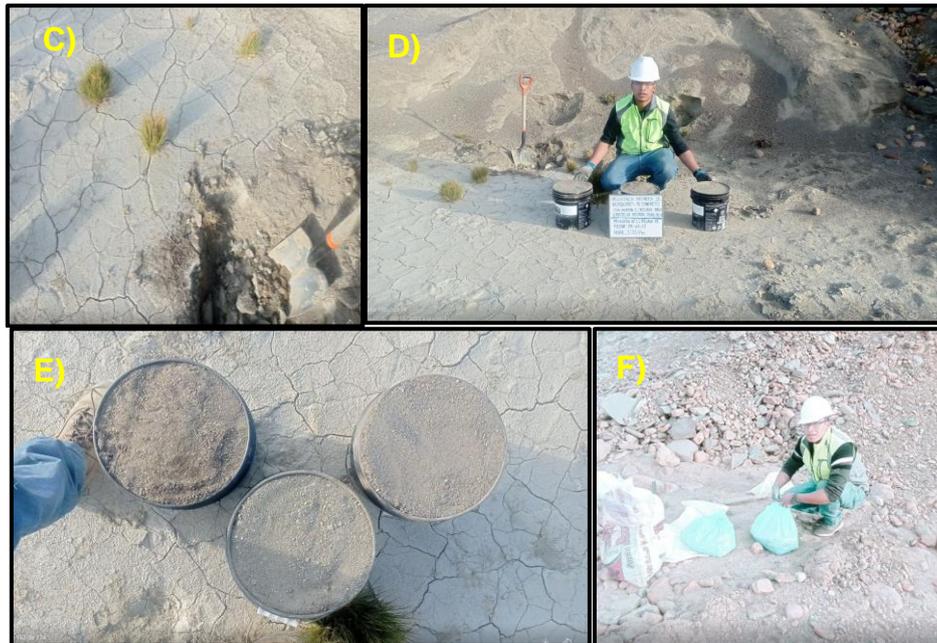


La imagen exhibe un antiguo chute o lavadero, ahora inactivo, con su característica estructura inclinada que solía desempeñar un papel crucial en la fase final del lavado para concentrar el oro. Aunque ya no está en funcionamiento, sigue siendo un punto de interés para el muestreo.

El lugar elegido para la muestra resalta por contener material fino seco, anteriormente en forma de lodo. La transición de lodo a material seco proporciona información valiosa sobre la composición mineral y las condiciones de procesamiento previas. La caracterización del sitio cobra relevancia al considerar que el chute ya no está en operación, lo que podría afectar la concentración de minerales presentes.

**Figura 49:**Proceso de Recolección de las muestras de relave minero

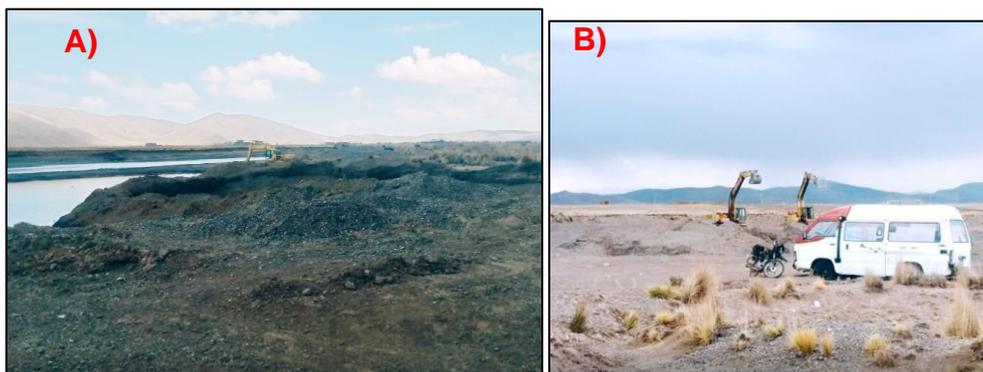




Nota: (a) y (b) Extracción del relave minero, (c) Características de la superficie, (d) Presentación de muestras extraídas, (e) Características físicas de las muestras, (f) Traslado de las muestras.

Para extracción de la **cantera Isla**, se implementaron una serie de procedimientos meticulosos y bien planificados. A continuación, se detallan los procedimientos realizados:

**Figura 50:** Ubicación de la cantera Isla



Nota: (a) y (b) Vista panorámica de la cantera de isla

**Figura 51:** Recolección y extracción de la muestra de Cantera Isla



Nota: (a) y (b) muestras de la Recolección y extracción de la cantera Isla

A continuación, se presenta un desglose detallado de las **actividades realizadas en el laboratorio** como parte integral de la investigación. Estas actividades están diseñadas para llevar a cabo un análisis exhaustivo de las muestras, centrándose en evaluar diversas propiedades y características esenciales de los adoquines de concreto con la adición de relave minero.

**Figura 52:** Pruebas físicas de cantera y relave minero



Nota: (a) Muestreo de material de cantera y Relave minero, (b) Ensayo de Peso de

granulometría, (c) Ensayo de Peso específico, (d) Ensayo de peso unitario.

Como **segunda etapa**, se realizó la preparación de la congeladora y una cubierta para someter los especímenes. Durante esta fase, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

**Figura 53:** Instalación de la congeladora y termómetro digital



Nota: (a) Equipamiento de la congeladora de capacidad de 439 litros marca HAMFOR, (b) Conexión del termómetro digital marca BOECO con un rango de -50°C a +70°C y una precisión de  $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ .

Asimismo, para la preparación de la cubierta se armó una estructura en forma de tina para el colocado de los adoquines para sus edades de curado.

Como **tercera etapa**, se realizó la fabricación de adoquines de concreto para posterior determinar sus propiedades mecánicas en el laboratorio. Durante esta fase, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

**Figura 54:** Instalación de herramientas y materiales



Nota: (a) Instalación de herramientas y materiales, (b) Molde de trabajo, (c) Dosificación prepara.

**Figura 55:** Proceso de mezclado y moldeado



Nota: (a) y (b) Mezclado Manual, (c) Moldeado de Adoquines.

**Figura 56:** Proceso de fraguado



Nota: (a), (b) y (c) Fraguado de Adoquines.

**Figura 57:** Proceso de Curado de adoquines a diferentes temperaturas



Nota: (a) Curado de Adoquines bajo temperatura ambiente, (b) Curado de Adoquines bajo exposición de congelamiento y deshielo.

Después de completar la producción de adoquines de concreto, se llevaron a cabo pruebas de calidad a intervalos de 7, 14 y 28 días, centrándose especialmente en los ensayos de resistencia a la compresión y resistencia a la abrasión. A continuación, se presenta una visualización de estas actividades correspondientes:

**Figura 58:** Ensayo a la resistencia a la Compresión



Nota: (a) Colocado del adoquín en el equipo, (b) Prueba de resistencia a la compresión, (c) Rotura de los adoquines.

**Figura 59:** Ensayo a la resistencia a la abrasión por el método bohme



Nota: (a) Muestra de los especímenes para el ensayo de abrasión, (b) Dimensionamiento de los especímenes, (c) Pesado de los especímenes, (d) Colocado de los especímenes para el ensayo de abrasiones y (e) Prueba del ensayo.

### 3.6. Métodos de análisis de datos

La investigación en cuestión se apoya en dos enfoques estadísticos para la organización y análisis de datos.

En un primer plano, se utiliza la **estadística descriptiva**, que se enfoca en examinar los datos de una muestra sin considerar las relaciones o intervenciones de otras muestras o variables. En segundo lugar, se recurre a la estadística inferencial, cuyo propósito central es evaluar la importancia de una muestra en comparación con otra mediante el empleo de una hipótesis de prueba.

En este contexto, es esencial dirigir la atención hacia estos dos enfoques estadísticos y comprender su tipo de análisis.

En primer lugar, el **análisis estadístico descriptivo** se propone abordar los problemas y objetivos establecidos en la investigación. Para ello, se llevará a cabo la organización y presentación de los datos obtenidos de la muestra seleccionada mediante el uso de gráficos, tablas, cuadros de frecuencia y porcentaje. Además, se efectuará el cálculo de parámetros clave sobre el conjunto de datos, incluyendo la media, la varianza y la desviación estándar. Estos análisis están diseñados con el fin de facilitar la observación y el estudio de las tendencias de las variables.

En segundo lugar, **análisis estadístico inferencial**, permite generalizar los resultados obtenidos en la muestra hacia la población en su conjunto. Los datos recopilados de la muestra y sus estadísticas se denominan estadígrafos, mientras que las estadísticas de la población se conocen como parámetros. Aunque estos últimos no se calculan directamente, pueden inferirse a través de los estadígrafos, según lo indicado por Hernández et al (66).

Asimismo, la conexión entre la estadística inferencial y las hipótesis se pone de manifiesto a través de la ejecución de la prueba de hipótesis, un procedimiento estadístico utilizado para analizar afirmaciones sobre parámetros desconocidos en una población. En este contexto, la elaboración de la hipótesis juega un papel crucial.

**La hipótesis nula (H<sub>0</sub>)**, siempre se formula como una afirmación de igualdad entre las medias de dos o más muestras comparadas, simplificando la interpretación del resultado. Si esta afirmación es verdadera, se rechaza la hipótesis alternativa; en caso de ser falsa, se acepta la hipótesis alternativa.

$$H_0: \mu_{cp} \geq \mu_{ad}$$

Por otro lado, **la hipótesis alternativa (H<sub>a</sub>)**, refleja el valor o intervalo de valores posible del parámetro de interés si la hipótesis nula es falsa, constituyendo así alguna forma de contradicción a la hipótesis nula.

$$H_a: \mu_{cp} < \mu_{ad}$$

Además, se llevará a cabo pruebas de hipótesis para cada una de los interrogantes planteados en la investigación. Las hipótesis nula y alternativa estarán claramente definidas, proporcionando un marco estructurado para la evaluación.

Por otra parte, es esencial resaltar que el **nivel de significancia**, representado por el nivel  $\alpha$ , se expresa en términos de probabilidad, comúnmente establecido en valores como 0.05 y 0.01. Este nivel se erige como el umbral que se utiliza para evaluar la significancia estadística de un resultado. Un resultado se clasifica como estadísticamente significativo cuando la probabilidad de que haya ocurrido al azar es mínima. En el contexto de la prueba de hipótesis que estamos llevando a cabo, hemos seleccionado un nivel de significancia de 0.05. Esta elección implica que el investigador posee un 95% de confianza para generalizar los resultados sin incurrir en errores, y solo un 5% de probabilidad en contra.

En contexto de este tipo de estadística, se determinó el método **ANOVA**, en referencia, para corroborar la veracidad o falsedad de la hipótesis nula, se requiere realizar un análisis detallado de los resultados utilizando métodos vinculados a la hipótesis. La esencia de la investigación se enfoca en examinar las medias y varianzas de las propiedades mecánicas de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo efecto de la helada. En el cual en esta etapa tiene el objetivo primordial de determinar si existen diferencias estadísticamente significativas.

Asimismo, el método **ANOVA**, constituye una técnica estadística empleada para cotejar las medias de tres o más grupos independientes, con el propósito de

determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre ellos. En esencia, la ANOVA evalúa si las disparidades observadas entre las medias de los distintos grupos poseen un grado de relevancia estadística o si podrían haberse manifestado simplemente por azar.

La finalidad de este procedimiento estadístico es llevar a cabo la comparación siguiente:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

**H<sub>a</sub>:** *No todas las medias son iguales*

Para llevar a cabo la contrastación mencionada, se utiliza un parámetro estadístico conocido como estadístico F. Este parámetro sigue una distribución F de Fisher-Snedecor, siempre y cuando se asuma la veracidad de la hipótesis nula.

La base de este estadístico F se encuentra la siguiente tabla, comúnmente reconocida como la tabla de análisis de la varianza (tabla ANOVA).

**Figura 60:** *Tabla de Análisis de Varianza de dos factores*

Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F <sub>0</sub>
A treatments	SS <sub>A</sub>	a - 1	MS <sub>A</sub> = $\frac{SS_A}{a - 1}$	F <sub>0</sub> = $\frac{MS_A}{MS_E}$
B treatments	SS <sub>B</sub>	b - 1	MS <sub>B</sub> = $\frac{SS_B}{b - 1}$	F <sub>0</sub> = $\frac{MS_B}{MS_E}$
Interaction	SS <sub>AB</sub>	(a - 1)(b - 1)	MS <sub>AB</sub> = $\frac{SS_{AB}}{(a - 1)(b - 1)}$	F <sub>0</sub> = $\frac{MS_{AB}}{MS_E}$
Error	SS <sub>E</sub>	ab(n - 1)	MS <sub>E</sub> = $\frac{SS_E}{ab(n - 1)}$	
Total	SS <sub>T</sub>	abn - 1		

**Fuente:** Datos obtenidos de Devore (72)

Dónde:

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

$$SS_A = \frac{1}{bn} \sum_{i=1}^a y_{i..}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

$$SS_B = \frac{1}{an} \sum_{j=1}^b y_{.j.}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

$$SS_{Subtotal} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij.}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

$$SS_{AB} = SS_{Subtotal} - SS_A - SS_B$$

$$SS_E = SS_T - SS_{AB} - SS_A - SS_B$$

$\bar{\mu}_i$  = Media de los datos de cada grupo de muestra.

$\bar{\mu}_{..}$  = Media del total de datos.

k = Total de grupos de muestras.

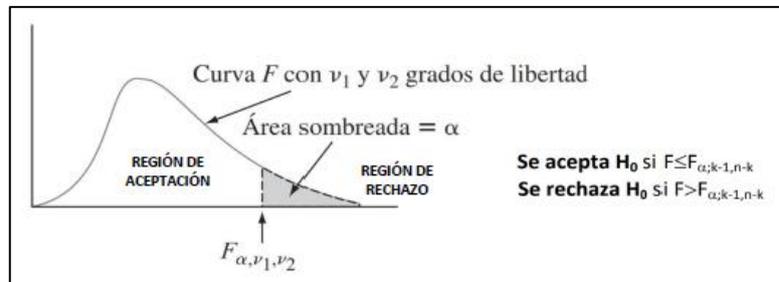
N = Total de datos.

a = Filas

b = Columnas

En el supuesto de que la hipótesis nula sea válida, el estadístico F se distribuirá según una distribución F de Fisher-Snedecor con un total de ( $v_1, v_2$ ) grados de libertad, como se ilustra en la siguiente figura. Aquí,  $v_1$  se define como  $ck-1$  y  $v_2$  como  $n-k$ .

**Figura 61:** Curva F y valor crítico  $F_{\alpha, k-1, n-k}$



Fuente: Adaptado de (72)

Asimismo, después de establecer que hay disparidades entre las medias mediante la prueba ANOVA, es viable recurrir a pruebas post hoc o pruebas de comparación múltiple como Tukey, Dunnett, y otras similares. Estas pruebas facilitan la identificación de cuáles medias presentan diferencias significativas entre sí.

La **prueba de Tukey** se emplea con el propósito de contrastar las medias individuales después de haber rechazado la hipótesis nula que sostiene la igualdad de medias mediante la técnica ANOVA. Su función principal radica en identificar cuáles de las muestras presentan diferencias significativas con respecto a la muestra de control, buscando delinear la hipótesis alternativa de manera general.

En esta prueba, se determinan las disparidades entre las medias de las muestras para posteriormente compararlas con un valor denominado "Diferencia Honestamente Significativa" (HSD), calculado como

$$T_{\alpha} := q_{\alpha} \cdot (k; N - K) \cdot \sqrt{\frac{CM_E}{n_i}}$$

Dónde:

$q_{\alpha}(k, N - k)$  = Valor obtenido de la tabla de Tukey.

$CM_{Error}$  = Cuadrado medio de error (media cuadrática dentro de los grupos).

$n$  = Tamaño de la muestra en los grupos.

Si la disparidad entre dos valores promedio excede el umbral establecido por el valor  $w$  de Tukey, se infiere que dichos promedios son distintos. Por otro lado, si la discrepancia es menor que el número de Tukey, se interpreta que se trata de dos muestras con promedio estadísticamente idéntico.

En otra parte, la prueba de comparación de **métodos Dunnett** al querer contrastar múltiples tratamientos o grupos experimentales con un solo grupo de control. Su propósito fundamental radica en discernir si existen diferencias significativas entre los tratamientos y el grupo de control. Además, su fórmula se expone de la siguiente manera:

$$|y_l - y_k| > D_{\alpha}(k; N - K) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot CM_E}{n_i}}$$

$D_{\alpha}(k, N - k)$  = Valor obtenido de la tabla de Dunnett.

$CM_{Error}$  = Error cuadrático medio (ANOVA).

$n_i$  = Media armónica de los tamaños de las muestras.

En resumen, mientras que la prueba de comparación de métodos Dunnett se enfoca en comparar múltiples tratamientos con un solo grupo de control, el método Tukey se utiliza para realizar comparaciones entre todas las combinaciones posibles de medias entre varios grupos, prescindiendo de la necesidad de un grupo de control.

### 3.7. Aspectos éticos

Que el presente trabajo, respeta los derechos de autor y propiedad intelectual de la bibliografía impresa, digital y de las herramientas informáticas utilizadas.

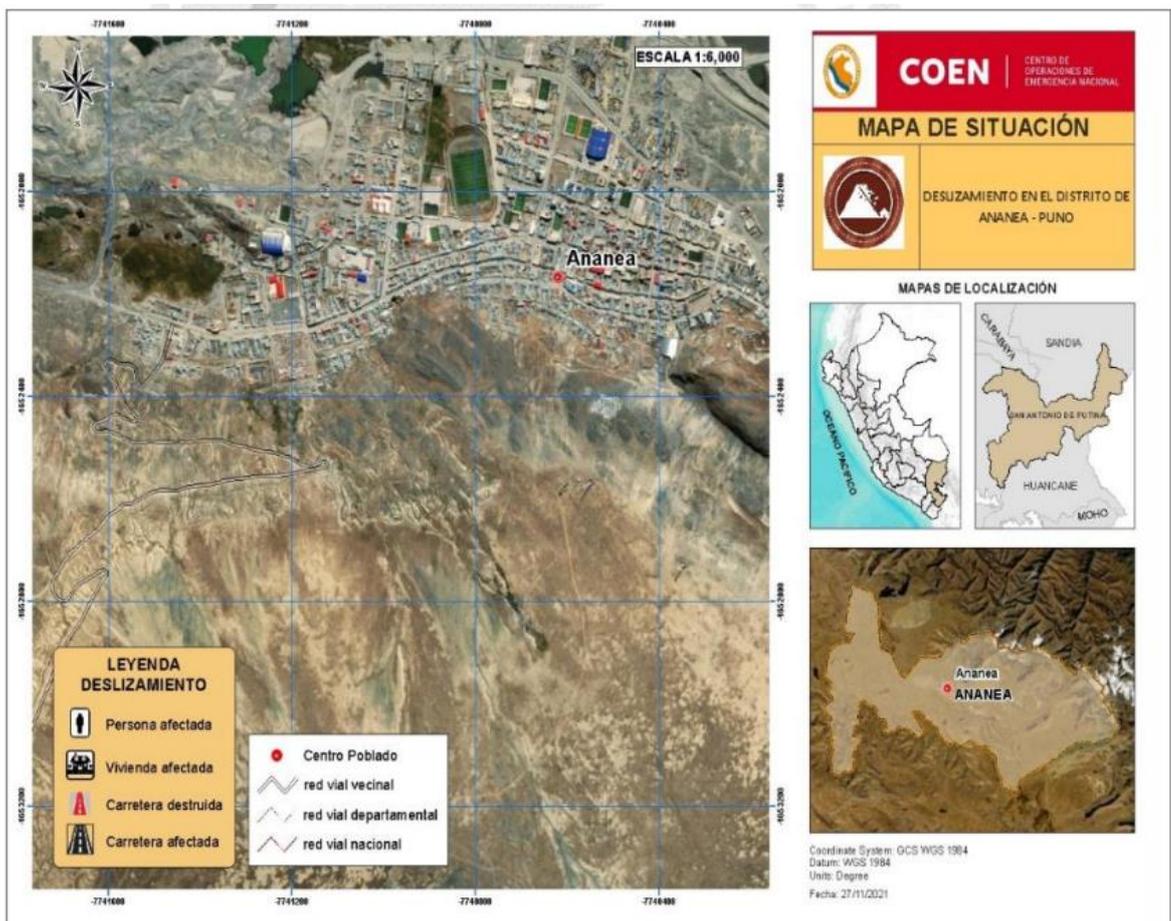
## IV. RESULTADOS

### 4.1. Datos generales

#### 4.1.1. Ubicación de relave minero

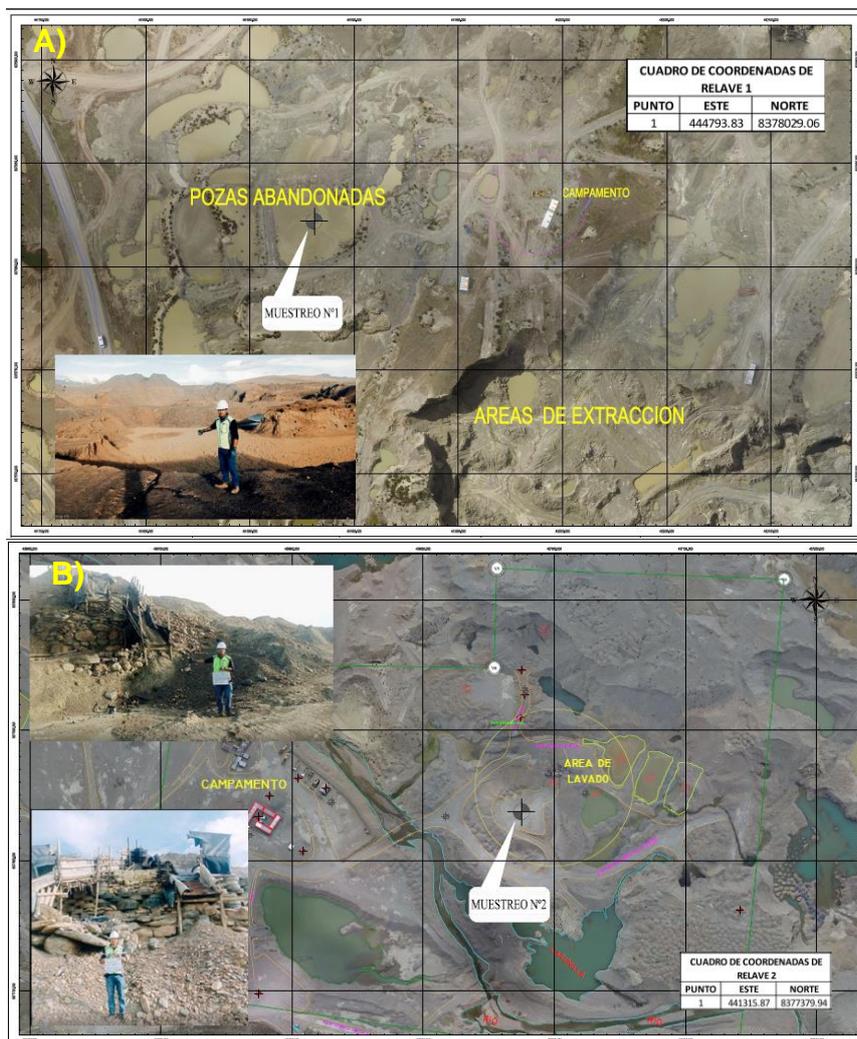
Durante la fase de extracción, se emplearon muestras de relave minero de depósitos de tranques en etapa Post – Operativa, ubicadas en la provincia de San Antonio de Putina, del distrito de Ananea. A continuación, se muestra cartográficamente la ubicación del distrito afectado por el deslizamiento ocurrido el 26 de noviembre del 2021.

**Figura 62:** Plano ubicación del Distrito de Ananea.



Asimismo, se visualiza por fotometría, la ubicación de las muestras de los centros mineros seleccionados, lo que resulta fundamental para comprender la extensión y representatividad de la investigación

**Figura 63:** Cartografía de las zonas de muestreo

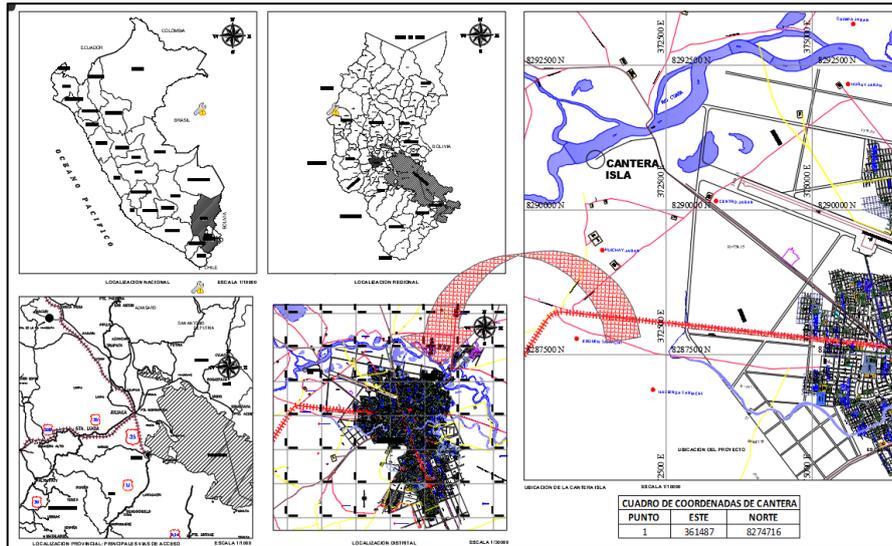


Nota: (a) Zona muestreo N°1 y (b) Zona de muestreo N°2

#### 4.1.2. Ubicación de la cantera

La cantera Isla está ubicado en la provincia de San Román, del distrito de Juliaca, en plano siguiente se presenta una representación minuciosa y visualmente esclarecedora de la posición exacta de la cantera en su contexto geográfico. Este mapa se convierte en un recurso esencial para comprender la disposición espacial de la cantera y su interrelación con la zona circundante.

**Figura 64:** Plano de ubicación de cantera isla



En este plano, se destaca la topografía local, revelando con claridad la ubicación precisa de la cantera en relación con elementos significativos como cuerpos de agua, vías de comunicación y zonas urbanas. Las coordenadas geográficas detalladas garantizan la exactitud al identificar y ubicar el sitio, ofreciendo información geoespacial precisa que puede ser aplicada en diversas situaciones, desde la gestión operativa hasta la toma de decisiones relacionadas con el medio ambiente.

## 4.2. Propiedades físicas y mecánicas del relave minero

En esta fase se llevó a cabo varios ensayos físicos y químico en las cuales se determinaron el, peso unitario, granulometría y potencial de hidrogeno de la muestra de relave minero y para ello se ha empleado los procedimientos descritos en las normas técnicas NTP 400.021 y NTP 400.012.

A continuación, se presentan los valores obtenidos durante esta fase realizadas en laboratorio, en primero lugar evaluaremos las propiedades físicas del relave minero

### 4.2.1. Propiedades Físicas de relave minero.

#### 4.2.1.1. Ensayo de Peso Unitario

Durante esta fase experimental, se realizó en el laboratorio un análisis exhaustivo del peso unitario, tanto en estado suelto como compacto, utilizando la muestra extraída de relaves de depósitos de tranques en etapa Post-Operativa. La

meticulosa evaluación del peso unitario sirve como base para decisiones fundamentales en el diseño y control de calidad. Asimismo, los procedimientos descritos están estandarizados en NTP 400.021. A continuación, se presentan los valores obtenidos durante esta fase:

**Tabla 16. Peso unitario suelto y compacto de relave minero**

IDENTIFICACIÓN	SUELTO			COMPACTO		
	MS-1	MS-2	MS-3	MC-1	MC-2	MC-3
Peso de molde (g)	5946	5946	5946	5946	5946	5946
Volumen de molde (cm <sup>3</sup> )	2114	2114	2114	2114	2114	2114
Peso de molde + muestra (g)	9688	9670	9740	9792	9806	9832
Peso de muestra (g)	3742	3724	3794	3846	3860	3886
PESO UNITARIO (kg/m <sup>3</sup> )	1770	1762	1795	1820	1826	1838
<b>PROMEDIO</b>	Pu <sub>s</sub> :1776 kg/cm <sup>3</sup>			Pu <sub>c</sub> :1828 kg/cm <sup>3</sup>		

#### 4.2.1.2. Ensayo granulométrico del relave minero

En esta etapa del proceso experimental descritos en la NTP 400.012, se llevó a cabo en el laboratorio un análisis detallado de la granulometría de la muestra extraída de relaves provenientes de depósitos de tranques en etapa Post-Operativa. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de este análisis, que ofrece una visión precisa de la distribución de tamaños de partículas en la muestra.

**Tabla 17. Tamizado granulométrico de relave minero**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO							DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
APERTURA DE TAMICES Marco de 8" de diámetro		Peso retenido (g)	Peso Corregido	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	
Nombre	Mm						
3 in	75.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	P.L= 500
2 1/2 in	63.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	P.L=
2 in	50.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	P.P=
1 1/2 in	37.50 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	%W= 6.02
1 in	25.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL
3/4 in	19.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	TMN= N°8
1/2 in	12.50 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8 in	9.50 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	CARACT. GRANULOMETRÍA
No. 4	4.75 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	D10= 0.165
No. 8	2.36 mm	76.90	76.90	15.38	15.38	84.62	D30= 0.332



Potencial de Hidrogeno	pH	4.55	Electrométrico
------------------------	----	------	----------------

Nota. Resultados de Laboratorio

En relación a los resultados químicos del relave minero analizado, se ha registrado un pH de 4.55. Por lo tanto, la clasificación del residuo indica que es fuertemente ácido, siendo categorizado como un material con toxicidad moderada a fuerte. Esta situación se atribuye principalmente a la presencia destacada de aluminio y manganeso. Además, se detecta una carencia de fósforo, azufre, molibdeno y bases, junto con concentraciones elevadas de ciertos micronutrientes

### 4.3. Propiedades físicas de cantera

En esta fase se llevó a cabo varios ensayos en las cuales se determinaron el peso específico, peso unitario y granulometría de la muestra de cantera Isla y para ello se ha empleado los procedimientos descritos en las normas técnicas NTP 400.021 y NTP 400.012.

#### 4.3.1. Peso Específico y Absorción de cantera isla.

Durante esta fase experimental, se llevó a cabo en el laboratorio un análisis detallado del peso específico y la absorción de la muestra, siguiendo los procedimientos estandarizados según la norma NTP 400.021. Este análisis proporciona información fundamental sobre las propiedades físicas y la capacidad de retención de agua del material. A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante esta fase, los cuales son fundamentales para comprender las características específicas de la muestra y su idoneidad para aplicaciones constructivas.

**Tabla 19.** *Peso específico y absorción de cantera Isla.*

IDENTIFICACIÓN	PROMEDIO
Peso de muestra secada al horno	486.98
Peso de muestra saturada seca	500.00
Peso del picnómetro con agua	1444.60
Peso del pic. + muestra + agua	1741.91
<b>PESO ESPECIFICO</b>	<b>2.47</b>

Nota. Resultados de Laboratorio

**4.3.2. Peso Unitarios**

Durante esta fase experimental, se realizó en el laboratorio un análisis exhaustivo del peso unitario, tanto en estado suelto como compacto, utilizando la muestra extraída de la cantera. La meticulosa evaluación del peso unitario sirve como base para decisiones fundamentales en el diseño y control de calidad. Asimismo, los procedimientos descritos están estandarizados en NTP 400.021. A continuación, se presentan los valores obtenidos durante esta fase:

**Tabla 20.** *Peso unitario suelto y compacto de cantera*

IDENTIFICACIÓN	SUELTO			COMPACTO		
	MS-1	MS-2	MS-3	MC-1	MC-2	MC-3
Peso de molde (g)	5946	5946	5946	5946	5946	5946
Volumen de molde (cm3)	2114	2114	2114	2114	2114	2114
Peso de molde + muestra (g)	9169	9189	9221	9540	9571	9500
Peso de muestra (g)	3223	3243	3275	3594	3625	3554
PESO UNITARIO (kg/m3)	1525	1534	1549	1700	1715	1681
<b>PROMEDIO</b>	Pu <sub>s</sub> :1536 kg/cm3			Pu <sub>c</sub> :1699 kg/cm3		

Nota. Resultados de Laboratorio

**4.3.3. Ensayo granulométrico**

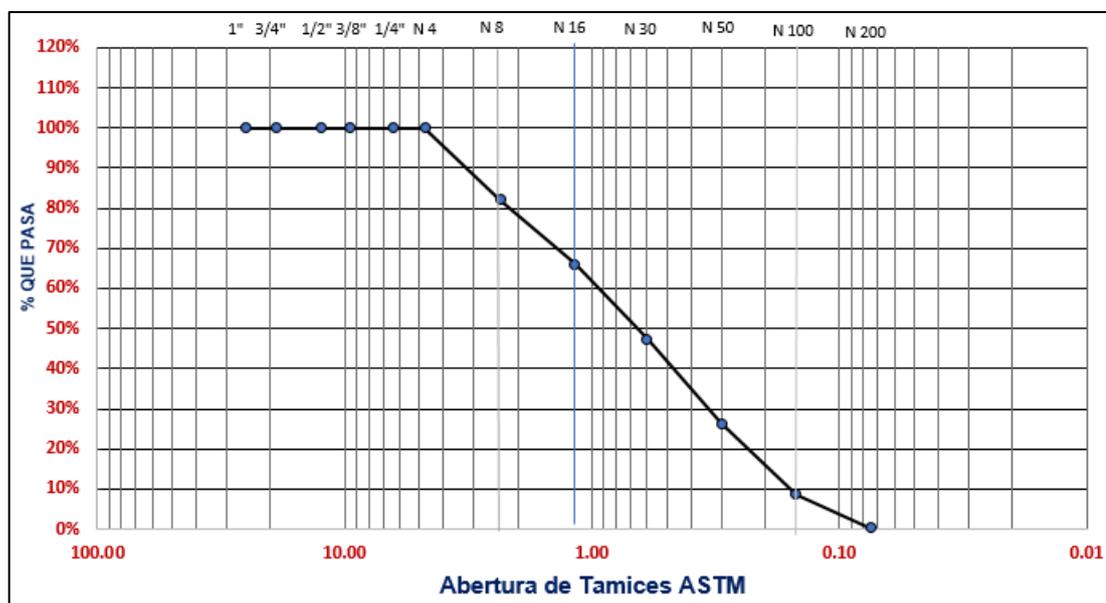
En esta etapa del proceso experimental descritos en la NTP 400.012, se llevó a cabo en el laboratorio un análisis detallado de la granulometría de la muestra extraída de la cantera. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de este análisis, que ofrece una visión precisa de la distribución de tamaños de partículas en la muestra.

**Tabla 21.** *Tamizado granulométrico de diseño global*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DISEÑO GLOBAL							DESCRIPCION DE LA MUESTRA
APERTURA DE TAMICES		Peso retenido (g)	Peso Corregido	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	
Marco de 8" de diámetro	Nombre mm						
3 in	75.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	P.L= 500
2 1/2 in	63.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	P.L=

2 in	50.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	P.P=
1 1/2 in	37.50 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	%W= 6.02
1 in	25.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL
3/4 in	19.00 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	TMN= N°8
1/2 in	12.50 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8 in	9.50 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	CARACT. GRANULOMETRIA
No. 4	4.75 mm	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	D10= 0.161
No. 8	2.36 mm	89.62	89.62	17.92	17.92	82.08	D30= 0.351
No. 10	2.00 mm						D50= 1.000
No. 16	1.18 mm	80.15	80.15	16.03	33.95	66.05	Cu= 6.160
No. 30	600 µm	93.05	93.05	18.61	52.56	47.44	Cc= 0.770
No. 40	420 µm						
No. 50	300 µm	105.60	105.60	21.12	73.68	26.32	MODULO DE FINEZA
No. 60	250 µm						MF= 2.690
No. 80	180 µm						
No. 100	150 µm	88.30	88.30	17.66	91.34	8.66	OBSERVACIONES
No. 200	75 µm	41.75	41.75	8.35	99.69	0.31	
<b>BASE</b>		1.53	1.53	0.31	100.00	...0.00	
<b>TOTAL</b>		500.00	500.00	100.00			

Figura 66. Curva granulométrica de relave minero



#### 4.3.4. Dosificación para Adoquines de Concreto

A lo largo de la evolución en la fabricación de adoquines, se han empleado proporciones que, en su origen, fueron establecidas de manera empírica. Estas dosificaciones se encuentran sometidas a requisitos específicos según la norma

NTP 399.611. Se destaca que ajustar esta relación puede ser beneficioso para la reducción de costos. No obstante, es habitual recurrir a tablas que proporcionan diversas proporciones de cemento, agregado grueso, fino y agua.

En el marco de nuestra investigación, optamos por utilizar una dosificación que es frecuentemente empleada por una empresa especializada en la producción de adoquines de concreto en la región de Puno. De esta manera, buscamos que los resultados obtenidos tuvieran aplicaciones más prácticas y representativas.

### Dosificación de adoquines de concreto Patrón

**Tabla 22.** *Dosificación de  $f_c=380$  kg/cm<sup>2</sup> por m<sup>3</sup>*

COMPONENTES	KG/M3
AGUA	268
CEMENTO	643
ARENA FINA	1365

**Tabla 23.** *Dosificación para la fabricación de un Adoquín Tipo II estándar*

CEMENTO(KG)	AGREGADO FINO - ARENA (KG)	AGUA
0.772	1.638	0.3216

**Tabla 24.** *Dosificación en relación a 1 kg de cemento*

CEMENTO(KG)	AGREGADO FINO - AREANA (KG/1KG(C))	AGUA (LT/1KG(C))
1	2.12	0.42

### Dosificación de adoquines de concreto a diferentes proporciones de relave minero en remplazo de agregado fino

**Tabla 25.** *Dosificaciones para la fabricación de un Adoquín Tipo II estándar a diferentes proporciones de relave mineros en remplazo del agregado fino*

COMPONENTES	DOSIFICACIONES			
	0%	10%	25%	50%
CEMENTO (KG/M3 DE AD)	0.7716	0.7716	0.7716	0.7716
AGREGADO FINO (KG/M3 DE AD)	1.638	1.4742	1.2285	0.819
AGUA (LT/M3 DE AD)	0.3216	0.3216	0.3216	0.3216

RELAVE (KG/M3 DE AD)	0	0.1638	0.4095	0.819
----------------------	---	--------	--------	-------

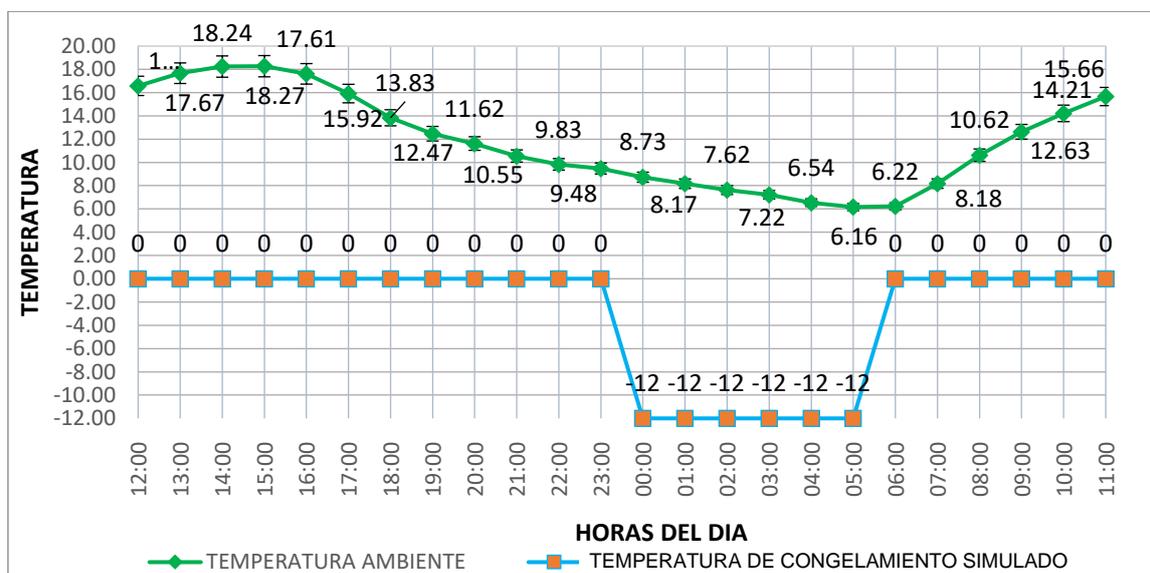
**Tabla 26.** Dosificaciones para la fabricación de 48 Adoquines Tipo II estándar a diferentes proporciones de relave mineros en remplazo del agregado fino

COMPONENTES	DOSIFICACIONES PARA 48 ADOQUINES A DIFERENTES PROPORCIONES DE RELAVE MINERO			
	0%	10%	25%	50%
CEMENTO (KG/M3 DE AD)	37.0368	37.0368	37.0368	37.0368
HORMIGON (KG/M3 DE AD)	78.624	70.7616	58.968	39.312
AGUA (LT/M3 DE AD)	15.4368	15.4368	15.4368	15.4368
RELAVE (KG/M3 DE AD)	0	7.8624	19.656	39.312

#### 4.4. Temperaturas expuestas las muestras.

En el gráfico a siguiente, se observa la fluctuación de las temperaturas promedio horarias evaluadas durante los periodos de curado de las muestras. Asimismo, se incluyen dos funciones que relacionan dos variaciones de temperatura promedio horaria con las distintas horas del día. La primera función ilustra la variación de la temperatura ambiente, mientras que la segunda detalla la variación de la temperatura expuesta al ciclo de congelamiento y deshielo. Este análisis permite visualizar la influencia de las condiciones térmicas en el proceso de curado y examinar cómo se desarrolla a lo largo del día.

**Figura 67.** Variación de temperaturas horarias promedio durante el curado de los adoquines.



#### 4.5. Prueba de resistencia a compresión de adoquines de concreto con adición de relave minero.

En esta prueba se llevó a cabo el ensayo de resistencia a la compresión con la ayuda de una prensa hidráulica como se puede apreciar en la siguiente figura. En este contexto el ensayo a la compresión consistió en determinar la capacidad máxima que puede soportar el adoquín antes de romperse bajo la aplicación de una carga creciente continua. Asimismo, en los procedimientos se basaron con los estándares establecidos en norma ecuatoriana 3040 y NTP 399.11.

**Figura 68:** Ensayo de compresión



A continuación, se presentan los valores obtenidos durante esta fase realizadas en laboratorio.

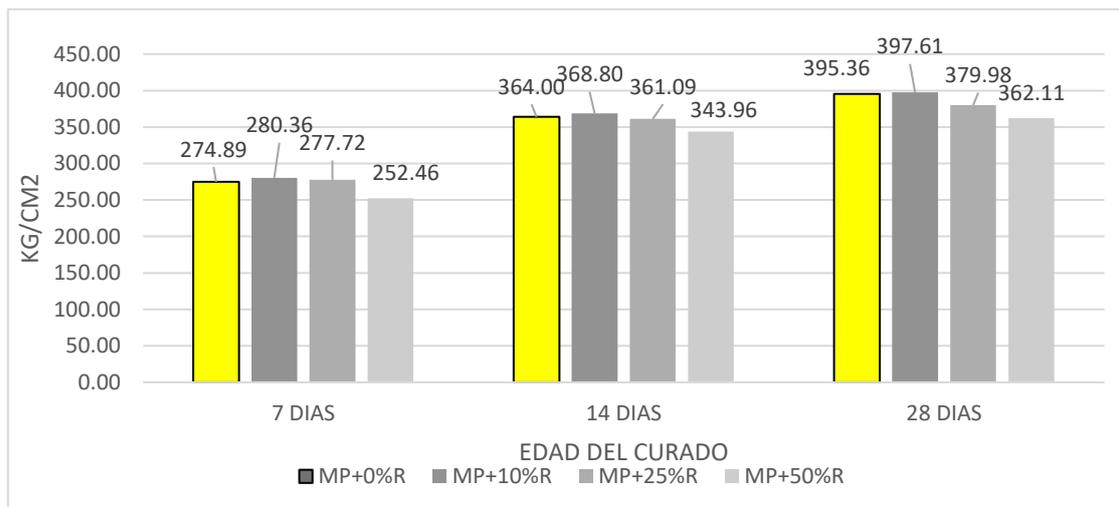
**Tabla 27.** Valores de la resistencia a la compresión de adoquines de concreto con adición de relave minero a los 7, 14 y 28 días de curado.

		ADICION DE RELAVE MINERO							
		MP+0%R		MP+10%R		MP+25%R		MP+50%R	
		Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio						
E D A D E S	7 DÍAS	273.82		280.60		278.08		250.27	
		275.81		277.55		280.22		254.05	
		260.24	274.89	283.18	280.36	274.63	277.72	256.74	252.46
		279.38		283.74		284.02		254.27	
		281.17		284.19		275.30		249.55	
	278.91		272.89		274.04		249.88		
	14 DÍAS	364.14		370.46		364.22		349.35	
		363.34	364.00	369.06	368.80	358.95	361.09	348.78	343.96
		365.04		369.29		362.09		336.46	
		359.36		366.35		359.12		342.26	

	365.97		370.45		364.04		344.78
	366.15		367.18		358.09		342.11
	397.21		397.60		380.60		370.18
	393.51		398.75		378.75		363.92
28	394.71	395.36	394.32	397.61	380.50	379.98	368.34
DÍAS	392.44		396.75		382.75		360.45
	394.85		399.45		378.05		359.36
	399.46		398.80		379.20		360.41

Estos valores obtenidos a través del análisis de la resistencia a la compresión de adoquines de concreto en remplazo de relave minero, bajo temperatura ambiente, proporcionan hallazgos significativos en dos enfoques estadísticos, En una primera instancia, se destaca el análisis de la **estadística descriptiva**, el cual se presenta visualmente en el siguiente diagrama:

**Figura 69.** Variación de la resistencia a compresión de adoquines de concreto con adición de relave minero.



Fuente: Datos de Laboratorio

La **Figura 69**, muestra la variación de la resistencia a compresión de los adoquines, expuesto a temperatura ambiente, a los 28 días de curado, revelaron que, en el caso de los adoquines sin relave minero, las resistencias patrón promedio fue de 395.36 kg/cm<sup>2</sup>. Por otro lado, los adoquines con relave minero en reemplazo de la arena fina al 10%, 25% y 50% mostraron resistencias a la compresión de 397.61 kg/cm<sup>2</sup>, 379.98 kg/cm<sup>2</sup> y 362.11 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

Además, resulta relevante señalar que al reemplazar el relave minero en

proporciones del 10% y 25% en reemplazo de la arena fina, se evidenció un aumento de 2.248 kg/cm<sup>2</sup> y una disminución de 15.388 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con el concreto estándar. Sin embargo, aun todavía con estos valores se cumplen con los requisitos de resistencia a compresión para la fabricación de adoquines de concreto con tráfico vehicular ligero.

#### 4.6. Prueba de resistencia a compresión de adoquines de concreto con edición de relave minero bajo efecto de helada.

En esta prueba se llevó a cabo el ensayo de resistencia a la compresión con la ayuda de una prensa hidráulica a los adoquines, sometidos bajo efecto de helada. Esto se llevó a cabo en condiciones de temperatura constante de -12°C durante 5 horas al día, a lo largo de su fase de curado. El ensayo a la compresión consistió en determinar la capacidad máxima que puede soportar el adoquín antes de romperse bajo la aplicación de una carga creciente continua, Asimismo, en los procedimientos se basaron con los estándares establecidos en norma ecuatoriana 3040 y NTP 399.11.

A continuación, se presentan los valores obtenidos durante esta fase realizadas en laboratorio.

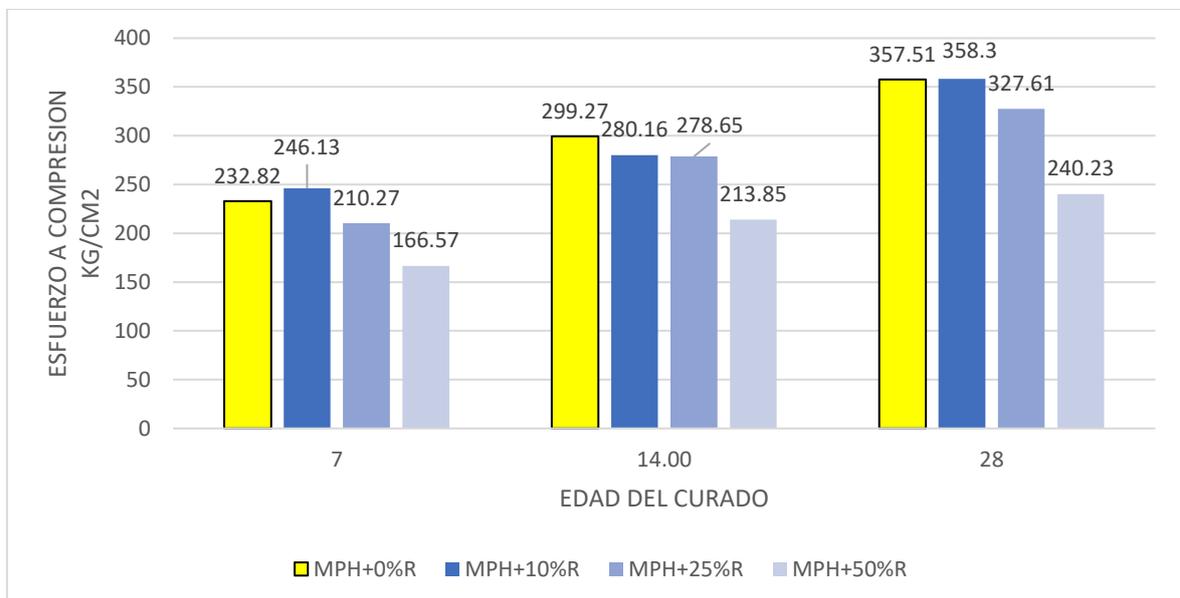
**Tabla 28.** Valores de la resistencia a la compresión de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo efecto de helada a los 7, 14 y 28 días de curado.

		ADICION DE RELAVE MINERO							
		MP+0%R		MP+10%R		MP+25%R		MP+50%R	
		Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio						
E D A D E S	7 DÍAS	230.54		246.33		209.34		162.89	
		229.07		250.92		210.59		172.50	
		238.93	232.82	244.16	246.13	214.24	210.27	168.00	166.57
		229.44		246.73		214.78		164.49	
		233.23		238.40		208.45		162.84	
		235.71		250.25		204.20		168.71	
	14 DÍAS	304.25		289.12		276.84		206.54	
		296.30		289.86		281.84		214.15	
		306.38	299.27	286.87	280.16	280.87	278.65	217.77	213.85
		299.90		239.72		278.12		209.85	
		295.15		290.92		274.04		212.54	
		293.65		284.47		280.17		222.23	
	28 DÍAS	357.78	357.51	357.82	358.30	326.07	327.61	234.87	240.23
		355.04		362.47		322.85		242.64	

360.26	354.42	330.81	234.67
352.39	358.58	334.65	242.09
359.47	352.89	323.71	239.44
360.09	363.64	327.56	247.68

Estos valores obtenidos a través del análisis de la resistencia a la compresión de adoquines de concreto en remplazo de relave minero, bajo exposición de congelamiento y deshielo (helada), proporcionan hallazgos significativos en dos enfoques estadísticos, En una primera instancia, se destaca el análisis de la **estadística descriptiva**, el cual se presenta visualmente en el siguiente diagrama:

**Figura 70.** Variación de la resistencia a compresión de adoquines con adición de relave minero bajo efecto de helada.



Fuente: Datos de Laboratorio

La **Figura 70**, muestra la variación de la resistencia a compresión de los adoquines, expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo (helada), a los 28 días de curado, revelaron que, en el caso de los adoquines sin relave minero, las resistencias patrón promedio fue de 357.51 kg/cm<sup>2</sup>. Por otro lado, los adoquines con relave minero en reemplazo de la arena fina al 10%, 25% y 50% mostraron resistencias a la compresión de 358.30 kg/cm<sup>2</sup>, 327.98 kg/cm<sup>2</sup> y 240.23 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

Además, resulta relevante señalar que al reemplazar el relave minero en proporciones del 10% en relación con la arena fina, se evidenció una mejora en la

su resistencia de 0.798 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con el concreto estándar. Estos cambios permitieron cumplir con los requisitos de resistencia para el tráfico vehicular de TIPO II según la N.T.P. 399.611.

#### 4.7. Contratación de hipótesis sobre las resistencias a compresión de los adoquines de concreto con edición de relave minero bajo condiciones ambientales y helada.

Para la contratación de la hipótesis en propiedad mecánica de resistencia a compresión, se realizó un análisis estadístico inferencial, aplicándose un análisis de varianza con el método de ANOVA y prueba de Dunnet para comparar cada uno de los grupos con el grupo de control, con el objetivo de validar la hipótesis y jerarquizar los tratamientos según sus resultados. El objetivo del análisis de varianza en el diseño experimental con dos factores es probar la de igualdad de los tratamientos con respecto a la media de la correspondiente variable dependiente. Del cual se definen en el siguiente cuadro las siguientes hipótesis:

**Tabla 29.** Prueba de hipótesis HE1 y HE2

HIPOTESIS ESPECÍFICO N°1	HIPOTESIS ESPECÍFICO N°2
<p><b>Ho<sub>1</sub>:</b> La resistencia a la compresión de adoquines de concreto no varía significativamente con la adición de relave minero, Puno, 2023.</p> <p><b>Ho<sub>1</sub>: <math>\mu_1 = \mu_2</math> (hipótesis nula)</b></p> <p><b>HA<sub>1</sub>:</b> La resistencia a la compresión de adoquines de concreto varía significativamente con la adición de relave minero, Puno, 2023.</p> <p><b>HA<sub>1</sub>: <math>\mu_1 \neq \mu_2</math> (hipótesis alterna)</b></p>	<p><b>Ho<sub>2</sub>:</b> La resistencia a la compresión de adoquines de concreto no varía significativamente con la adición de relave minero bajo el efecto de helada, Puno, 2023.</p> <p><b>Ho<sub>2</sub>: <math>\mu_1 = \mu_2</math> (hipótesis nula)</b></p> <p><b>Ho<sub>2</sub>:</b> La resistencia a la compresión de adoquines de concreto varía significativamente con la adición de relave minero bajo el efecto de helada, Puno, 2023.</p> <p><b>HA<sub>2</sub>: <math>\mu_1 \neq \mu_2</math> (hipótesis alterna)</b></p>
EFECTO COMBINADO A CONDICIONES AMBIENTALES Y HELADA	
<p><b>Ho<sub>1-2</sub>:</b> La resistencia a la compresión de adoquines de concreto no varía significativamente con la adición de relave minero sometidas a condiciones ambientales y helada.</p> <p><b>Ho<sub>2</sub>: <math>\mu_1 = \mu_2</math> (hipótesis nula)</b></p> <p><b>HA<sub>1-2</sub>:</b> La resistencia a la compresión de adoquines de concreto varía significativamente con la adición de relave minero sometidas a condiciones ambientales y helada.</p> <p><b>HA<sub>2</sub>: <math>\mu_1 \neq \mu_2</math> (hipótesis alterna)</b></p>	

Por lo tanto, en la tabla siguiente se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a diferentes tratamientos de relave minero sometido a condiciones ambientales y helada.

**Tabla 30.** Valores de esfuerzo a compresión de adoquines de concreto minero sometidos a condiciones ambientales y helada a los 28 días de curado.

		ADICIÓN DE RELAVE MINERO			
		MP+0%RM	MP+10%RM	MP+25%RM	MP+50%RM
TEMPERATURA	AMBIENTE (T=VARIABLE)	397.21	397.6	380.6	370.18
		393.51	398.75	378.75	363.92
		394.71	394.32	380.5	368.34
		392.44	396.75	382.75	360.45
		394.85	399.45	378.05	359.36
		399.46	398.8	379.2	360.41
TEMPERATURA	HELADA (T=-12°C)	357.78	357.78	326.07	234.87
		355.04	355.04	322.85	242.64
		360.26	360.26	330.81	234.67
		352.39	352.39	334.65	242.09
		359.47	359.47	323.71	239.44
		360.09	360.09	327.56	247.68

**Tabla 31.** Análisis de varianza del factor adición de relave bajo condiciones ambientales.

	MP+0%RM	MP+10%RM	MP+25%RM	MP+50%RM	TOTAL
Cuenta	6	6	6	6	24
Suma	2372.18	2385.67	2279.85	2182.66	9220.36
Promedio	395.363333	397.611667	379.975	363.776667	384.181667
Varianza	6.57278667	3.53301667	2.83475	20.7510667	200.225475

**Tabla 32.** Análisis de varianza del factor adición de relave bajo helada.

	MP+0%RM	MP+10%RM	MP+25%RM	MP+50%RM	TOTAL
Cuenta	6	6	6	6	24
Suma	2145.03	2145.03	1965.65	1441.39	7697.1
Promedio	357.505	357.505	327.608333	240.231667	320.7125
Varianza	10.08971	10.08971	20.0086567	25.0074967	2422.54508

**Tabla 33.** Análisis de varianza del efecto combinado de los factores.

	MP+0%RM	MP+10%RM	MP+25%RM	MP+50%RM
Cuenta	12	12	12	12
Suma	4517.21	4530.7	4245.5	3624.05

Promedio	376.434167	377.558333	353.791667	302.004167
Varianza	398.461154	444.886161	758.274579	4183.53581

**Tabla 34.** Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo  $\alpha=0.05$ .

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Relave M.	48340.0214	1	48340.0214	3910.72047	1.6143E-41	4.08474573
Helada	45027.0095	3	15009.0032	1214.23231	2.6706E-39	2.8387454
Efecto Combinado	14802.2773	3	4934.09245	399.169379	7.842E-30	2.8387454
(Error)	494.435967	40	12.3608992			
Total	108663.744	47				

Dado en el cuadro de resultados de ANOVA se determina que los valores calculados de F son superiores al valor crítico de  $F_c$ , de los diferentes orígenes de variaciones, por lo tanto, se concluye que existen diferencias significativas entre los tratamientos. Además, la probabilidad asociada es menor al nivel de significancia de 0.05, lo que confirma la presencia de diferencias entre los tratamientos. En resumen, con respecto a la contrastación de las planteadas se rechaza la nula ( $H_0: \mu_1 = \mu_2$ ) y se acepta la alternativa ( $H_A: \mu_1 \neq \mu_2$ ) Lo que respalda la producción de adoquines de concreto con la adición de relave minero a condiciones ambientales y helada.

Asimismo, en el siguiente segmento, se detalla **la prueba de comparación de Dunnett**, cuyo propósito es contrastar las parejas de tratamientos en comparación con la muestra estándar,

En primer lugar, analizaremos las parejas de tratamientos en relación a la hipótesis específica I: La resistencia a la compresión de adoquines de concreto varía significativamente con la adición de relave minero. A continuación, determinaremos el valor de decisión de Dunnett.

$$CM_E=6.186238333 \quad n=6$$

$$|y_i - y_k| > D_\alpha(k; N - K) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot CM_E}{n_i}}$$

$$D_\alpha(k; N - K) = D_\alpha(4; 20) = 2.65$$

$$\sqrt{\frac{2 \cdot CM_E}{n_i}} = 1.436$$

$$D_\alpha(k; N - K) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot CM_E}{n_i}} = 2.65 \cdot 1.436 = 3.805$$

Asimismo, la prueba de Dunnett se cumple, si solo si, existe significancia si el valor de Dunnet es mayor a las variaciones de las medias de los tratamientos en referencia al concreto patrón. Cuyo valor de decisión fue 3.805. A continuación, se proporciona una tabla con los resultados de las pruebas en relación con la muestra patrón.

**Tabla 35.** Criterio de decisión de Dunnett de H.E. 1

PRUEBA DE DUNNET	DECISIÓN
$ \bar{y}_1 - \bar{y}_c  = 2.248 < 3.805$	No existe una diferencia significativa
$ \bar{y}_2 - \bar{y}_c  = 15.388 > 3.805$	Existe una gran diferencia significativa
$ \bar{y}_3 - \bar{y}_c  = 33.253 > 3.805$	Existe una gran diferencia significativa

A partir de la información proporcionada en la tabla, se derivan las siguientes conclusiones, En primer lugar, la muestra que incorpora un 10% de relave minero presenta una resistencia superior de 2.248 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con el adoquín convencional. Sin embargo, al no cumplir con el criterio de decisión, indica una diferencia significativa al realizar la sustitución del 10% de relave minero. Esto indica que las medias con respecto al concreto patrón son semejantes y, por lo tanto, se concluye que la fabricación de los adoquines al sustituir 10% de relave minero cumple óptimamente los estándares de calidad a la resistencia a compresión para construcción de pavimentos articulados con un tránsito liviano.

Asimismo, en segundo lugar, la muestra que incorpora un reemplazo del 25% de relave minero presenta una resistencia inferior de 15.388 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con el adoquín convencional. Además, cumple con el criterio de decisión, indicando una diferencia significativa. Por lo tanto, se concluye que la fabricación de los adoquines al sustituir 25% de relave minero, no mejora mucho sus propiedades,

pero cumple con los estándares de calidad a la resistencia a compresión para la construcción de pavimentos articulados con un tránsito liviano.

En tercer lugar y último, la muestra que incorpora un reemplazo del 50% de relave minero presenta una resistencia inferior de 33.835 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con el adoquín convencional. Además, cumple con el criterio de decisión, indicando una diferencia Significativa. Por lo tanto, se concluye que la fabricación de los adoquines al sustituir 50% de relave minero, perjudica drásticamente sus propiedades, asimismo no cumple con los estándares de calidad a la resistencia a compresión para la construcción de pavimentos articulados con un tránsito liviano.

En segundo lugar, analizaremos las parejas de tratamientos en relación a la muestra patrón de la hipótesis específico 2: La resistencia a la compresión de adoquines de concreto varía significativamente con la adición de relave minero bajo efecto de helada. A continuación, determinamos el valor de decisión de Dunnett.

$$CM_E=18.3032525 \quad n_i=6$$

$$|y_l - y_k| > D_\alpha(k; N - K) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot CM_E}{n_i}}$$

$$D_\alpha(k; N - K) = D_\alpha(4; 20) = 2.65$$

$$\sqrt{\frac{2 \cdot CM_E}{n_i}} = 2.47$$

$$D_\alpha(k; N - K) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot CM_E}{n_i}} = 2.65 \cdot 2.47 = 6.546$$

Asimismo, la prueba de Dunnett se cumple, si solo si, existe significancia si el valor de Dunnet es mayor que la variación de las medias de los tratamientos en referencia al concreto patrón. Cuyo valor de decisión fue 6.545. A continuación, se proporciona una tabla con los resultados de las pruebas en relación con la muestra.

**Tabla 36.** Criterio de decisión de Dunnett de H.E.2

PRUEBA DE DUNNET	DECISIÓN
$ \bar{y}_1 - \bar{y}_c  = 0.798 < 6.545$	No existe una diferencia significativa
$ \bar{y}_2 - \bar{y}_c  = 29.897 > 6.545$	Existe una gran diferencia significativa

A partir de la información proporcionada en la tabla, se derivan las siguientes conclusiones. En primer lugar, la muestra que incorpora un 10% de relave minero presenta una resistencia superior de 0.798 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con el adoquín convencional, Sin embargo, no cumple con el criterio de decisión de la media, indicando que no existe una diferencia significativa. Esto indica que las medias con respecto al concreto patrón son semejantes y, por lo tanto, se concluye que la fabricación de los adoquines al sustituir 10% de relave minero bajo efecto de helada cumple óptimamente los estándares de calidad a la resistencia a compresión para construcción de pavimentos articulados en zonas frías y templados con un tránsito liviano.

Asimismo, en segundo lugar, la muestra que incorpora un sustituir 25% de relave minero bajo efecto de helada, presenta una resistencia inferior de 29.897 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con el adoquín convencional. Además, cumple con el criterio de decisión, indicando una diferencia significativa. Por lo tanto, se concluye que la fabricación de los adoquines al sustituir 25% de relave minero bajo efecto de helada, perjudica levemente sus propiedades, asimismo no cumple con los estándares de calidad a la resistencia a compresión para la construcción de pavimentos articulados en zonas frías con un tránsito liviano.

En tercer lugar y último, la muestra que incorpora un reemplazo del 50% de relave minero presenta una resistencia inferior de 117.273 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con el adoquín convencional. Además, cumple con el criterio de decisión, indicando una diferencia significativa. Por lo tanto, se concluye que la fabricación de los adoquines al sustituir 50% de relave minero bajo efecto de helada, perjudica drásticamente sus propiedades, asimismo no cumple con los estándares de calidad a la resistencia a compresión para la construcción de pavimentos articulados en zonas frías con un tránsito liviano.

#### **4.8. Prueba de resistencia a la abrasión de adoquines de concreto con adición de relave minero.**

En esta prueba se llevó a cabo el ensayo de resistencia al desgaste por abrasión

empleando el método Böhme a los 28 días de curado. Este ensayo permitió determinar el volumen de pérdida de cada muestra cúbica, sometida a ciclos de desgaste sobre un disco circular, mediante el material abrasivo, por medio de la variación de su masa como se ilustra en la figura siguiente. Asimismo, en los procedimientos se basaron con los estándares establecidos en norma ecuatoriana 3040 y NTP 399.11.

**Figura 71:** Ensayo de abrasión método Bohme



A continuación, se presentan los valores obtenidos de los diferentes ensayos realizados en laboratorio, según las diferentes tablas

**Tabla 37.** Datos de las densidades de adoquines de concreto.

MP+0%R		MP+10%R		MP+25%R		MP+50%R	
DENSIDAD (gr/mm <sup>3</sup> )	PROMEDIO (gr/mm <sup>3</sup> )	DENSIDAD (gr/mm <sup>3</sup> )	PROMEDIO (gr/mm <sup>3</sup> )	DENSIDAD (gr/mm <sup>3</sup> )	PROMEDIO (gr/mm <sup>3</sup> )	DENSIDAD (gr/mm <sup>3</sup> )	PROMEDIO (gr/mm <sup>3</sup> )
0.0021		0.0022		0.0022		0.0020	
0.0022		0.0022		0.0021		0.0020	
0.0022	0.00215	0.0022	0.00218	0.0020	0.00207	0.0020	0.002
0.0021		0.0021		0.0020		0.0020	
0.0022		0.0022		0.0021		0.0020	
0.0021		0.0022		0.0020		0.0020	

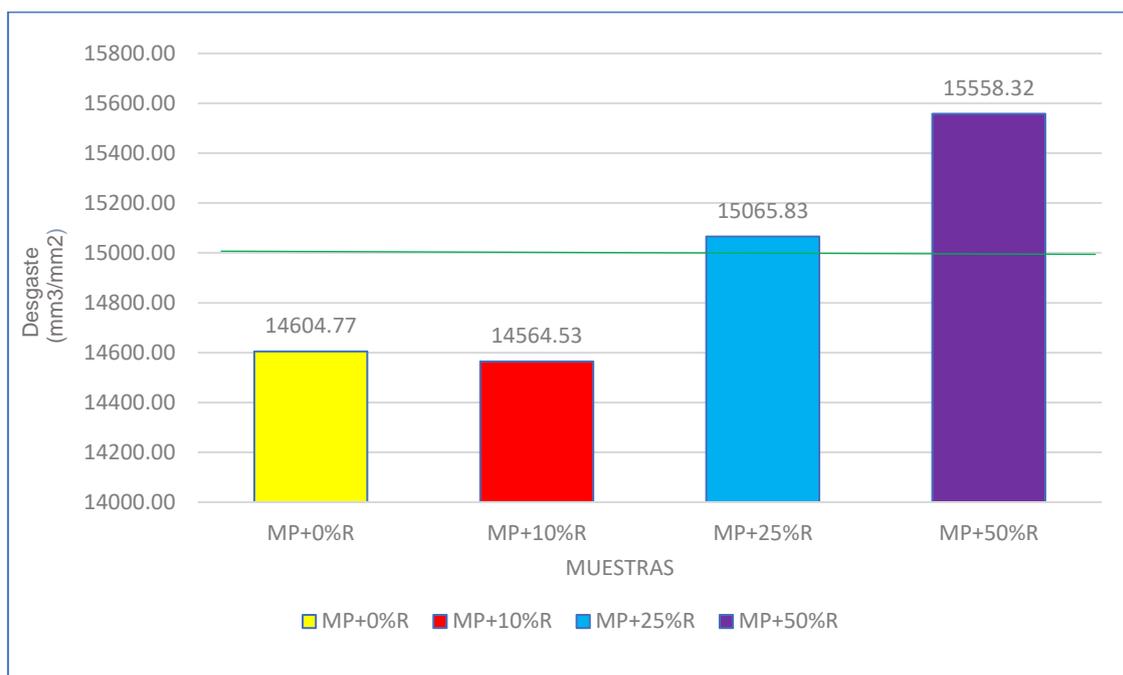
**Tabla 38.** Valores de volumen de desgaste por abrasión método bohme.

MP+0%R		MP+10%R		MP+25%R		MP+50%R	
DESGASTE (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )	PROMEDIO (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )	DESGASTE (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )	PROMEDIO (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )	DESGASTE (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )	PROMEDIO (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )	DESGASTE (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )	PROMEDIO (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )
14470.240		14723.87		14957.880		15416.80	
14464.550		14704.63		15070.970		15419.42	
14626.050	14604.773	14697.82	14564.525	15166.540	15065.825	15554.25	15558.315
14867.600		14611.57		15073.810		15563.60	
14349.230		14329.62		15079.580		15637.12	
14850.970		14319.64		15046.170		15758.70	

Estos valores obtenidos a través del análisis de la resistencia a la abrasión por el

método bohme de adoquines de concreto en remplazo de relave minero, bajo condiciones ambientales, proporcionan hallazgos significativos en dos enfoques estadísticos, En una primera instancia, se destaca el análisis de la **estadística descriptiva**, el cual se presenta visualmente en el siguiente diagrama:

**Figura 72.** Variación de la resistencia a la abrasión de adoquines bajo temperatura ambiente a los 28 días de curado.



Fuente: Datos de Laboratorio

La **Figura 72**, muestra la variación de la resistencia a la abrasión de los adoquines, expuesto a temperatura ambiente, a los 28 días de curado, revelaron que, en el caso de los adoquines sin relave minero, las resistencias patrón promedio fue de 14,604.77 mm³/mm². Por otro lado, los adoquines con relave minero en reemplazo de la arena fina al 10%, 25% y 50% mostraron resistencias a la compresión de 14,564.53 mm³/mm², 15,065.83 mm³/mm² y 15,558.32 mm³/mm², respectivamente.

Además, resulta relevante señalar que al reemplazar el relave minero en proporciones del 10% y 25% en reemplazo de la arena fina, se evidenció una mejora en la resistencia a la abrasión de 40.248 mm³/mm² y una disminución de 461.052 mm³/mm² en comparación con el concreto estándar, pero respecto a la dosificación al 25% existe una diferencia mínima de 65.83 mm³/mm² respecto a la tolerancia de desgaste de 15,000 mm³/ 5000 mm² para adoquines de concreto.

Sin embargo, aun todavía con estos valores se cumplen con los requisitos de resistencia a la abrasión para la fabricación de adoquines de concreto con tráfico vehicular ligero.

#### 4.9. Prueba de resistencia a la abrasión de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo el efecto de helada.

En esta prueba se llevó a cabo el ensayo de resistencia al desgaste por abrasión empleando el método Böhme a los 28 días de curado sometidos a ciclos de congelamiento y deshielo. Este ensayo permitió determinar el volumen de pérdida de cada muestra cúbica, sometida a ciclos de desgaste sobre un disco circular, mediante el material abrasivo, por medio de la variación de su masa. Asimismo, en los procedimientos se basaron con los estándares establecidos en norma ecuatoriana 3040 y NTP 399.11.

A continuación, se presentan los valores obtenidos de los diferentes ensayos realizados en laboratorio, según las diferentes tablas

**Tabla 39.** Datos de las densidades de adoquines de concreto bajo helada.

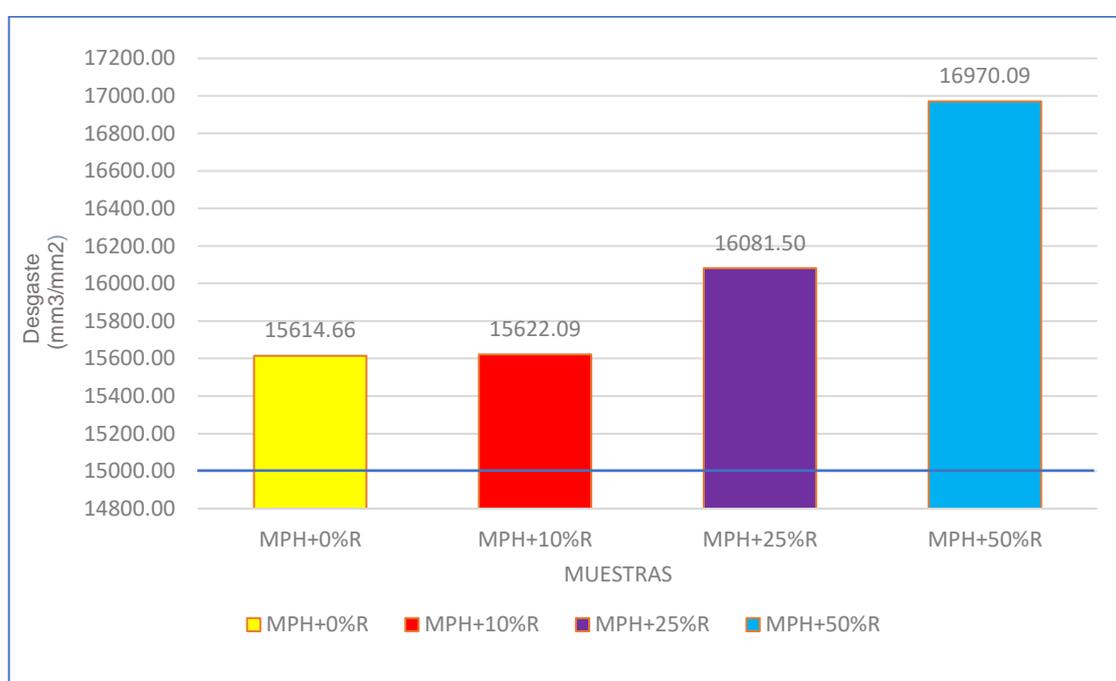
MP+0%R		MP+10%R		MP+25%R		MP+50%R	
DENSIDAD (gr/mm <sup>3</sup> )	PROMEDIO (gr/mm <sup>3</sup> )	DENSIDAD (gr/mm <sup>3</sup> )	PROMEDIO (gr/mm <sup>3</sup> )	DENSIDAD (gr/mm <sup>3</sup> )	PROMEDIO (gr/mm <sup>3</sup> )	DENSIDAD (gr/mm <sup>3</sup> )	PROMEDIO (gr/mm <sup>3</sup> )
0.0021		0.0022		0.0020		0.0020	
0.0021		0.0022		0.0020		0.0021	
0.0021	0.0021	0.0022	0.0022	0.0020	0.0020	0.0021	0.0021
0.0021		0.0022		0.0020		0.0021	
0.0021		0.0022		0.0020		0.0021	
0.0021		0.0021		0.0020		0.0021	

**Tabla 40.** Valores de volumen de desgaste por abrasión método bohme bajo helada.

MP+0%R		MP+10%R		MP+25%R		MP+50%R	
DESGASTE (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )	PROMEDIO (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )	DESGASTE (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )	PROMEDIO (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )	DESGASTE (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )	PROMEDIO (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )	DESGASTE (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )	PROMEDIO (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )
15609.750		15876.010		16080.80		17066.94	
15771.990		15690.420		16063.73		16773.10	
15938.300	15614.663	15470.160	15622.087	16225.08	16081.500	17037.83	16970.087
15533.270		15570.600		15983.68		16991.65	
15983.700		15548.430		16161.91		17116.88	
14850.970		15576.900		15973.80		16834.12	

Estos valores obtenidos a través del análisis de la resistencia a la abrasión por el método bohme de adoquines de concreto en remplazo de relave minero, bajo exposición de ciclos de congelamiento y deshielo (helada), proporcionan hallazgos significativos en dos enfoques estadísticos, En una primera instancia, se destaca el análisis de la **estadística descriptiva**, el cual se presenta visualmente en el siguiente diagrama:

**Figura 73.** Variación de la resistencia a la abrasión de adoquines bajo exposición de congelamiento y deshielo a los 28 días de curado.



Fuente: Datos de Laboratorio

La **Figura 73**, muestra la variación de la resistencia a la abrasión de los adoquines, expuesto a temperatura ambiente, a los 28 días de curado, revelaron que, en el caso de los adoquines sin relave minero, las resistencias patrón promedio fue de 15,614.66 mm³/mm². Por otro lado, los adoquines con relave minero en reemplazo de la arena fina al 10%, 25% y 50% mostraron resistencias a la compresión de 15,622.09 mm³/mm², 16,081.50 mm³/mm² y 16,970.09 mm³/mm², respectivamente.

Además, resulta relevante señalar que al reemplazar el relave minero en proporciones del 10% en relación con la arena fina, se evidenció una mejora a la

resistencia a la abrasión de 7.42 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup> y el resto de las muestras no mejoraron en comparación con el concreto estándar. Asimismo, estos cambios permitieron cumplir con los estándares de la NTP 399.11 y la norma ecuatoriana INEN 3040 para el tráfico vehicular de TIPO II.

#### 4.10. Contratación de hipótesis sobre las resistencias a compresión de los adoquines de concreto con adición de relave minero bajo condiciones ambientales y helada.

Para la contrastación de la propiedad mecánica de resistencia a la abrasión, se realizó un análisis estadístico inferencial, aplicándose un análisis de varianza con el método de ANOVA y prueba de *t* para comparar cada uno de los grupos con el grupo de control, con el objetivo de validar y jerarquizar los tratamientos según sus resultados, con el objetivo de validar la hipótesis y jerarquizar los tratamientos según sus resultados.

El objetivo del análisis de varianza en el diseño experimental con dos factores es probar la igualdad de los tratamientos con respecto a la media de la correspondiente variable dependiente. Del cual se definen en el siguiente cuadro las siguientes hipótesis:

**Tabla 41.** Prueba de hipótesis HE3 y HE4

HIPOTESIS ESPECÍFICO N°3	HIPOTESIS ESPECÍFICO N°4
<p><b>Ho<sub>3</sub>:</b> La resistencia a la abrasión de adoquines de concreto no varía significativamente con la adición de relave minero, Puno, 2023.</p> <p><b>Ho<sub>3</sub>: <math>\mu_1 = \mu_2</math> (hipótesis nula)</b></p> <p><b>HA<sub>3</sub>:</b> La resistencia a la abrasión de adoquines de concreto varía significativamente con la adición de relave minero, Puno, 2023.</p> <p><b>HA<sub>3</sub>: <math>\mu_1 \neq \mu_2</math> (hipótesis alterna)</b></p>	<p><b>Ho<sub>4</sub>:</b> La resistencia a la abrasión de adoquines de concreto no varía significativamente con la adición de relave minero bajo el efecto de helada, Puno, 2023.</p> <p><b>Ho<sub>4</sub>: <math>\mu_1 = \mu_2</math> (hipótesis nula)</b></p> <p><b>HA<sub>4</sub>:</b> La resistencia a la abrasión de adoquines de concreto varía significativamente con la adición de relave minero bajo el efecto de helada, Puno, 2023.</p> <p><b>HA<sub>4</sub>: <math>\mu_1 \neq \mu_2</math> (hipótesis alterna)</b></p>
EFECTO COMBINADO A CONDICIONES AMBIENTALES Y HELADA	
<p><b>Ho<sub>3-4</sub>:</b> La resistencia a la abrasión de adoquines de concreto no varía significativamente con la adición de relave minero sometidas a condiciones ambientales y helada.</p> <p><b>Ho<sub>3-4</sub>: <math>\mu_1 = \mu_2</math> (hipótesis nula)</b></p>	

**HA<sub>3-4</sub>:** La resistencia a la abrasión de adoquines de concreto varía significativamente con la adición de relave minero sometidas a condiciones ambientales y helada.

**HA<sub>3-4</sub>:  $\mu_1 \neq \mu_2$  (hipótesis alterna)**

Por lo tanto, en la tabla siguiente se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la abrasión a diferentes tratamientos de relave minero sometido a condiciones ambientales y helada.

**Tabla 42.** Valores de esfuerzo a compresión de adoquines de concreto minero sometidos a condiciones ambientales y helada a 28 días de curado.

		ADICIÓN DE RELAVE MINERO			
		MP+0%RM	MP+10%RM	MP+25%RM	MP+50%RM
TEMPERATURA	AMBIENTE (T=VARIABLE)	14470.240	14723.870	14957.880	15416.800
		14464.550	14704.630	15070.970	15419.420
		14626.050	14697.820	15166.540	15554.250
		14867.600	14611.570	15073.810	15563.600
		14349.230	14329.620	15079.580	15637.120
		14850.970	14319.640	15046.170	15758.700
	HELADA (T=-12°C)	15609.750	15876.010	16080.800	17066.940
		15771.990	15690.420	16063.730	16773.100
		15938.300	15470.160	16225.080	17037.830
		15533.270	15570.600	15983.680	16991.650
		15983.700	15548.430	16161.910	17116.880
		14850.970	15576.900	15973.800	16834.120

**Tabla 43.** Análisis de varianza del factor adición de relave bajo condiciones ambientales.

	MP+0%RM	MP+10%RM	MP+25%RM	MP+50%RM	TOTAL
Cuenta	6	6	6	6	24
Suma	87628.64	87387.15	90394.95	93349.89	358760.63
Promedio	14604.7733	14564.525	15065.825	15558.315	14948.3596
Varianza	46641.5096	36030.0103	4492.27691	17145.4296	192560.501

**Tabla 44.** Análisis de varianza del factor adición de relave bajo helada.

	MP+0%RM	MP+10%RM	MP+25%RM	MP+50%RM	TOTAL
Cuenta	6	6	6	6	24
Suma	93687.98	93732.52	96489	101820.52	385730.02
Promedio	15614.6633	15622.0867	16081.5	16970.0867	16072.0842
Varianza	171111.391	20469.2464	9713.05796	18654.7337	365613.672

**Tabla 45.** Análisis de varianza del efecto combinado de los factores

	MP+0%RM	MP+10%RM	MP+25%RM	MP+50%RM
Cuenta	12	12	12	12
Suma	181316.62	181119.67	186883.95	195170.41
Promedio	15109.7183	15093.3058	15573.6625	16264.2008
Varianza	377127.086	330709.665	287801.254	559845.321

**Tabla 46.** Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo  $\alpha=0.05$ .

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Relave M.	15153083.3	1	15153083.3	373.852904	6.6596E-22	4.08474573
Helada	10880772.7	3	3626924.22	89.4825249	8.7081E-18	2.8387454
<b>Efecto Combinado (Error)</b>	335945.036	3	111981.679	2.76278266	0.05445301	2.8387454
	1621288.28	40	40532.207			
<b>Total</b>	27991089.2	47				

Dado en el cuadro de resultados de ANOVA se determina que los valores calculados de F son superiores al valor crítico de  $F_c$ , de los diferentes orígenes de variaciones, por lo tanto se concluye que existen diferencias significativas entre los tratamientos. Además, la probabilidad asociada es menor al nivel de significancia de 0.05, lo que confirma la presencia de diferencias entre los tratamientos. En resumen, con respecto a la contrastación de las planteadas se rechaza la nula ( $H_0: \mu_1 = \mu_2$ ) y se acepta la alternativa ( $H_A: \mu_1 \neq \mu_2$ ) Lo que respalda la producción de adoquines de concreto con la adición de relave minero a condiciones ambientales y helada.

Asimismo, en el siguiente segmento, se detalla **la prueba de comparación de Dunnett**, cuyo propósito es contrastar las parejas de tratamientos en comparación con la muestra estándar,

En primer lugar, analizaremos las parejas de tratamientos en relación a la hipótesis específica 3: La resistencia a la abrasión de adoquines de concreto varía significativamente con la adición de relave minero. A continuación, determinaremos el valor de decisión de Dunnett.

$$CM_E=260077.3066 \quad n=6$$

$$|y_l - y_k| > D_\alpha(k; N - K) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot CM_E}{n_i}}$$

$$D_\alpha(k; N - K) = D_\alpha(4; 20) = 2.65$$

$$\sqrt{\frac{2 \cdot CM_E}{n_i}} = 93.233$$

$$D_\alpha(k; N - K) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot CM_E}{n_i}} = 2.65 \cdot 93.233 = 247.067$$

Asimismo, la prueba de Dunnett se cumple, si solo si, existe significancia si el valor de Dunnet es mayor a las variaciones de las medias de los tratamientos en referencia al concreto patrón. Cuyo valor de decisión fue 247.067. A continuación, se proporciona una tabla con los resultados de las pruebas en relación con la muestra patrón.

**Tabla 47.** Criterio de decisión de Dunnett de H.E.3

PRUEBA DE DUNNET	DECISIÓN
$ \check{y}_1 - \check{y}_c  = 40.248 < 247.067$	No existe una diferencia significativa
$ \check{y}_2 - \check{y}_c  = 461.052 > 247.067$	Existe una gran significativa regular
$ \check{y}_3 - \check{y}_c  = 953.542 > 247.067$	Existe una gran diferencia significativa

A partir de la información proporcionada en la tabla, se derivan las siguientes conclusiones. En primer lugar, la muestra que incorpora un 10% de relave minero presenta una resistencia a la abrasión mayor de 40.248 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup> en comparación con el adoquín convencional. Sin embargo, no cumple con el criterio de decisión, indicando no existe una diferencia significativa al realizar la sustitución del 10% de relave minero. Esto indica que las medias con respecto al concreto patrón son semejantes y, por lo tanto, se concluye que la fabricación de los adoquines al sustituir 10% de relave minero, cumple óptimamente los estándares de calidad a la abrasión para construcción de pavimentos articulados con un tránsito liviano.

Asimismo, en segundo lugar, la muestra que incorpora un reemplazo del 25% de relave minero presenta una resistencia abrasiva inferior de 461.052 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup> en

comparación con el adoquín convencional. Además, cumple con el criterio de decisión, indicando una diferencia significativa. Por lo tanto, se concluye que la fabricación de los adoquines al sustituir 25% de relave minero, no mejora mucho sus propiedades, pero cumple con los estándares de calidad a la abrasión para la construcción de pavimentos articulados con un tránsito liviano.

En tercer lugar y último, la muestra que incorpora un reemplazo del 50% de relave minero presenta una resistencia abrasiva mucho menor de 953.635 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup> en comparación con el adoquín convencional. Además, cumple con el criterio de decisión, indicando una diferencia Significativa. Por lo tanto, se concluye que la fabricación de los adoquines al sustituir 50% de relave minero, perjudica drásticamente sus propiedades, asimismo no cumple con los estándares de calidad a la abrasión para la construcción de pavimentos articulados con un tránsito liviano.

En segundo lugar, analizaremos las parejas de tratamientos en relación a la muestra patrón de la hipótesis específico 4: La resistencia a la abrasión de adoquines de concreto varía significativamente con la adición de relave minero bajo efecto de helada. A continuación, determinamos el valor de decisión de Dunnett.

$$CM_E=54987.10734 \quad n=6$$

$$|y_l - y_k| > D_\alpha(k; N - K) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot CM_E}{n_i}}$$

$$D_\alpha(k; N - K) = D_\alpha(4; 20) = 2.65$$

$$\sqrt{\frac{2 \cdot CM_E}{n_i}} = 135.385$$

$$D_\alpha(k; N - K) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot CM_E}{n_i}} = 2.65 \cdot 135.385 = 358.77$$

Asimismo, la prueba de Dunnett se cumple, si solo si, existe significancia si el valor de Dunnet es mayor que la variación de las medias de los tratamientos en referencia

al concreto patrón. Cuyo valor de decisión fue 358.77. A continuación, se proporciona una tabla con los resultados de las pruebas en relación con la muestra patrón.

**Tabla 48.** Criterio de decisión de Dunnett de H.E.4

PRUEBA DE DUNNET	DECISIÓN
$ \bar{y}_1 - \bar{y}_c  = 7.423 > < 358.77$	No existe una diferencia significativa
$ \bar{y}_2 - \bar{y}_c  = 466.837 > 358.77$	Existe una gran significativa regular
$ \bar{y}_3 - \bar{y}_c  = 1355.423 > 358.77$	Existe una gran diferencia significativa

A partir de la información proporcionada en la tabla, se derivan las siguientes conclusiones. En primer lugar, la muestra que incorpora un 10% de relave minero presenta una resistencia a la abrasión mayor de 7.423 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup> comparación con el adoquín convencional. Sin embargo, no cumple con el criterio de decisión, indicando no existe una diferencia significativa. Esto indica que las medias con respecto al concreto patrón son semejantes y, por lo tanto, se concluye que la fabricación de los adoquines al sustituir 10% de relave minero bajo efecto de helada, cumple óptimamente los estándares de calidad a la resistencia a la abrasión para construcción de pavimentos articulados en zonas frías y templados con un tránsito liviano.

Asimismo, en segundo lugar, la muestra que incorpora un reemplazo del 25% de relave minero presenta una resistencia abrasiva inferior de 466.837 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup> en comparación con el adoquín convencional. Además, cumple con el criterio de decisión, indicando una diferencia significativa. Por lo tanto, se concluye que la fabricación de los adoquines al sustituir 25% de relave minero bajo el efecto de helada, perjudica notablemente sus propiedades, asimismo no cumple con los estándares de calidad a la para construcción de pavimentos articulados en zonas fríos y templados con un tránsito liviano.

En tercer lugar y último, la muestra que incorpora un reemplazo del 50% de relave minero presenta una resistencia abrasiva mucho menor de 1355,423 mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup> en comparación con el adoquín convencional. Además, cumple con el criterio de decisión, indicando una diferencia significativa. Por lo tanto, se concluye que la fabricación de los adoquines al sustituir el 50% de relave minero bajo efecto de

helada, deteriora mucho sus propiedades y no cumple con los estándares de calidad a la para construcción de pavimentos articulados en zonas frías y templados.

## V. DISCUSIÓN

En cuanto a las discusiones, se abordará la evaluación y comparación de cada objetivo en relación con los antecedentes de la investigación. En cuanto al objetivo general, está orientado a ***analizar la resistencia mecánica de adoquines de concreto con la adición de relave minero bajo la influencia de condiciones de helada en Puno, 2023.***

- ✓ En primer lugar, se destaca que la fabricación de adoquines, al sustituir el 10% de relave minero, cumple de manera óptima con los estándares de calidad en cuanto a resistencia mecánica, tanto para la construcción de pavimentos articulados con tráfico liviano bajo el efecto de la helada y sin helada, cumpliendo así con los estándares de calidad para pavimentos articulados en áreas frías y templadas con tráfico liviano. Por lo que se respalda según estudio llevado a cabo por Mamani y Jove (2022), que afirma la viabilidad en producción de adoquines concreto con adición del 10% de relave minero no toxico bajo condiciones ambientales normales. Asimismo, respecto a la exposición de unos adoquines bajo efecto de helada, no se tiene estudios pertinentes ante este efecto.

Asimismo, en segundo lugar, la producción de adoquines al sustituir 25% de relave minero no experimenta una mejora significativa en sus propiedades, pero aun así cumple con los estándares de calidad en términos de resistencia a la compresión y abrasión para la construcción de pavimentos articulados con tráfico liviano. En cuanto a la fabricación de adoquines al sustituir el 25% de relave minero bajo el efecto de la helada, se observa una pérdida drástica en sus propiedades, y no cumple con los estándares de calidad en cuanto a resistencia a la compresión y abrasión para la construcción de pavimentos articulados en zonas frías y templados con tráfico liviano. Respecto a este contexto se observa una discrepancia notable según la investigación de Lojano y Proaño (2022) que afirma que al sustituir 25% de relave minero no cumple con los estándares de resistencia mecánica bajo a condiciones ambientales. Sin embargo, no se ha encontrado otro antecedente que respalde esta afirmación. Asimismo, no se dispone de

estudios relevantes sobre la exposición de adoquines bajo efecto de la helada en la región de Puno , ya que la investigaciones relacionadas no presentan características de bajas temperaturas frecuentemente por su geografía y climatología.

En tercer lugar, la producción de adoquines al sustituir el 50% de relave minero tiene un impacto negativo significativo en sus propiedades, y no satisface los estándares de calidad en cuanto a resistencia a la compresión y abrasión para la construcción de pavimentos articulados con tráfico liviano. Además, en la producción de adoquines al sustituir el 50% de relave minero bajo el efecto de la helada, se observa una drástica disminución en sus propiedades, y tampoco cumple con los estándares de calidad en términos de resistencia a la compresión y abrasión para la construcción de pavimentos articulados en zonas frías y templados con tráfico liviano. Por lo que se respalda según estudio llevado a cabo por Lojano y Proaño (2022) que afirma que la sustitución del 50% de relave es perjudicial para la fabricación de adoquines de concreto. Sin embargo, no se ha encontrado otro antecedente que respalde esta afirmación. Asimismo, no se dispone de estudios relevantes sobre la exposición de adoquines bajo efecto de la helada en la región de Puno, ya que las investigaciones relacionadas no presentan características de bajas temperaturas frecuentemente por su geografía y climatología.

Asimismo, respecto a las discusiones de los objetivos específicos, se enfoca primeramente en el objetivo específico N°1 de ***analizar la variación de la resistencia a la compresión de adoquines de concreto con adición de relave minero, Puno.***

- ✓ Se destacan varios hallazgos. En particular la investigación afirma que, a la edad de 28 días de curado, la muestra patrón superó la resistencia proyectada de 380 kg/cm<sup>2</sup>, alcanzando una resistencia promedio de 395 kg/cm<sup>2</sup>. Además, al sustituir el 10% de relave, se observó un notable mejoramiento de 2.248 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con la muestra patrón. Sin

embargo, al sustituir el 25% de relave, la resistencia fue de 379.98 kg/cm<sup>2</sup>, cercana a la resistencia proyectada, pero con una reducción de 15.388 kg/cm<sup>2</sup> respecto al concreto patrón. Ambas muestras cumplen con los requisitos de resistencia proyectada para un adoquín convencional de TIPO II según la N.T.P. 399.611.

En contraste, la investigación de Lojano y Proaño (2022) buscó identificar las características físicas y mecánicas de adoquines elaborados con residuos mineros. Colocando, 25% y 50% de relave en lugar del agregado fino, las muestras no cumplieron con los estándares establecidos en la norma ecuatoriana INEN 3040, con resistencias de 151.122 kg/cm<sup>2</sup> y 158.668 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, frente a la máxima resistencia de 191.605 kg/cm<sup>2</sup> de la muestra patrón. Este resultado contrasta con la investigación inicial, donde las sustituciones de relave cumplían con los estándares. Adicionalmente, en el estudio llevado a cabo por Mamani y Jove (2022), se buscó evaluar el impacto de la inclusión de relave minero triturado no tóxico en la producción de adoquines tipo II. Al sustituir el 10%, 30%, 50%, y 75% de relave en lugar del agregado fino, solo las muestras con un 10% de relave minero cumplieron con los estándares establecidos, alcanzando una resistencia de 380.28kg/cm<sup>2</sup>. De esta manera, se confirma la viabilidad de la investigación en cuestión.

La comparación con respecto a las investigaciones revela discrepancias notables. Mientras que en la presente investigación las sustituciones del 10% y 25% de relave minero cumplen con los estándares, sin embargo, la investigación de Lojano y Proaño muestra que al sustituir el 25% y 50%, los adoquines no cumplen con las normativas. La diferencia radica en la proporción de relave utilizado y sus efectos en las resistencias mecánicas. De lo anterior se observa la viabilidad de utilizar el 10% y 25% de relave minero en la fabricación de adoquines de concreto en la región de Puno.

Por otro lado, las divergencias en los resultados en relación a la segunda investigación pueden ser atribuidas a diversas variables, tales como las

características particulares del relave empleado, las condiciones ambientales y las metodologías de prueba utilizadas. A pesar de que en esta investigación logró cumplir con los estándares incluso con sustituciones del 25%, el estudio de Mamani y Jove solo obtuvo cumplimiento al nivel del 10% de sustitución. Estas diferencias resaltan la importancia de tener en cuenta factores específicos al diseñar mezclas de concreto para aplicaciones particulares.

En cuanto a la segunda parte de la discusión se enfoca en el objetivo específico N°2 de ***analizar la variación de la resistencia a la compresión de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo el efecto de helada.***

- ✓ Se destaca la incorporación de relave minero y polietileno reciclado de alta densidad (PEAD). Sometiéndose a ensayos específicos bajo condiciones de ciclos de congelamiento y deshielo. En el caso de los adoquines con relave, se registró una resistencia promedio de 357.51 kg/cm<sup>2</sup> después de 28 días de curado. La adición del 10% de relave minero demostró una mejora significativa de 0.709 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con la muestra estándar. Por otro lado, en la investigación de Acuña y Milán sobre briquetas de PEAD, se observaron resistencias a la compresión específicas para diversas proporciones de PEAD, destacándose la dosificación del 5% como la más efectiva, Además, otra investigación a cargo de Quispe y Tintaya (2019), concluyo que la protección con polietileno y estiércol de ovino resulta eficiente en el curado del concreto en condiciones adversas al congelamiento y deshielo.

Por lo tanto, al comparar estos resultados. En el ámbito de la resistencia a la compresión, estos estudios revelan mejoras sustanciales al introducir aditivos específicos. Mientras que la muestra con relave minero mostro una mejora cuantificable al 10%, por otra parte, las briquetas con PEAD en diversas dosificaciones también exhibieron variaciones en la resistencia. siendo la más optima en niveles del 5%. Además, el polietileno y estiércol de ovino resulta crucial para protección contra efectos de congelamiento y deshielo, reduciendo el daño en concreto.

Asimismo, por otra parte, la discrepancia entre los resultados obtenidos con relave y PEAD puede atribuirse a las propiedades físicas y químicas únicas de cada aditivo, La variabilidad en las mejoras observadas para distintas dosificaciones de PEAD sugiere una mayor flexibilidad en la selección de proporciones efectivas, permitiendo una adaptabilidad más amplia a las necesidades específicas. En contraste, la eficacia del 10% de relave minero podría señalar un punto en el que las mejoras se ven limitadas, superando un umbral específico.

Asimismo, en cuanto a la tercera parte de la discusión se enfoca en el objetivo específico N°3 de ***analizar la variación de la resistencia a la abrasión de adoquines de concreto con adición de relave minero, Puno,2023.***

- ✓ En las cuales se destacan varios hallazgos. En particular en la investigación, a los 28 días de curado, es relevante destacar que al sustituir 10% de relave minero mejora notablemente la resistencia a la abrasión, con un valor de  $40.248 \text{ mm}^3/\text{mm}^2$ . En el caso de la sustitución del 25% de relave minero, no se observó una mejora significativa en comparación con la muestra estándar, pero se evidenció una variación mínima de  $65 \text{ mm}^3/\text{mm}^2$  en relación con el límite abrasivo. Por otro lado, al sustituir el 50% de relave minero, se observó un impacto negativo drástico en la resistencia. A pesar de estos cambios, es importante señalar que las muestras sustituidas al 10% y 25% cumplen con los estándares de calidad en cuanto a la abrasión, según la norma NTP 399.625. Además, todas las muestras cumplen con los estándares establecidos por la normativa ecuatoriana INEN 3040.

En contraste, la investigación de Lojano y Proaño (2022) buscó identificar las características físicas y mecánicas de adoquines elaborados con residuos mineros. Al sustituir el 25% y 50% de relave en lugar del agregado fino, las muestras no cumplieron con los estándares establecidos en la norma INEN 3040, con resistencias a la abrasión de 26 mm y 30 mm respectivamente, frente a la máxima resistencia de 25 mm de la muestra patrón.

Este resultado contrasta con la investigación, donde las sustituciones de relave cumplían con los estándares, Adicionalmente, en el estudio llevado a cabo por Saraguro et al (2021), tuvo la necesidad de encontrar una relación entre dos de las propiedades de los adoquines de 57 fábricas de la ciudad de Quito, En este contexto se realiza el análisis de resistencia a la compresión y desgaste. En relación al máximo volumen de desgaste determinado mediante el ensayo Bohme se determinó  $13,180 \text{ mm}^3 / 5,000 \text{ mm}^2$  y asimismo todos los especímenes de estudios cumplieron con los estándares establecidos de ser inferior o igual a  $20\ 000 \text{ mm}^3 / 5000 \text{ mm}^2$  según la norma INEN 3040.

La comparación entre las investigaciones revela notables discrepancias. Aunque las sustituciones del 10% demostraron una mejora con respecto al concreto patrón en la investigación, es relevante señalar que solo las muestras con sustituciones de 10% y 25% lograron cumplir con los estándares establecidos por la NTP 399.625. Sin embargo, es relevante destacar que todas las muestras cumplen con la normativa ecuatoriana y venezolana INEN 3040. En contraste, la investigación de Lojano y Proaño indica que al sustituir el 25% y 50%, los adoquines no cumplen con las normativas de abrasión. En conclusión, la investigación respalda la viabilidad de utilizar el 10% y 25% de relave minero en la construcción de adoquines de concreto. Además, cabe destacar que los resultados obtenidos en la segunda investigación, en comparación con la primera, consistieron en evaluar el desgaste de un adoquín mediante la resistencia a la abrasión del método Bohme y ambas investigaciones cumplieron con la normativa INEN 3040.

La discrepancia entre estos resultados puede atribuirse a diversas variables, como las características específicas del relave minero empleado, las metodologías utilizadas en los procesos de fabricación y prueba, así como las condiciones ambientales particulares de cada Investigación.

En la cuarta y última parte de la discusión se enfoca en el objetivo específico N°4 de ***analizar la variación de la resistencia a la abrasión de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo el efecto de helada,Puno,2023.***

- ✓ Se destacan varios hallazgos. En particular en la investigación, a los 28 días de curado, resulta relevante señalar que sustituir 10% relave minero en reemplazo de la arena fina, se evidenció una mejora a la resistencia a la abrasión de 7.42 m<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup> y el resto de las muestras no mejoraron en comparación con el concreto estándar. Pero a pesar de tener estos cambios no cumplieron con los requisitos de resistencia a la abrasión, en las cuales se afirma que las muestras que tengan mayor desgaste 15000 m<sup>3</sup>/5000 mm<sup>2</sup> no cumplen con las condiciones de resistencia según NTP 399. 625. Pero por otra parte si cumple con la normativa vigente ecuatoriana y venezolana INEN 3040. Asimismo, los valores obtenidos, no son posibles de comparar en vista de que los antecedentes no se han realizado estudios similares al respecto.

## VI. CONCLUSIONES

En relación a las conclusiones, se presentan resultados significativos en relación con cada objetivo establecido a lo largo de la investigación. En primer lugar, en cuanto al objetivo general, se orientó a **determinar la resistencia mecánica de adoquines de concreto con la adición de relave minero bajo efecto de helada en Puno, 2023.**

- ✓ Se concluye que la sustitución del 10% y 25% de relave minero en reemplazo de la arena fina cumple satisfactoriamente con los estándares de resistencia mecánica según la NTP 399.611 y NTP 399.625 para la fabricación de adoquines destinados a vías con tráfico vehicular ligero, en condiciones ambientales normales. Asimismo, se concluye que la sustitución al 10% de relave minero mejora óptimamente en las propiedades mecánicas bajo el efecto de la helada, cumpliendo así con los estándares de calidad para pavimentos articulados en zonas frías y templadas con tráfico un liviano.

Asimismo, en cuanto a los objetivos específicos se presentaron hallazgos significativos, como primer objetivo específico, orientado a **determinar la variación de la resistencia a la compresión de adoquines de concreto con adición de relave minero, Puno,2023.**

- ✓ Se concluye que la sustitución del 10% y 25% de relave minero en reemplazo de la arena fina cumple con los estándares de resistencia a la compresión según la NTP 399.611 para la fabricación de adoquines de concreto Tipo II.

En relación con el segundo objetivo específico, orientado a **determinar la variación de la resistencia a la compresión de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo efecto de helada, Puno,2023.**

- ✓ Se concluye que la sustitución del 10 % de relave minero en reemplazo de la arena fina mejora de manera óptima las propiedades de resistencia a la compresión de los adoquines de concreto sometidos bajo el efecto de helada. Lo que confirma su calidad para la construcción de pavimentos articulados en zonas frías y templadas con un tráfico vehicular liviano.

Asimismo, se demuestra que las otras dosificaciones, perjudican drásticamente sus propiedades de resistencia ante este efecto.

Asimismo, como tercer objetivo específico, está orientado a ***determinar la variación de la resistencia a la abrasión de adoquines de concreto con adición de relave minero, Puno,2023.***

- ✓ Se concluye que la sustitución del 10% y 25% de relave minero en reemplazo de la arena fina cumple satisfactoriamente con los estándares de resistencia a la abrasión según la NTP 399.625 para la fabricación de adoquines de concreto Tipo II, y Asimismo, se demuestra que todas las dosificaciones, cumplen con los estándares de calidad según la normativa vigente ecuatoriana y venezolana INEN 3040

En cuanto con el cuarto y último objetivo específico, orientado a ***determinar la variación de la resistencia a la abrasión de adoquines de concreto con adición de relave minero, Puno,2023.***

- ✓ Se concluye que la sustitución del 10 % de relave minero en reemplazo de la arena fina soporta una resistencia a la abrasión casi igualmente al concreto patrón bajo el efecto de la helada. Lo que confirma su calidad para la construcción de pavimentos articulados en zonas frías y templadas con un tráfico vehicular ligero. Asimismo, se demuestra que las otras dosificaciones, perjudican drásticamente sus propiedades de resistencia ala abrasión ante este efecto.

## VII. RECOMENDACIONES

En relación a las recomendaciones. En primer lugar, en cuanto al objetivo general, está orientado a determinar ***la resistencia mecánica de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo efecto de helada, Puno, 2023.***

- ✓ Se recomienda, para zonas sin presencia de heladas, la producción de adoquines de concreto con la adición del 10% y 25% de relave minero en reemplazo de la arena fina. Asimismo, para zonas bajo el efecto de heladas se recomienda la producción de adoquines de concreto con la adición del 10% de relave minero para vías articuladas con un tránsito ligero.

Asimismo, en cuanto al objetivo específico N°1: ***Determinar la variación de la resistencia a la compresión de adoquines de concreto con adición de relave minero, Puno, 2023.***

- ✓ Se recomienda, que la sustitución del 50% de relave minero perjudica drásticamente las propiedades de resistencia a la compresión, por lo que no debe ser implementado por ninguna manera para construcción de pavimentos articulados destinados a tráfico liviano, No obstante, se sugiere su consideración en la construcción de pavimentos destinados a tráfico peatonal ligero.

Asimismo, en cuanto al objetivo específico N°2: ***Determinar la variación de la resistencia a la compresión de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo el efecto de helada, Puno, 2023.***

- ✓ Se recomienda que la sustitución del 25% y 50% de relave minero perjudica drásticamente las propiedades de resistencia a la compresión por lo que no debe ser implementado por ninguna manera para construcción de pavimentos articulados destinados a tráfico vehicular ligero en zonas con características climáticas frías y heladas.

Asimismo, en cuanto al objetivo específico N°3: ***Determinar la variación de la resistencia a la abrasión de adoquines de concreto con adición de relave***

***minero, Puno, 2023.***

- ✓ Se recomienda, que la sustitución del 50% de relave minero perjudica drásticamente las propiedades de resistencia a la abrasión, por lo que no debe ser implementado por ninguna manera para construcción de pavimentos articulados destinados a tráfico vehicular ligero, No obstante, se sugiere considerarlo en la construcción de pavimentos destinados a tráfico peatonal ligero.

Asimismo, en cuanto al objetivo específico N°4: ***Determinar la variación de la resistencia a la abrasión de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo el efecto de helada, Puno, 2023.***

- ✓ Se recomienda, que la sustitución del 25% y 50% de relave minero perjudica drásticamente las propiedades de resistencia a la abrasión por lo que no debe ser implementado por ninguna manera para construcción de pavimentos articulados destinados a tráfico vehicular ligero en zonas con características frías y heladas.

## REFERENCIAS

1. **BENZAASOAU, M., y otros.** . *Integrated mine tailings management by combining enviromental desulphurization cemented paste back-fill: Application to mine Doyon, Quebec, Canada.* 2008. págs. 330-340.
2. **BORJA, M.** *Metodología de la investigación científica para Ingenieros.* Chiclayo : s.n., 2016. pág. 47.
3. **OROSCO, C.** *Diseño de relleno minero que utiliza relave de oro y cobre como reemplazo de agregado fino.* Lima : Repositorio PUCP, 2023. Tesis Pregrado.
4. **SENAMHI.** *Informe sobre Clima y Temperaturas en la Región de Puno.* Perú : s.n., 2018.
5. **QUISPE, J y TINTAYA, J.** *Análisis comparativo de técnicas de curados en concretos expuestos a congelamiento.* Juliaca : Repositorio UPEU, 2019.
6. **BENAVENTE, R.** “*Aplicación de diferentes cementos en las propiedades del concreto expuesto al congelamiento y deshielo en las edificaciones de Puno2021*”. Lima : Repositorio UCV, 2021. Tesis Pregrado.
7. **PÁEZ, D., LEAL, V. y RESTREPO, M.** *INFLUENCIA DE LOS CICLOS HIELO-DESHIELO.* Medellin : SCIELO, 2009.
8. **COEN.** *Centro de Operaciones de Emergencia Nacional.* 2021.
9. **SUPO, H.** Correo. [En línea] 28 de 11 de 2021. <https://diariocorreo.pe/edicion/puno/desborde-de-relave-minero-destruye-carretera-en-ananea-noticia/>.
10. **LOJANO, E. y PROAÑO, P.** *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines con relave minero generados en la planta de beneficio campanillas para su uso en vías.* Latucunga : Repositorio Pontificia Universidad Catolica del Ecuador, 2022. Tesis Pregrado.
11. **NJOVU, C., y otros.** *Use of a Design of Experiments (DOE) for Studying the Substitution of Natural River Sand (NRS) by Gold Mine Tailings (GMT) in Concrete Manufacturing.* s.l. : MDPI AG, 2022.
12. **MARTINES, P., y otros.** *Exploración del Potencial de Utilización de los Residuos Mineros Media y Altamente Sulfídicos en Materiales de Construcción.* s.l. : Vincenzo Torretta, 2021.
13. **LAM, E., y otros.** *Making Paving Stones from Copper Mine Tailings as*

*Aggregates*. s.l. : MDPI AG, 2021.

14. **LEI, X., y otros.** *Effects of Fiber and Surface Treatment on Airport Pavement Concrete against Freeze–Thawing and Salt Freezing*. s.l. : MDPI AG, 2022.

15. **MAMANI, M. y JOVE, F.** *Adición de relave triturado no toxico en la mezcla para la producción de adoquines de concreto, Ollachea, Puno ,2022*. Ollachea : Repositorio UCV, 2022. Tesis Pregrado.

16. **HUAYTA, M. y SALINAS, M.** *Estudio experimental del concreto para adoquines tipo II, adicionando relaves mineros*. Arequipa : s.n., 2019. Tesis de Pregrado.

17. **TORPOCO, M.** *Influencia del Relave Minero en las Propiedades del Concreto Estructural, en el Distrito de Huancayo, Provincia de Huancayo – Junin*. Junin : Repositorio Institucional - UPLA, 2022. Tesis Pregrado.

18. **CASTILLO, A. y SEVILLANO, J.** *Efecto de relave minero aurífero en las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto  $F'c=180$  Kg/cm<sup>2</sup>*. TRUJILLO : UCV, 2022.

19. **LOJANO, G. y ROBLES, J.** *Análisis de la resistencia a la compresión simple en morteros utilizando relave minero de la planta de beneficio Goldserviplant Cia Ltda, Portovelo-El Oro*. Ecuador : Repositorio de Universidad de Asuay, 2022. Tesis Pregrado.

20. **GONZALES, C.** *Polietileno reciclado de alta densidad para la elaboración de concreto hidráulico en pavimentos rígidos sometidos a ciclos de congelamiento y deshielo en Pachachaca, Yauli - Junín*. Huancayo : Repositorio Peruana los Andes, 2022. Tesis Pregrado.

21. **ARIAS, V.** *Incorporación de relave minero en subbase del pavimento flexible Km 0+000 al Km 1+000 carretera Ananea – Rinconada, Putina, Puno, 2022*. Puno : Repositorio UCV, 2022. Tesis Pregrado.

22. **VALVERDE, E. y VARGAS, J.** *Influencia de la temperatura en las propiedades mecánicas del concreto con aditivos*. Lima : Repositorio institucional - URP, 2020. Tesis pregrado.

23. **MAMANI, R.** *Aplicación de diferentes cementos en las propiedades del concreto expuesto al congelamiento y deshielo en las edificaciones de Puno 2021*. LIMA : Universidad Cesar Vallejo, 2021. Tesis Pregrado.

24. **ACUÑA, L. y MILLAN, P.** *Influencia del Polietileno Reciclado de Alta Densidad en las Propiedades del Concreto Sometido a Ciclos de Congelamiento y Deshielo*.

Puno : Universidad peruanas los andes, 2021. Tesis pregrado.

25. **RAMOS, C. y TORRES, J.** *"Estudio de realave minero de la mina Acchilla del Distrito de Ccochaccasa como estabilizante para carreteras de tercer orden a nivel de base.* Universidad Nacional de Huancavelica. Lircay - Huancavelica : s.n., 2014.

26. **CALDERON, V. y UMIÑA, Y.** *Evaluacion de concretos geopolimericos mediante activacion alcalina de residuos mineros (relave) y zeolita natural.* Universidad Nacional San Agustin . Arequipa - Perú : UNSA, 2015.

27. **RAMOS, M. y PÉREZ, M.** *Caracterización de residuos mineros en estado natural y estabilizados con cemento, enfocada a construcción.* Ciudad de México : s.n., 2021. págs. 1 - 9.

28. **FERNANDEZ, L.** *Puno: así quedó Ananea tras desborde de relaves mineros | Sociedad | La República.* Puno : La Republica, 2021.

29. **AMBIENTE, MINISTERIO DEL.** *Reglamento Ambiental De Actividades Mineras.* 2018.

30. **ROJAS, A.** *Manejo ambiental relaves - disposición subacuática.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima : s.n., 2017.

31. **PRODEMINCA, U.** *Evaluación de distritos mineros en el Ecuador.* Quito : Vol 4, 2000.

32. **RAMÍREZ, N.** *Guía tecnica de operacion y control de depositos de relaves.* s.l. : S.N.G.M., 2007.

33. **MENÉNDEZ, J. y MUÑOZ, S.** *Contaminacion del agua y suelo por los relaves mineros.* s.l. : Paideia XXI, 2021.

34. **HIDALGO, M.** *Desastre ambiental: 67 mil metros cúbicos de relave minero afectaron al río Mantaro. SPDA Actualidad ambiental.* 22 de julio de 2019.

35. **TEIJLINGEN, K.** *Los depositos de relaves en Ecuador y sus riesgos socioambientales.* Ecuador : Fundacion Pachamama, 2019.

36. **MINEM.** *Guía Ambiental Para el Manejo de Relaves Mineros.* Peru : s.n., 1995.

37. **EMERMAN, S.** *Evaluación del Diseño y de la Construcción de las Presas de Relaves para la Mina Mirador.* Ecuador : s.n., 2018.

38. **DIGESA.** *Manual de gestión de los residuos peligrosos en el Perú.* s.l. : Ministerio de Salud, 2006.

39. **SERNAGEOMIN.** *Servicio Nacional de Geología y Minería, Avenida Santa María 0104, Casilla 10465.* Chile : Región Metropolitana de Santiago, 2017.

40. **ICA.** *Fertilización de diversos cultivos.* Bogota : Instituto Colombiano Agropecuario, 1992.
41. **JUAREZ, B.** *Mecanica de Suelos.* s.l. : Limusa, 2014.
42. **MTC.** *Manual de Ensayo de Materiales RD N° 18 – 2016 – MTC/14.* 2016.
43. **VILLALOBOS, F.** *Mecanica de Suelos.* s.l. : Universidad Catolica de la santissima Trinidad, 2010.
44. **MINERO, MANUAL DE RESIDUOS INDUSTRIALES.** *Granulometria en porcentaje de paso de malla.* 2015.
45. **MTC.** *Suelos geología, geotécnia y pavimentos.* Lima : Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2014.
46. *Una revisión sobre diferentes tipos de técnicas de estabilización de suelos.* **AFRIM, H.** 2, Julio de 2017, Revista internacional de ingeniería y tecnología del transporte, Vol. 3, págs. 19-24.
47. **ASENJO, R.** *Efecto del esfuerzo de corte estático inicial en la resistencia cíclica en una arena de relaves.* Universidad de Chile . Santiago - Chile : s.n., 2010.
48. **PIECA.** *Pavimentos con adoquines de hormigon.* 2014.
49. **EUROADOQUÍN.** *Manual para la fabricacion y diseño de adoquines.* s.l. : Universidad de Alicante, 2014.
50. **ECHVEGUREN, T.** *Manual de diseño de de pavimentos de adoquines de hormigon.* Chile : instituto del cemento y hormigon de chile, 2013.
51. **NTP\_399.611.** *Unidades de albañilería. adoquines de concreto para pavimentos.* Lima : INACAL, 2017.
52. **SENCICO.** *Manual de preparacion, colocacion y cuidados del concreto.* Lima : Cartolan, 2014.
53. **ICCG.** *Guia de instalacion de adoquines de concreto.* Guatemala : s.n., 2014.
54. **MALPESA.** *Recomedaciones de uso y colocacion de Adoquin de Ceramica.* 2016.
55. **ICCYC.** *Manual de Contruccion de pisos de concreto sobre el terreno.* s.l. : American Concrete Institute, 2014.
56. **SENA.** *Manual para la fabricacio de bloques y adoquines.* 2010.
57. **ACEROS AREQUIPA.** *Manual del maestro constructor.* 2010.
58. **ICG.** *Norma tecnica de edificacion CE.010 pavimentos urbanos en habilitaciones urbanas.* 2007.

59. **ICH.** *Manual de diseño de pavimentos de adoquines de hormigon.* Chile : s.n., 2013.
60. **CUADROS, C.** *Mejoramamiento de las propiedades fisico - mecanicas de la subrasante en una via afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con Oxido de calcio - 2016.* Universidad Peruana Los Andes. Huancayo – Perú : UPLA, 2017.
61. **EL POPULAR.** *Conoce las 8 regiones naturales del Perú en la costa, sierra y selva.* 2021.
62. **COMEXPERU.** *Heladas y friajes en la la region de Puno.* 2022.
63. **RPP.** *Heladas en el Perú: ¿Por qué ocurren y cuánto daño le hacen a la sierra sur y centro?* 2021.
64. **CENEPRED.** *ESCENARIO DE RIESGO POR BAJAS TEMPERATURAS DEL DEPARTAMENTO DE PUNO.* LIMA : s.n., 2022.
65. **OTERO, A.** *Enfoques De Investigación.* s.l. : Repositorio Institucional USDG, 2018.
66. **MORALES, E.** *Metodología de la invetigacion.* 2012.
67. **HERNÁNDEZ, R, FERNÁNDEZ, C y BAPTISTA, P.** *Metodología de la Investigación.* Ciudad de México : Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, 2014.
68. **SENAMHI.** *Servicio Nacional De Meteorología e Hidrología del Perú (Climatología).* 2018.
69. **PINO, R.** *Metodología de la investigación.* Lima : San Marcos, 2007.
70. **CARRASCO, S.** *Metodología de la investigación científica.* Lima : San Marcos, 2007.
71. **ÑAUPAS, H., y otros.** *Metodología de la investigación.* Bogotá : Ediciones de la U, 2018.
72. **HERNADEZ, M. y Tapias, M.** *Estadística inferencial.* s.l. : Patria Educacion, 2019.

**ANEXOS**

**Anexo I. Matriz de consistencia**

<b>TÍTULO: RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO, 2023.</b>						
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
¿Cuánto varía la resistencia mecánica de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo efecto de helada, Puno, 2023?	Determinar la resistencia mecánica de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo efecto de helada, Puno, 2023.	La resistencia mecánica de adoquines de concreto varía significativamente con la adición de relave minero bajo efecto de helada, Puno, 2023.	<b>VI.1 RELAVE MINERO</b>	D1: <b>Dosificación</b>	I1:0% I2:25% I3:50%	Ficha de porcentaje de dosificación
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</b>		D2: Peso Especifico (NTP 400.021)	I1:1100 kg/m3 I2:1500 kg/m3 I3:2000 kg/m3	Ficha de laboratorio
¿Cuánto varía la resistencia a la compresión de adoquines de concreto con adición de relave minero, Puno, 2023?	Determinar la variación de la resistencia a la compresión de adoquines de concreto con adición de relave minero, Puno, 2023	La resistencia a la compresión de adoquines de concreto varía significativamente con la adición de relave minero, Puno, 2023.		D3: Granulometría (NTP 400.012)	I1: Grueso I2: Medio I3:Fino	Ficha de laboratorio
¿Cuánto varía la resistencia a la compresión de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo el efecto de helada, Puno, 2023??	Determinar la variación de la resistencia a la compresión de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo el efecto de helada, Puno, 2023.	La resistencia a la compresión de adoquines de concreto varía significativamente bajo el efecto de helada, Puno, 2023.		D4: Potencial Hidrogeno	I1:0-4 (ACIDO) I2:5-9 (NEUTRAL) I3:10-14 (ALCALINO)	Ficha de laboratorio
¿Cuánto varía la resistencia a la abrasión de adoquines de concreto con adición de relave minero, Puno, 2023?	Determinar la variación de la resistencia a la abrasión de adoquines de concreto con adición de relave minero, Puno, 2023.	La resistencia a la abrasión de adoquines de concreto varía significativamente con la adición de relave minero Puno, 2023.	<b>VI.2 HELADA</b>	D1: T. ambiente	I1: variable °C	SENAMHI
¿Cuánto varía la resistencia a la abrasión de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo efecto de helada, Puno, 2023?	Determinar la variación de la resistencia a la abrasión de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo el efecto de helada, Puno, 2023	La resistencia a la abrasión de adoquines de concreto varía significativamente bajo el efecto de helada, Puno, 2023.	<b>VD1 RESISTENCIA MECANICA DE ADOQUINES</b>	D2: T. expuesto	I1: -12°C	Fichas de control y medición de temperatura
¿Cuánto varía la resistencia a la abrasión de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo efecto de helada, Puno, 2023?	Determinar la variación de la resistencia a la abrasión de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo el efecto de helada, Puno, 2023	La resistencia a la abrasión de adoquines de concreto varía significativamente bajo el efecto de helada, Puno, 2023.	D1: Resistencia a la compresión (NTP 399.611)	I1: 7 días I2: 14 días I3: 28 días	Ficha de laboratorio	
¿Cuánto varía la resistencia a la abrasión de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo efecto de helada, Puno, 2023?	Determinar la variación de la resistencia a la abrasión de adoquines de concreto con adición de relave minero bajo el efecto de helada, Puno, 2023	La resistencia a la abrasión de adoquines de concreto varía significativamente bajo el efecto de helada, Puno, 2023.	D2: Resistencia ala abrasión (NTP 399.625)	I1: Máximo Desgaste (mm3/mm2)	Ficha de laboratorio	
<b>ENFOQUE:</b> Cuantitativo	<b>TIPO:</b> Básica	<b>DISEÑO:</b> Experimental	<b>METODO:</b> hipotético - deductivo	<b>NIVEL:</b> Correlacional y explicativo		

**Anexo II. Ensayos**



**CERTIFICADOS DE CALIDAD  
(Ensayos de relave)**



## PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ  
**CANTERA** : RELAVE ANANEA  
**LUGAR** : ANANEA  
**FECHA** : 28 DE OCTUBRE DEL 2023

### DENSIDAD MINIMA AGREGADO (ARENA)

PESO DEL MOLDE	5946 gr	5946 gr	5946 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2114 cm <sup>3</sup>	2114 cm <sup>3</sup>	2114 cm <sup>3</sup>
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	9688.00 gr	9670.00 gr	9740.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3742.00 gr	3724.00 gr	3794.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.770 gr/cm <sup>3</sup>	1.762 gr/cm <sup>3</sup>	1.795 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO	1.776 gr/cm <sup>3</sup>		

### EN AYOS DE RELAVE

### DENSIDAD MAXIMA AGREGADO (ARENA)

PESO DEL MOLDE	5946 gr	5946 gr	5946 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2114 cm <sup>3</sup>	2114 cm <sup>3</sup>	2114 cm <sup>3</sup>
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9792.00 gr	9806.00 gr	9832.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3846.00 gr	3860.00 gr	3886.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.820 gr/cm <sup>3</sup>	1.826 gr/cm <sup>3</sup>	1.838 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO	1.828 gr/cm <sup>3</sup>		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL BACHILLER



*Elizabeth*  
Elizabeth Ecopa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**

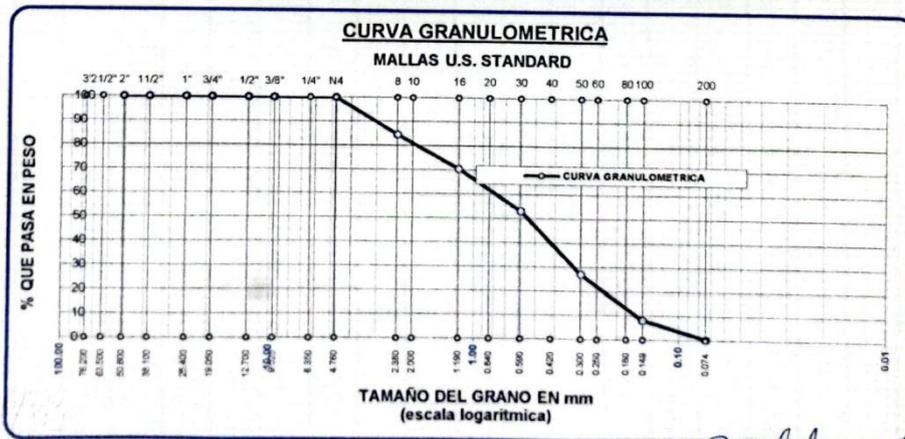
Escaneado con CamScanner



**ANALISIS GRANULOMETRICO DISEÑO GLOBAL**

PROYECTO : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICION DE RELAVE MINERO  
 BAJO EFECTO DE HELADA PUNO, 2023  
 SOLICITANTE : BACHILLER JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ  
 CANTERA : RELAVE ANANEA  
 UBICACIÓN : ANANEA  
 FECHA : 28 DE OCTUBRE DEL 2023

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	PESO CORREGI.	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200						DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500						P.L.= 500.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	P.L.=
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	P.P.=
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	% w = 6.02
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	TAMAÑO MAX. NOMINAL :
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	N° 8
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	CARACT. GRANULOMETRICAS:
1/4"	6.350						D10= 0.165 Cu= 5.02
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	D30= 0.332 Cc= 0.81
No8	2.380	76.90	76.90	15.38	15.38	84.62	MODULO DE FINEZA
No10	2.000						mf = 2.57
No16	1.190	71.12	71.12	14.22	29.60	70.40	OBSERVACIONES:
No20	0.840						
No30	0.590	86.10	86.10	26.03	55.63	44.37	
No40	0.420						
No50	0.300	130.14	130.14	72.85	27.15	72.85	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	95.11	95.11	19.02	91.87	8.13	
No200	0.074	38.30	38.30	7.66	99.53	0.47	
BASE		2.33	2.33	0.47	100.00	0.00	
TOTAL		500.00	500.00	100.00			
% PERDIDA							

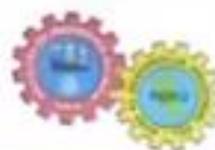


*Elizabeth*  
 Elizabeth Ccopa Gordillo  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CP 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504

Escaneado con CamScanner



FIQ Nro **LQ-2023**

Nº 002516

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : ANALISIS FISICO DE SUELOS  
**PROCEDENCIA** : ANANEA  
**INTERESADO** : BACH. JOEL FREDY CHAMBI SANCHEZ  
**PROYECTO** : "RESISTENCIA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICION DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA PUNO 2023"  
**MOTIVO** : ANALISIS DE CALIDAD DE SUELO  
**MUESTREO** : 29/11/2023, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 29/11/2023  
**COD. MUESTRA** : B009-00540

### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

PARAMETROS FISICO QUÍMICOS	UNIDAD	RESULTADO	METODO ANALITICO
Potencial de Hidrogeno	pH	4.55	Electrométrica

Puno, C.U. 30 de noviembre del 2023

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
 INGENIERA QUÍMICA ESPECIALISTA EN CALIDAD  
 PUNO - U.N.A. - CP - 10000

WALTER E. GARCÍA ARAGÓN  
 INGENIERO QUÍMICO ESPECIALISTA EN CALIDAD  
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA



Walter E. García Aragón, P.D.  
 DIRECTOR GENERAL



**CERTIFICADOS DE CALIDAD  
(Ensayos de Cantera)**



## PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ  
**CANTERA** : ISLA  
**LUGAR** : JULIACA  
**FECHA** : 28 DE OCTUBRE DEL 2023

### DENSIDAD MINIMA AGREGADO (ARENA)

PESO DEL MOLDE	5946 gr	5946 gr	5946 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2114 cm <sup>3</sup>	2114 cm <sup>3</sup>	2114 cm <sup>3</sup>
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	9169.00 gr	9189.00 gr	9221.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3223.00 gr	3243.00 gr	3275.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.525 gr/cm <sup>3</sup>	1.534 gr/cm <sup>3</sup>	1.549 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO	1.536 gr/cm <sup>3</sup>		

### ENSAYOS DE RELAVE DENSIDAD MAXIMA AGREGADO (ARENA)

PESO DEL MOLDE	5946 gr	5946 gr	5946 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2114 cm <sup>3</sup>	2114 cm <sup>3</sup>	2114 cm <sup>3</sup>
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9540.00 gr	9571.00 gr	9500.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3594.00 gr	3625.00 gr	3554.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.700 gr/cm <sup>3</sup>	1.715 gr/cm <sup>3</sup>	1.681 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO	1.699 gr/cm <sup>3</sup>		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL BACHILLER

  
Elizabeth Copo Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504

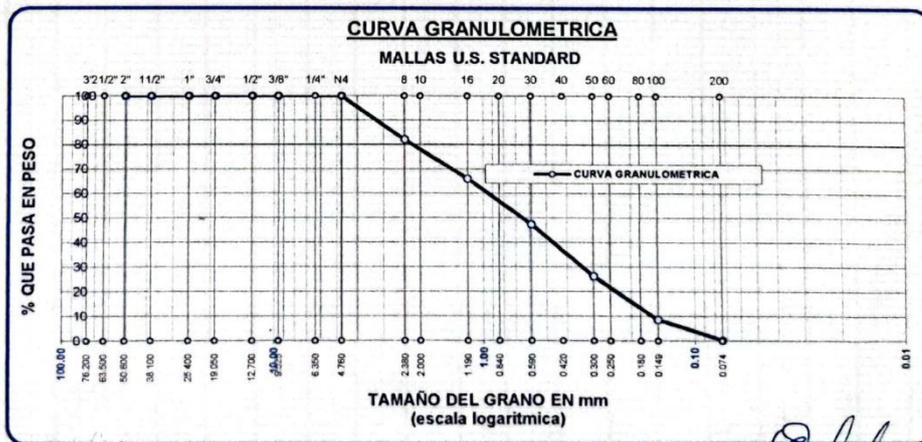
Escaneado con CamScanner



**ANALISIS GRANULOMETRICO DISEÑO GLOBAL**

PROYECTO : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICION DE RELAVE MINERO  
 BAJO EFECTO DE HELADA PUNO, 2023  
 SOLICITANTE : BACHILLER JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ  
 CANTERA : ISLA  
 UBICACIÓN : JULIACA  
 FECHA : 28 DE OCTUBRE DEL 2023

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	PESO CORREGI.	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.I.= 500.00
2 1/2"	63.500						P.L.=
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	P.P.=
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	%w= 6.02
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	TAMAÑO MAX. NOMINAL :
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	Nº 8
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.350						
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	CARACT. GRANULOMETRICAS:
No8	2.380	89.62	89.62	17.92	17.92	82.08	D10= 0.161 Cu= 6.16
No10	2.000						D30= 0.351 Cc= 0.77
No16	1.190	80.15	80.15	16.03	33.95	66.05	
No20	0.840						MODULO DE FINEZA
No30	0.590	93.05	93.05	18.61	52.56	47.44	mf = 2.69
No40	0.420						
No50	0.300	105.60	105.60	21.12	73.68	26.32	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	88.30	88.30	17.66	91.34	8.66	OBSERVACIONES:
No200	0.074	41.75	41.75	8.35	99.69	0.31	
BASE		1.53	1.53	0.31	100.00	0.00	
TOTAL		500.00	500.00	100.00			
% PERDIDA							



*Elizabet*  
**Elizabet Ccopa Gordillo**  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504

Escaneado con CamScanner

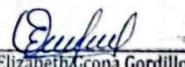


**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICION DE RELAVE MINERO  
BAJO EFECTO DE HELADA PUNO, 2023  
**SOLICITANTE** : BACHILLER JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ  
**CANTERA** : ISLA  
**UBICACIÓN** : JULIACA  
**FECHA** : 28 DE OCTUBRE DEL 2023

**ANALISIS MECANICO Y PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS**

AGREGADO GLOBAL		
<b>Peso Especifico y Absorción Método del Picnómetro</b>		
A	-Peso de muestra secada al horno	486.98
B	-Peso de muestra saturada seca (SSS)	500.00
Wc	-Peso del picnómetro con agua	1444.60
W	-Peso del Pic. + muestra + agua	1741.91
<b>PESO ESPECIFICO</b>		
Wc+B =	1945	Wc+B-W = 203
Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W}$	2.47
<b>ABSORCION</b>		
B =	500.00	B-A = 13.02
Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A}$	2.67

**PESO ESPECIFICO GLOBAL = 2.47**  
**ABSORCION GLOBAL = 2.67**

  
Elizabeth Copá Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121350

... SOLID CON EL SELLO SECO

012225341 - 951810504

Escaneado con CamScanner



**CERTIFICADOS DE CALIDAD  
(Diseño Mescla Global)**



### DISEÑO DE MEZCLA F'c = 380 Kg./cm.<sup>2</sup>

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICION DE RELAVE MINERO  
BAJO EFECTO DE HELADA PUNO, 2023  
**SOLICITANTE** : BACHILLER JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ  
**UBICACIÓN** : ISLA  
**CANTERA** : JULIACA  
**FECHA** : 28 DE OCTUBRE DEL 2023

#### PROCESO DE DISEÑO:

##### METODO DE DISEÑO GLOBAL

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión F'c = 380 Kg./cm.<sup>2</sup> a los 28 días entonces la resistencia promedio F'cr = 478 Kg./cm.<sup>2</sup>

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 4" (76,2 mm. A 101,6 mm.).

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de: 3/8" (9.53mm)

Además se indica las pruebas de laboratorio para los agregados realizadas previamente:

#### RESULTADOS DE LABORATORIO

CARACTERISTICAS FISICAS	AGREGADO GLOBAL (GRAVA)
P.e de Cemento	2.88
P.e SSS Global	2.47
P.e Bulk	
P.U. Varillado Global	1699
P.U. Suelto Global	1536
% de Absorción Global	2.67
% de Humedad Natural Global	6.02
Modulo de Fineza Global	2.69

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

1. El asentamiento dado es de 3" a 4" (76,20 mm. a 101,6 mm.) 3/8" (9.53mm)
2. Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal:
3. Puesto que no se utilizara aire incorporado, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de: 225 Lt/m<sup>3</sup>
4. Como el concreto no estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: 3.0 %
5. Como se prevee que el concreto será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: 0.35

  
Elizabeth Copo Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121350

**LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO**

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**

Escaneado con CamScanner

6. De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:

$$( 225 \text{ Lt/m}^3 ) / ( 0.35 ) = 643 \text{ Kg/m}^3$$

7. Volumen absoluto de la pasta

La suma de los volúmenes absolutos de los elementos integrales de la pasta será :

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agua} &= ( 225 ) / ( 1000 ) = 0.225 \\ \text{Volumen absoluto de cemento} &= ( 643 ) / ( 2.88 * 1000 ) = 0.223 \\ \text{Volumen de aire atrapado} &= ( 3.0 ) / ( 100 ) = \frac{0.030}{0.478} \\ \text{Volumen sub total} &= \end{aligned}$$

8. Volumen absoluto de hormigon

$$\text{Por tanto el peso requerido de hormigon s. será de: } = ( 1.000 - 0.478 ) = 0.522 \text{ m}^3$$

9. peso seco del hormigon

$$\text{Peso seco del hormigon } ( 0.522 ) * ( 2.47 ) * ( 1000 ) = 1287 \text{ Kg}$$

10. Correccion por humedad del hormigon adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

$$\left( \frac{6.02 - 2.67}{100} \right) * ( 1287 ) = 43.09$$

**DOSIFICACION**

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO (Kg/m3)	PROPORCION EN PESO SECO	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO (Kg/m3)	PROPORCION EN PESO HUMEDO	DOSIFICACION EN VOLUMEN
Cemento	643	1.00	643	1.00	1.00
Agua	225	0.35	268	0.42	0.42
Agreg. Global	1287	2.00	1365	2.12	2.12
Aire	3.0 %		3.0 %		

**15.13 BOLSAS / m3 DE CONCRETO**

**DOSIFICACION POR PESO:**

Cemento : 42.50 Kg.  
 Agregado Global : 90.22 Kg.  
 Agua efectiva : 17.72 Kg.

**DOSIFICACION POR TANDAS:**

Para Mezcladora de 9 pies3

1.0 Bolsa de Cemento: Redondeo  
 - 2.08 p3 de Agregado Global 2.1 p3 de Agregado Global  
 - 18 Lt de Agua 18 Lt de Agua

**RECOMENDACIONES:**

Se debera de realizar las correcciones de contenido de humedad en campo del Agregado Global

  
 Elizabeth Copca Gordillo  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP 121853

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**

Escaneado con CamScanner



**CERTIFICADOS DE CALIDAD  
(Pruebas de resistencia a compresión  
bajo temperatura ambiente)**



**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE  
ADOQUÍN DE CONCRETO  
NORMA CE. 010**

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ  
**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN  
**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 6.00 X 10.00 cm.) - (7 DIAS)  
**FECHA** : 22 DE NOVIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm2
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.01	X 6.00	X 10.02 cm	22/11/2027	200.50	54900.00	273.82
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
2	20.01	X 6.02	X 10.00 cm	22/11/2027	200.10	55190.00	275.81
	M - 2 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
3	20	X 6.02	X 10.01 cm	22/11/2027	200.20	52100.00	260.24
	M - 3 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
4	20.03	X 6.00	X 10.00 cm	22/11/2027	200.30	55960.00	279.38
	M - 4 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
5	20.00	X 6.01	X 10.01 cm	22/11/2027	200.20	56290.00	281.17
	M - 5 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
6	20.01	X 6.00	X 10.00 cm	22/11/2027	200.10	55810.00	278.91
	M - 6 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth Ccopa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

Escaneado con CamScanner



**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE  
ADOQUÍN DE CONCRETO  
NORMA CE. 010**

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ  
**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN  
**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 6.00 X 10.00 cm.) - (14 DÍAS)  
**FECHA** : 29 DE NOVIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm2
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.02	X 6.02	X 10.00 cm.	29/11/2023	200.20	72900.00	364.14
M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN							
2	20.02	X 6.00	X 10.00 cm.	29/11/2023	200.20	72740.00	363.34
M - 2 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN							
3	20.01	X 6.00	X 10.02 cm.	29/11/2023	200.50	73190.00	365.04
M - 3 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN							
4	20.01	X 6.01	X 10.01 cm.	29/11/2023	200.30	71980.00	359.36
M - 4 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN							
5	20.01	X 6.01	X 10.00 cm.	29/11/2023	200.10	73230.00	365.97
M - 5 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN							
6	20.00	X 6.00	X 10.00 cm.	29/11/2023	200.00	73230.00	366.15
M - 5 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN							

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth Loopa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URR. VII.A DEL LAGO MZ. - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504

Escaneado con CamScanner



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUÍN DE CONCRETO NORMA CE. 010

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023

**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ

**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN

**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 6.00 X 10.00 cm.) - (28 DIAS)

**FECHA** : 13 DE DICIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm <sup>2</sup>
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.00	X 6.02	X 10.02 cm	13/12/2023	200.40	79600.00	397.21
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
2	20.00	X 6.00	X 10.02 cm.	13/12/2023	200.40	78860.00	393.51
	M - 2 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
3	20.00	X 6.01	X 10.01 cm.	13/12/2023	200.20	79020.00	394.71
	M - 3 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
4	20.1	X 6.02	X 10.01 cm.	13/12/2023	201.20	78960.00	392.44
	M - 4 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
5	20.2	X 6.01	X 10.01 cm.	13/12/2023	202.20	79840.00	394.85
	M - 5 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
6	20.2	X 6.00	X 10.00 cm.	13/12/2023	202.00	80690.00	399.46
	M - 5 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth Ccopa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

UBR VII A DEL LAGO MZ. - "G" I.O.TE 14 TEL. 942225341 - 951810504

Escaneado con CamScanner



**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE  
ADOQUÍN DE CONCRETO  
NORMA CE. 010**

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ  
**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN  
**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 6.00 X 10.00 cm.) (ADICIÓN DE RELAVE ANAÑA 10 %) - (7 DIAS)  
**FECHA** : 22 DE NOVIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm2
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.00	X 6.02	X 10.00 cm.	22/11/2023	200.00	56120.00	280.60
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10% RELAVE						
2	20.0	X 6.01	X 10.00 cm.	22/11/2023	200.00	55510.00	277.55
	M - 2 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10% RELAVE						
3	20.02	X 6.00	X 10.01 cm.	22/11/2023	200.40	56750.00	283.18
	M - 3 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10% RELAVE						
4	20.01	X 6.00	X 10.02 cm.	22/11/2023	200.50	56890.00	283.74
	M - 4 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10% RELAVE						
5	20.03	X 6.01	X 10.01 cm.	22/11/2023	200.50	56980.00	284.19
	M - 5 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10% RELAVE						
6	20.1	X 6.00	X 10.02 cm.	22/11/2023	201.40	54960.00	272.89
	M - 5 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10% RELAVE						

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth Caza Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO M7 - "C" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504

Escaneado con CamScanner



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUÍN DE CONCRETO NORMA CE. 010

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023

**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ

**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN

**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 10.00 X 4.00 cm.) (ADICIÓN DE RELAVE ANAÑA 10%) - (14 DIAS)

**FECHA** : 22 DE NOVIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm2
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.01 X 6.02 X 10.00 cm.			22/11/2023	200.10	74130.00	370.46
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10% RELAVE						
2	20.0 X 6.00 X 10.02 cm.			22/11/2023	200.40	73960.00	369.06
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10% RELAVE						
3	20.02 X 6.01 X 10.02 cm.			22/11/2023	200.60	74080.00	369.29
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10% RELAVE						
4	20.01 X 6.00 X 10.01 cm.			22/11/2023	200.30	73380.00	366.35
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10% RELAVE						
5	20.00 X 6.02 X 10.00 cm.			22/11/2023	200.00	74090.00	370.45
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10% RELAVE						
5	20.01 X 6.01 X 10.02 cm.			22/11/2023	200.50	73620.00	367.18
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10% RELAVE						

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth Copca Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504

Escaneado con CamScanner



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUÍN DE CONCRETO NORMA CE. 010

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023

**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ

**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN

**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 10.00 X 4.00 cm.) (ADICIÓN DE RELAVE ANAÑEA 10%) - (28 DIAS)

**FECHA** : 06 DE DICIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm2
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.00	X 6.00	X 10.01 cm.	6/12/2023	200.20	79600.00	397.60
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
2	20.00	X 6.01	X 10.02 cm.	6/12/2023	200.40	79910.00	398.75
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
3	20.02	X 6.01	X 10.02 cm.	6/12/2023	200.60	79100.00	394.32
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
4	20.00	X 6.01	X 10.00 cm.	6/12/2023	200.00	79350.00	396.75
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
5	20.01	X 6.02	X 10.01 cm.	6/12/2023	200.30	80010.00	399.45
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
6	20.01	X 6.00	X 10.01 cm.	6/12/2023	200.30	79880.00	398.80
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

HRR. VILLA DEL LAGO M7 - "C" LOTE 14 TEL. 942225244 051010701

Escaneado con CamScanner



**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE  
ADOQUÍN DE CONCRETO**  
NORMA CE. 010

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ  
**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN  
**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 6.00 X 10.00 cm.) (ADICIÓN DE RELAVE ANANEA 25 %) - (7 DIAS)  
**FECHA** : 22 DE NOVIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm2
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.00	X 6.01	X 10.00 cm.	22/11/2023	200.00	55700.00	278.50
	M-1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
2	20.01	X 6.00	X 10.01 cm.	22/11/2023	200.30	56100.00	280.08
	M-2 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
3	20.00	X 6.01	X 10.01 cm.	22/11/2023	200.20	54980.00	274.63
	M-3 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
4	20.02	X 6.00	X 10.02 cm.	22/11/2023	200.60	56890.00	283.60
	M-4 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
5	20.01	X 6.00	X 10.00 cm.	22/11/2023	200.10	55060.00	275.16
	M-5 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
6	20.01	X 6.02	X 10.01 cm.	22/11/2023	200.30	54890.00	274.04
	M-6 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth Ceopa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**IRR. VII.A DEL LAGO MZ. - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**

Escaneado con CamScanner



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUÍN DE CONCRETO NORMA CE. 010

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023

**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ

**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN

**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 6.00 X 10.00 cm.) (ADICIÓN DE RELAVE ANAÑEA 25 %) - (14 DIAS)

**FECHA** : 29 DE NOVIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm2
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.00	X 6.02	X 10.00 cm.	29/11/2023	200.00	72990.00	364.95
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
2	20.01	X 6.01	X 10.02 cm.	29/11/2023	200.50	71970.00	358.95
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
3	20.01	X 6.02	X 10.02 cm.	29/11/2023	200.50	72600.00	362.09
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
4	20.01	X 6.01	X 10.00 cm.	29/11/2023	200.10	71860.00	359.12
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
5	20.00	X 6.01	X 10.01 cm.	29/11/2023	200.20	72880.00	364.04
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
6	20.02	X 6.01	X 10.00 cm.	29/11/2023	200.20	71690.00	358.09
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth Copo Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121450

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

IRRV VILLA DEL LAGO M7 - "C" LOTE 14 TEL 942225341 - 951810504

Escaneado con CamScanner



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUÍN DE CONCRETO NORMA CE. 010

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023

**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ

**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN

**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 6.00 X 10.00 cm.) (ADICIÓN DE RELAVE ANAÑEA 25 %) - (14 DIAS)

**FECHA** : 29 DE NOVIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm2
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.00	X 6.02	X 10.00 cm.	29/11/2023	200.00	72990.00	364.95
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
2	20.01	X 6.01	X 10.02 cm.	29/11/2023	200.50	71970.00	358.95
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
3	20.01	X 6.02	X 10.02 cm.	29/11/2023	200.50	72600.00	362.09
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
4	20.01	X 6.01	X 10.00 cm.	29/11/2023	200.10	71860.00	359.12
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
5	20.00	X 6.01	X 10.01 cm.	29/11/2023	200.20	72880.00	364.04
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
6	20.02	X 6.01	X 10.00 cm.	29/11/2023	200.20	71690.00	358.09
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth Copo Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121450

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

IRRV VILLA DEL LAGO M7 - "C" LOTE 14 TEL 942225341 - 951810504

Escaneado con CamScanner



**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE  
ADOQUÍN DE CONCRETO  
NORMA CE. 010**

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ  
**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN  
**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 6.00 X 10.00 cm.) (ADICIÓN DE RELAVE ANANEA 50 %) - (7 DIAS)  
**FECHA** : 22 DE NOVIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm2
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.01	X 6.00	X 10.01 cm.	22/11/2023	200.30	50130.00	250.27
M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE							
2	20.02	X 6.01	X 10.00 cm.	22/11/2023	200.20	50860.00	254.05
M - 2 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE							
3	20.00	X 6.02	X 10.01 cm.	22/11/2023	200.20	51400.00	256.74
M - 3 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE							
4	20.01	X 6.01	X 10.01 cm.	22/11/2023	200.30	50930.00	254.27
M - 4 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE							
5	20.00	X 6.00	X 10.00 cm.	22/11/2023	200.00	49910.00	249.55
M - 5 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE							
6	20.01	X 6.00	X 10.02 cm.	22/11/2023	200.50	50100.00	249.88
M - 6 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE							

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth Copac Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
DIP. 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951R10504

Escaneado con CamScanner



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUÍN DE CONCRETO NORMA CE. 010

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023

**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ

**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN

**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 6.00 X 10.00 cm.) (ADICIÓN DE RELAVE ANANEA 50%) - (14 DIAS)

**FECHA** : 29 DE NOVIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm2
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.02	X 6.00	X 10.01 cm.	29/11/2023	200.40	70010.00	349.35
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE						
2	20.01	X 6.00	X 10.01 cm.	29/11/2023	200.30	69860.00	348.78
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE						
3	20.02	X 6.02	X 10.00 cm.	29/11/2023	200.20	67360.00	336.46
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE						
4	20.02	X 6.02	X 10.00 cm.	29/11/2023	200.20	68520.00	342.26
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE						
5	20.01	X 6.01	X 10.01 cm.	29/11/2023	200.30	69060.00	344.78
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE						
6	20.00	X 6.00	X 10.01 cm.	29/11/2023	200.20	68490.00	342.11
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE						

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth Copca Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

Escaneado con CamScanner



**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE  
ADOQUÍN DE CONCRETO  
NORMA CE. 010**

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ  
**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN  
**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 6.00 X 10.00 cm.) (ADICIÓN DE RELAVE ANAÑA 50 %) - (28 DIAS)  
**FECHA** : 13 DE DICIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm2
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.00	X 6.00	X 10.01 cm.	13/12/2023	200.20	74110.00	370.18
2	20.00	X 6.01	X 10.02 cm.	13/12/2023	200.40	72930.00	363.92
3	20.02	X 6.01	X 10.02 cm.	13/12/2023	200.60	73890.00	368.34
4	20.00	X 6.01	X 10.00 cm.	13/12/2023	200.00	72090.00	360.45
5	20.01	X 6.02	X 10.01 cm.	13/12/2023	200.30	71980.00	359.36
6	20.01	X 6.00	X 10.01 cm.	13/12/2023	200.30	72190.00	360.41

**OBSERVACIONES :**  
\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth Copo Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121350

... SOLO CON EL SELLO SECO

TEL 942225341 - 951810504

Escaneado con CamScanner



**CERTIFICADOS DE CALIDAD  
(Pruebas de resistencia a compresión  
bajo congelamiento y deshielo)**



**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE  
ADOQUÍN DE CONCRETO  
NORMA CE. 010**

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ  
**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN  
**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 6.00 X 10.00 cm.) - (7 DIAS) SOMETIDO A LA HELADA  
**FECHA** : 15 DE NOVIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm2
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.02	X	6.02 X 10.01 cm	15/11/2027	200.40	46200.00	230.54
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
2	20.00	X	6.02 X 10.01 cm	15/11/2027	200.20	45860.00	229.07
	M - 2 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
3	20.01	X	6.01 X 10.00 cm	15/11/2027	200.10	47810.00	238.93
	M - 3 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
4	20.00	X	6.01 X 10.02 cm	15/11/2027	200.40	45980.00	229.44
	M - 4 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
5	20.02	X	6.00 X 10.01 cm	15/11/2027	200.40	46740.00	233.23
	M - 5 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
6	20.01	X	6.00 X 10.02 cm	15/11/2027	200.50	47260.00	235.71
	M - 6 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth Ccopa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121359

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504

Escaneado con CamScanner



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUÍN DE CONCRETO NORMA CE. 010

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023

**SOLICITANTE** : BACHILLER JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ

**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN

**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 6.00 X 10.00 cm.) - (14 DIAS) SOMETIDO A LA HELADA

**FECHA** : 29 DE NOVIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm2
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20 02	X 6 02	X 10 00 cm.	29/11/2023	200 20	60910 00	304 25
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
2	20 02	X 6 00	X 10 00 cm.	29/11/2023	200 20	59320 00	296 30
	M - 2 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
3	20 01	X 6 00	X 10 02 cm.	29/11/2023	200 50	61430 00	306 38
	M - 3 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
4	20 01	X 6 01	X 10 01 cm.	29/11/2023	200 30	60070 00	299 90
	M - 4 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
5	20 01	X 6 01	X 10 00 cm.	29/11/2023	200 10	59060 00	295 15
	M - 5 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
6	20	X 6 00	X 10 00 cm.	29/11/2023	200 00	58730 00	293 65
	M - 5 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth Copca Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
C.P. 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504

Escaneado con CamScanner



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUÍN DE CONCRETO NORMA CE. 010

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023

**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ

**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN

**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 6.00 X 10.00 cm.) - (28 DIAS) SOMETIDO A LA HELADA

**FECHA** : 13 DE DICIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm2
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.00 X 6.02 X 10.02 cm.			13/12/2023	200.40	71700.00	357.78
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
2	20.02 X 6.01 X 10.00 cm.			13/12/2023	200.20	71080.00	355.04
	M - 2 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
3	20.01 X 6.00 X 10.01 cm.			13/12/2023	200.30	72160.00	360.26
	M - 3 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
4	20 X 6.01 X 10.03 cm.			13/12/2023	200.60	70690.00	352.39
	M - 4 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
5	20.01 X 6.02 X 10.00 cm.			13/12/2023	200.10	71930.00	359.47
	M - 5 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						
6	20 X 6.01 X 10.01 cm.			13/12/2023	200.20	72090.00	360.09
	M - 5 ADOQUÍN DE CONCRETO SIN ADICIÓN						

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth C. C. Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
GIR. 121350



**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE  
ADOQUÍN DE CONCRETO  
NORMA CE. 010**

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023

**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ

**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN

**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 6.00 X 10.00 cm.) - (7 DIAS) ADICIÓN 10% DE RELAVE SOMETIDO A LA HELADA

**FECHA** : 22 DE NOVIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm2
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.01 X 6.01 X 10.02 cm			22/11/2027	200.50	49390.00	246.33
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10%						
2	20.01 X 6.01 X 10.00 cm			22/11/2027	200.10	50210.00	250.92
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10%						
3	20 X 6.01 X 10.02 cm			22/11/2027	200.40	48930.00	244.16
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10%						
4	20.01 X 6.00 X 10.00 cm			22/11/2027	200.10	49370.00	246.73
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10%						
5	20.01 X 6.00 X 10.02 cm			22/11/2027	200.50	47800.00	238.40
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10%						
6	20 X 6.02 X 10.01 cm			22/11/2027	200.20	50100.00	250.25
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10%						

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth Ccopa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121450

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

IRR. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504

Escaneado con CamScanner



**TRIPLE GEO** S.R.L.  
Calidad y Experiencia

**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

Geología - Geofísica - Geotecnia

## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUÍN DE CONCRETO NORMA CE. 010

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ  
**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN  
**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 6.00 X 10.00 cm.) - (14 DÍAS) ADICIÓN 10% DE RELAVE SOMETIDO A LA HELADA  
**FECHA** : 29 DE NOVIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm <sup>2</sup>
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20 01	X 6 01	X 10.01 cm.	29/11/2023	200.30	57910.00	289.12
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10%						
2	20	X 6 02	X 10.01 cm.	29/11/2023	200.20	58030.00	289.86
	M - 2 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10%						
3	20 01	X 6 01	X 10.01 cm.	29/11/2023	200.30	57460.00	286.87
	M - 3 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10%						
4	20	X 6 00	X 10.02 cm.	29/11/2023	200.40	48040.00	239.72
	M - 4 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10%						
5	20 02	X 6 01	X 10.01 cm.	29/11/2023	200.40	58300.00	290.92
	M - 5 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10%						
6	20 01	X 6 00	X 10.01 cm.	29/11/2023	200.30	56980.00	284.47
	M - 6 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10%						

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth Ucopa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121356

**LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO**

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**

Escaneado con CamScanner



**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE  
ADOQUÍN DE CONCRETO  
NORMA CE. 010**

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023  
**SOLICITANTE** : BACHILLER, JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ  
**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN  
**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 6.00 X 10.00 cm.) - (28 DIAS) ADICIÓN 10% DE RELAVE SOMETIDO A LA HELADA  
**FECHA** : 13 DE DICIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm2
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.01	X 6.00	X 10.00 cm	13/12/2023	200.10	71600.00	357.82
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10%						
2	20.01	X 6.00	X 10.00 cm	13/12/2023	200.10	72530.00	362.47
	M - 2 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10%						
3	20.01	X 6.01	X 10.00 cm	13/12/2023	200.10	70920.00	354.42
	M - 3 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10%						
4	20.02	X 6.02	X 10.01 cm	13/12/2023	200.40	71860.00	358.58
	M - 4 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10%						
5	20.02	X 6.01	X 10.02 cm.	13/12/2023	200.60	70790.00	352.89
	M - 5 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10%						
6	20.01	X 6.00	X 10.02 cm.	13/12/2023	200.50	72910.00	363.64
	M - 5 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 10%						

**OBSERVACIONES :**  
\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth Copa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121359

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504

Escaneado con CamScanner



**TRIPLE GEO** S.R.L.  
Calidad y Experiencia

**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

Geología - Geofísica - Geotecnia

## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUÍN DE CONCRETO NORMA CE. 010

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023

**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ

**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN

**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 6.00 X 10.00 cm.) (7 DIAS) ADICIÓN 25% DE RELAVE SOMETIDO A HELADA

**FECHA** : 22 DE NOVIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm2
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.01	X 6.00	X 10.01 cm.	22/11/2023	200.30	41930.00	209.34
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
2	20.02	X 6.01	X 10.00 cm.	22/11/2023	200.20	42160.00	210.59
	M - 2 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
3	20.00	X 6.02	X 10.01 cm.	22/11/2023	200.20	42890.00	214.24
	M - 3 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
4	20.01	X 6.01	X 10.01 cm.	22/11/2023	200.30	43020.00	214.78
	M - 4 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
5	20.00	X 6.00	X 10.00 cm.	22/11/2023	200.00	41690.00	208.45
	M - 5 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
6	20.01	X 6.00	X 10.00 cm.	22/11/2023	200.10	40860.00	204.20
	M - 6 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth Cropa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504

Escaneado con CamScanner



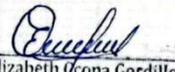
**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE  
ADOQUÍN DE CONCRETO  
NORMA CE. 010**

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ  
**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN  
**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 6.00 X 10.00 cm.) (14 DIAS) ADICIÓN 25% DE RELAVE SOMETIDO A HELADA  
**FECHA** : 29 DE NOVIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm2
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.02	X 6.00	X 10.01 cm.	29/11/2023	200.40	55479.00	276.84
2	20.01	X 6.00	X 10.01 cm.	29/11/2023	200.30	56320.00	281.18
3	20.02	X 6.02	X 10.00 cm.	29/11/2023	200.20	56230.00	280.87
4	20.02	X 6.02	X 10.00 cm.	29/11/2023	200.20	55680.00	278.12
5	20.01	X 6.01	X 10.01 cm.	29/11/2023	200.30	54890.00	274.04
6	20.00	X 6.00	X 10.01 cm.	29/11/2023	200.20	56090.00	280.17

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth Copca Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121350

**LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO**

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**

Escaneado con CamScanner



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUÍN DE CONCRETO NORMA CE. 010

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023

**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ

**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN

**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 6.00 X 10.00 cm.) (28 DIAS) ADICIÓN 25% DE RELAVE SOMETIDO A HELADA

**FECHA** : 13 DE DICIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm2
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.00 X 6.00 X 10.01 cm.			13/12/2023	200.20	65280.00	326.07
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
2	20.00 X 6.01 X 10.02 cm.			13/12/2023	200.40	64700.00	322.85
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
3	20.02 X 6.01 X 10.02 cm.			13/12/2023	200.60	66360.00	330.81
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
4	20.00 X 6.01 X 10.00 cm.			13/12/2023	200.00	66930.00	334.65
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
5	20.01 X 6.02 X 10.01 cm.			13/12/2023	200.30	64840.00	323.71
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
6	20.01 X 6.00 X 10.01 cm.			13/12/2023	200.30	65610.00	327.56
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth Ccopa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP: 121359

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504

Escaneado con CamScanner



**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE  
ADOQUÍN DE CONCRETO  
NORMA CE. 010**

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023

**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ

**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN

**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 10.00 X 6.00 cm.) (28 DIAS) ADICIÓN 50% DE RELAVE SOMETIDO A HELADA

**FECHA** : 13 DE DICIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm2
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.02	X 6.02	X 10.00 cm.	13/12/2023	200.20	47020.00	234.87
	M-1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE						
2	20.01	X 6.02	X 10.01 cm.	13/12/2023	200.30	48600.00	242.64
	M-1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE						
3	20.00	X 6.00	X 10.01 cm.	13/12/2023	200.20	46980.00	234.67
	M-1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE						
4	20.01	X 6.00	X 10.01 cm.	13/12/2023	200.30	48490.00	242.09
	M-1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 25% RELAVE						
5	20.01	X 6.01	X 10.01 cm.	13/12/2023	200.30	47960.00	239.44
	M-1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE						
6	20.01	X 6.01	X 10.00 cm.	13/12/2023	200.10	49560.00	247.68
	M-1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE						

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.



*Elizabeth*  
Elizabeth Coopa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121350



**TRIPLE GEO** S.R.L.  
Calidad y Experiencia

**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**  
Geología - Geofísica - Geotecnia

## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUÍN DE CONCRETO NORMA CE. 010

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023

**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ

**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN

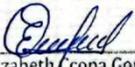
**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 6.00 X 10.00 cm.) (7 DIAS) ADICIÓN 50% DE RELAVE SOMETIDO A HELADA

**FECHA** : 22 DE NOVIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm2
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.00	X 6.01	X 10.01 cm.	22/11/2023	200.20	32610.00	162.89
	M - 1 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE						
2	20.00	X 6.02	X 10.00 cm.	22/11/2023	200.00	34500.00	172.50
	M - 2 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE						
3	20.01	X 6.02	X 10.01 cm.	22/11/2023	200.30	33650.00	168.00
	M - 3 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE						
4	20	X 6.00	X 10.01 cm.	22/11/2023	200.20	32930.00	164.49
	M - 4 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE						
5	20.02	X 6.01	X 10.00 cm.	22/11/2023	200.20	32600.00	162.84
	M - 5 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE						
6	20.00	X 6.00	X 10.02 cm.	22/11/2023	200.40	33810.00	168.71
	M - 6 ADOQUÍN DE CONCRETO ADICIÓN 50% RELAVE						

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth Copo Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121750



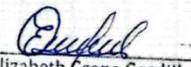
**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE  
ADOQUÍN DE CONCRETO  
NORMA CE. 010**

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTO DE HELADA, PUNO 2023  
**SOLICITANTE** : BACHILLER. JOEL FREDDY CHAMBI SANCHEZ  
**UBICACIÓN** : DEPARTAMENTO DE PUNO - PROVINCIA SAN ROMAN  
**MUESTRA** : ADOQUÍN DE CONCRETO (20.00 X 10.00 X 6.00 cm.) (14 DIAS) ADICIÓN 50% DE RELAVE SOMETIDO A HELADA  
**FECHA** : 29 DE NOVIEMBRE DEL 2023

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			FECHA DE ROTURA	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA kg.	ESF. DE ROTURA kg/cm <sup>2</sup>
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
1	20.00	X 6.02	X 10.02 cm.	29/11/2023	200.40	41390.00	206.54
2	20.00	X 6.01	X 10.00 cm.	29/11/2023	200.00	42830.00	214.15
3	20.01	X 6.00	X 10.01 cm.	29/11/2023	200.30	43620.00	217.77
4	20.01	X 6.00	X 10.00 cm.	29/11/2023	200.10	41990.00	209.85
5	20.01	X 6.01	X 10.00 cm.	29/11/2023	200.10	42530.00	212.54
6	20.02	X 6.01	X 10.02 cm.	29/11/2023	200.60	44580.00	222.23

**OBSERVACIONES :**

\* LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER.

  
Elizabeth Copca Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121350



**CERTIFICADOS DE CALIDAD  
(Pruebas de resistencia a la abrasión  
bajo temperatura ambiente)**

INFORME DE ENSAYO  
**ADOQUINES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO**  
**"ABRASIÓN MEDIANTE EL ENSAYO BÖHME"**  
 NTE INEN 3040 - ANEXO G

CODIGO DE INFORME

**GCT- EAB - 019**

página 1 de 2

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICION DE RELAVE MINERO BAJO EFECTOS DE HELADA, PUNO, 2023.

**SOLICITANTE** : BACH. CHAMBI SANCHEZ JOEL FREDDY

F. INGRESO : 2023-12-22

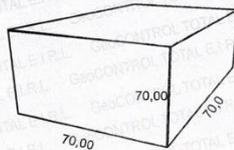
**UBICACIÓN** : JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO

F. EMISIÓN : 2023-12-26

ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Determinación de la densidad**

**Geometría**



	M - 01	M - 02	M - 03
Ancho (mm) :	70,61	69,77	70,13
Largo (mm) :	71,17	70,00	70,16
Altura (mm) :	71,11	70,12	70,12
Volumen (mm <sup>3</sup> ) :	357350,06	342459,07	345012,89
Masa (g) :	759,14	746,97	754,61
Densidad (g/mm <sup>3</sup> ) :	0,0021	0,0022	0,0022

**Ensayo**

Muestra - 01	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )
Muestra Patrón + 0% Relave	1 al 4	759,14	751,88	7,46	1 3511,65
	5 al 8	751,68	744,35	7,33	2 3450,45
	9 al 12	744,35	736,59	7,78	3 3652,87
Temperatura Ambiente	13 al 16	736,59	728,40	8,19	4 3855,28
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>					<b>14470,24</b>

**Ensayo**

Muestra - 02	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )
Muestra Patrón + 0% Relave	1 al 4	746,97	739,50	7,47	1 3424,73
	5 al 8	739,50	732,01	7,49	2 3433,90
	9 al 12	732,01	723,97	8,04	3 3686,05
Temperatura Ambiente	13 al 16	723,97	715,42	8,55	4 3919,87
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>					<b>14464,55</b>

**Ensayo**

Muestra - 03	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )
Muestra Patrón + 0% Relave	1 al 4	754,61	747,09	7,52	1 3438,20
	5 al 8	747,09	739,33	7,78	2 3547,93
	9 al 12	739,33	731,16	8,17	3 3735,38
Temperatura Ambiente	13 al 16	731,16	722,62	8,54	4 3904,55
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>					<b>14626,05</b>

Cumple **Desgaste Promedio (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)** **14520,28**

**OBSERVACIONES**

- Las muestras a ensayar fueron puestas en laboratorio y realizadas en presencia del solicitante.
- La medida de lados fue obtenida por promedio de 2 lecturas.
- 



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

*R. M. Quinonilla*  
 Ing. Raúl Miranda Quinonilla  
 CIP: 131180

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com.pe

030752

INFORME DE ENSAYO  
**ADOQUINES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO**  
**"ABRASIÓN MEDIANTE EL ENSAYO BÖHME"**

NTE INEN 3040 - ANEXO G

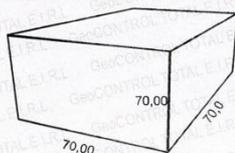
**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICION DE RELAVE MINERO BAJO EFECTOS DE HELADA, PUNO, 2023.  
**SOLICITANTE** : BACH. CHAMBI SANCHEZ JOEL FREDDY  
**UBICACIÓN** : JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO

F. INGRESO : 2023-12-22  
F. EMISIÓN : 2023-12-26

ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Determinación de la densidad**

**Geometría**



	M - 04	M - 05	M - 06
Ancho (mm) :	71,61	70,11	71,14
Largo (mm) :	70,12	70,06	70,64
Altura (mm) :	71,31	70,12	71,94
Volumen (mm <sup>3</sup> ) :	358068,42	344422,89	361522,21
Masa (g) :	758,64	749,81	753,67
Densidad (g/mm <sup>3</sup> ) :	0,0021	0,0022	0,0021

**Ensayo**

Muestra - 04	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 0% Relave	1 al 4	758,64	751,11	7,53	1	3554,06
	5 al 8	751,11	743,35	7,76	2	3662,62
	9 al 12	743,35	735,40	7,95	3	3752,30
Temperatura Ambiente	13 al 16	735,40	727,14	8,26	4	3898,61
					<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>14867,60</b>

**Ensayo**

Muestra - 05	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 0% Relave	1 al 4	749,81	742,15	7,66	1	3427,64
	5 al 8	742,15	734,59	7,56	2	3473,59
	9 al 12	734,59	726,55	8,04	3	3694,13
Temperatura Ambiente	13 al 16	726,55	718,38	8,17	4	3753,87
					<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>14349,23</b>

**Ensayo**

Muestra - 06	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 0% Relave	1 al 4	753,67	746,15	7,52	1	3607,21
	5 al 8	746,15	738,39	7,76	2	3722,34
	9 al 12	738,39	730,22	8,17	3	3919,00
Temperatura Ambiente	13 al 16	730,22	722,71	7,51	4	3602,41
					<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>14850,97</b>

Cumple **Desgaste Promedio (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)** **14689,27**

**OBSERVACIONES**

- Las muestras a ensayar fueron puestas en laboratorio y realizadas en presencia del solicitante.
- La medida de lados fue obtenida por promedio de 2 lecturas.
- 



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
Ing. Raúl Mirandos Quintanilla  
CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
Teléfonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
www.geocontroltotal.com.pe

030753

INFORME DE ENSAYO  
**ADOQUINES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO**  
**"ABRASIÓN MEDIANTE EL ENSAYO BÖHME"**  
NTE INEN 3040 - ANEXO G

CODIGO DE INFORME

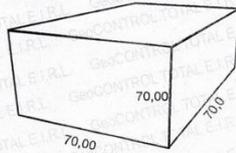
GCT- EAB - 020

página 1 de 2

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICION DE RELAVE MINERO BAJO EFECTOS DE HELADA, PUNO, 2023.  
**SOLICITANTE** : BACH. CHAMBI SANCHEZ JOEL FREDDY  
**UBICACIÓN** : JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO  
**F. INGRESO** : 2023-12-22  
**F. EMISIÓN** : 2023-12-26  
ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Determinación de la densidad**

**Geometría**



	M - 01	M - 02	M - 03
Ancho (mm) :	70,11	70,74	71,61
Largo (mm) :	71,61	71,22	70,64
Altura (mm) :	70,12	70,26	71,32
Volumen (mm <sup>3</sup> ) :	352042,87	353977,10	360794,62
Masa (g) :	759,61	770,32	780,61
Densidad (g/mm <sup>3</sup> ) :	0,0022	0,0022	0,0022

**Ensayo**

Muestra - 01	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 10 % Relave	1 al 4	759,61	752,20	7,41	1	3434,18
	5 al 8	752,20	744,28	7,92	2	3670,54
	9 al 12	744,28	736,26	8,02	3	3716,89
Temperatura Ambiente	13 al 16	736,26	727,84	8,42	4	3902,27
					<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>	
					<b>14723,87</b>	

**Ensayo**

Muestra - 02	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 10 % Relave	1 al 4	770,32	762,80	7,52	1	3455,59
	5 al 8	762,80	754,96	7,84	2	3602,63
	9 al 12	754,96	746,85	8,11	3	3726,70
Temperatura Ambiente	13 al 16	746,85	738,32	8,53	4	3919,70
					<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>	
					<b>14704,63</b>	

**Ensayo**

Muestra - 03	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 10 % Relave	1 al 4	780,61	773,12	7,49	1	3461,85
	5 al 8	773,12	765,46	7,66	2	3540,42
	9 al 12	765,46	757,57	7,89	3	3646,72
Temperatura Ambiente	13 al 16	757,57	748,81	8,76	4	4048,83
					<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>	
					<b>14697,82</b>	

Cumple **Desgaste Promedio (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)** **14708,77**

**OBSERVACIONES**

1. Las muestras a ensayar fueron puestas en laboratorio y realizadas en presencia del solicitante.
2. La medida de lados fue obtenida por promedio de 2 lecturas.
3. ---



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

*R. R. Quintanilla*  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

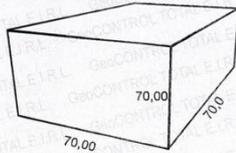
Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com.pe

030754

INFORME DE ENSAYO  
**ADOQUINES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO**  
**"ABRASIÓN MEDIANTE EL ENSAYO BÖHME"**  
NTE INEN 3040 - ANEXO G

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICION DE RELAVE MINERO BAJO EFECTOS DE HELADA, PUNO, 2023.  
**SOLICITANTE** : BACH. CHAMBI SANCHEZ JOEL FREDDY F. INGRESO : 2023-12-22  
**UBICACIÓN** : JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO F. EMISIÓN : 2023-12-26  
ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

Determinación de la densidad			
Geometría			
	M - 04	M - 05	M - 06
Ancho (mm) :	71,14	70,10	70,12
Largo (mm) :	70,12	70,12	70,64
Altura (mm) :	71,01	70,31	71,11
Volumen (mm <sup>3</sup> ) :	354221,80	345602,62	352227,51
Masa (g) :	748,61	768,16	770,64
Densidad (g/mm <sup>3</sup> ) :	0,0021	0,0022	0,0022



Ensayo					
Muestra - 04	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )
Muestra Patrón + 10 % Relave	1 al 4	748,61	741,34	7,27	1 3439,97
	5 al 8	741,34	733,78	7,56	2 3577,19
	9 al 12	733,78	726,04	7,74	3 3662,36
Temperatura Ambiente	13 al 16	726,04	717,73	8,31	4 3932,06
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>					<b>14611,57</b>

Ensayo					
Muestra - 05	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )
Muestra Patrón + 10 % Relave	1 al 4	768,16	760,70	7,46	1 3356,33
	5 al 8	760,70	752,91	7,79	2 3504,80
	9 al 12	752,91	744,72	8,19	3 3684,76
Temperatura Ambiente	13 al 16	744,72	736,31	8,41	4 3783,74
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>					<b>14329,62</b>

Ensayo					
Muestra - 06	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )
Muestra Patrón + 10 % Relave	1 al 4	770,64	763,43	7,21	1 3295,39
	5 al 8	763,43	755,92	7,51	2 3432,51
	9 al 12	755,92	747,82	8,10	3 3702,17
Temperatura Ambiente	13 al 16	747,82	739,31	8,51	4 3889,57
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>					<b>14319,64</b>

Cumple **Desgaste Promedio (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)** **14420,28**

- OBSERVACIONES**
- Las muestras a ensayar fueron puestas en laboratorio y realizadas en presencia del solicitante.
  - La medida de lados fue obtenida por promedio de 2 lecturas.
  -

GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

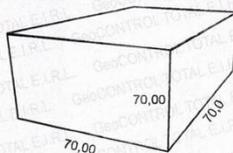
**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com.pe

030755

**ADOQUINES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO**  
**"ABRASIÓN MEDIANTE EL ENSAYO BÖHME"**  
NTE INEN 3040 - ANEXO G

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICION DE RELAVE MINERO BAJO EFECTOS DE HELADA, PUNO, 2023.  
**SOLICITANTE** : BACH. CHAMBI SANCHEZ JOEL FREDDY F. INGRESO : 2023-12-22  
**UBICACIÓN** : JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO F. EMISIÓN : 2023-12-26  
ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Determinación de la densidad**
**Geometría**


	M - 01	M - 02	M - 03
Ancho (mm)	70,06	71,13	71,12
Largo (mm)	70,12	70,16	70,11
Altura (mm)	70,09	71,22	70,64
Volumen (mm <sup>3</sup> )	344324,64	355422,04	352226,81
Masa (g)	751,36	736,74	719,71
Densidad (g/mm <sup>3</sup> )	0,0022	0,0021	0,0020

**Ensayo**

Muestra - 01	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 25% Relave	1 al 4	751,36	743,61	7,75	1	3551,58
	5 al 8	743,61	735,57	8,04	2	3684,48
	9 al 12	735,57	727,15	8,42	3	3858,82
Temperatura Ambiente	13 al 16	727,15	718,72	8,43	4	3863,20
				<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>14957,88</b>	

**Ensayo**

Muestra - 02	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 25% Relave	1 al 4	736,74	729,19	7,55	1	3642,31
	5 al 8	729,19	721,47	7,72	2	3724,32
	9 al 12	721,47	713,47	8,00	3	3859,40
Temperatura Ambiente	13 al 16	713,47	705,50	7,97	4	3844,93
				<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>15070,97</b>	

**Ensayo**

Muestra - 03	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 25% Relave	1 al 4	719,71	712,25	7,46	1	3650,93
	5 al 8	712,25	704,73	7,52	2	3680,30
	9 al 12	704,73	696,77	7,96	3	3895,63
Temperatura Ambiente	13 al 16	696,77	688,72	8,05	4	3939,68
				<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>15166,54</b>	

 Cumple **Desgaste Promedio (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)** **15065,13**
**OBSERVACIONES**

- Las muestras a ensayar fueron puestas en laboratorio y realizadas en presencia del solicitante.
- La medida de lados fue obtenida por promedio de 2 lecturas.
- 


 GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131420

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com.pe

**030756**

INFORME DE ENSAYO  
**ADOQUINES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO**  
**"ABRASIÓN MEDIANTE EL ENSAYO BÖHME"**  
NTE INEN 3040 - ANEXO G

CODIGO DE INFORME

GCT- EAB - 021

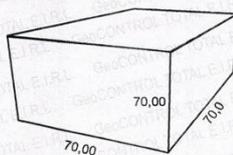
página 2 de 2

PROYECTO : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICION DE RELAVE MINERO BAJO EFECTOS DE HELADA, PUNO, 2023.  
 SOLICITANTE : BACH. CHAMBI SANCHEZ JOEL FREDDY F. INGRESO : 2023-12-22  
 UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO F. EMISIÓN : 2023-12-26

ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Determinación de la densidad**

**Geometría**



	M - 04	M - 05	M - 06
Ancho (mm) :	70,09	70,09	71,12
Largo (mm) :	71,14	70,16	70,16
Altura (mm) :	70,09	70,19	71,10
Volumen (mm <sup>3</sup> ) :	349482,94	345160,34	354773,30
Masa (g) :	706,44	710,94	726,94
Densidad (g/mm <sup>3</sup> ) :	0,0020	0,0021	0,0020

**Ensayo**

Muestra - 04	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 25% Relave	1 al 4	706,44	699,10	7,34	1	3631,17
	5 al 8	699,10	691,54	7,56	2	3740,01
	9 al 12	691,54	684,05	7,49	3	3705,38
Temperatura Ambiente	13 al 16	684,05	675,97	8,08	4	3997,26
					<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>15073,81</b>

**Ensayo**

Muestra - 05	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 25% Relave	1 al 4	710,94	703,95	6,99	1	3393,63
	5 al 8	703,95	696,43	7,52	2	3650,95
	9 al 12	696,43	687,95	8,48	3	4117,03
Temperatura Ambiente	13 al 16	687,95	679,88	8,07	4	3917,97
					<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>15079,58</b>

**Ensayo**

Muestra - 06	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 25% Relave	1 al 4	726,94	719,73	7,21	1	3518,74
	5 al 8	719,73	712,08	7,65	2	3733,48
	9 al 12	712,08	704,21	7,87	3	3840,85
Temperatura Ambiente	13 al 16	704,21	696,11	8,10	4	3953,10
					<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>15046,17</b>

Cumple **Desgaste Promedio (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)** **15066,52**

**OBSERVACIONES**

- Las muestras a ensayar fueron puestas en laboratorio y realizadas en presencia del solicitante.
- La medida de lados fue obtenida por promedio de 2 lecturas.
- 



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

*Raúl Miranda Quintanilla*  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 C.P.: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

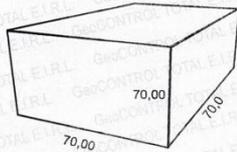
Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com.pe

030757

INFORME DE ENSAYO  
**ADOQUINES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO**  
**"ABRASIÓN MEDIANTE EL ENSAYO BÖHME"**  
NTE INEN 3040 - ANEXO G

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICION DE RELAVE MINERO BAJO EFECTOS DE HELADA, PUNO, 2023.  
**SOLICITANTE** : BACH. CHAMBI SANCHEZ JOEL FREDDY F. INGRESO : 2023-12-22  
**UBICACIÓN** : JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO F. EMISIÓN : 2023-12-26  
ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

Determinación de la densidad			
Geometría			
	M - 01	M - 02	M - 03
Ancho (mm) :	70,10	70,00	70,21
Largo (mm) :	69,99	69,75	70,12
Altura (mm) :	70,09	70,11	70,51
Volumen (mm <sup>3</sup> ) :	343882,50	342312,08	347129,66
Masa (g) :	688,80	701,30	693,40
Densidad (g/mm <sup>3</sup> ) :	0,0020	0,0020	0,0020



Ensayo					
Muestra - 01	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )
Muestra Patrón + 50 % Relave	1 al 4	688,80	681,37	7,43	1 3709,42
	5 al 8	681,37	673,81	7,56	2 3774,32
	9 al 12	673,81	666,29	7,52	3 3754,35
Temperatura Ambiente	13 al 16	666,29	657,92	8,37	4 4178,71
Desgaste total (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )					15416,80

Ensayo					
Muestra - 02	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )
Muestra Patrón + 50 % Relave	1 al 4	701,30	693,79	7,51	1 3665,71
	5 al 8	693,79	685,65	8,14	2 3973,22
	9 al 12	685,65	677,37	8,28	3 4041,56
Temperatura Ambiente	13 al 16	677,37	669,71	7,66	4 3738,93
Desgaste total (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )					15419,42

Ensayo					
Muestra - 03	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )
Muestra Patrón + 50 % Relave	1 al 4	693,40	686,12	7,28	1 3644,51
	5 al 8	686,12	678,57	7,55	2 3779,68
	9 al 12	678,57	670,43	8,14	3 4075,04
Temperatura Ambiente	13 al 16	670,43	662,33	8,10	4 4055,02
Desgaste total (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )					15554,25

Cumple **Desgaste Promedio (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)** **15463,49**

- OBSERVACIONES**
- Las muestras a ensayar fueron puestas en laboratorio y realizadas en presencia del solicitante.
  - La medida de lados fue obtenida por promedio de 2 lecturas.
  -

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com.pe

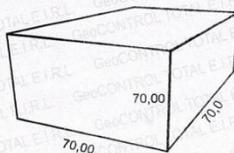
030756

INFORME DE ENSAYO  
**ADOQUINES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO**  
**"ABRASIÓN MEDIANTE EL ENSAYO BÖHME"**  
 NTE INEN 3040 - ANEXO G

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTOS DE HELADA, PUNO, 2023.  
**SOLICITANTE** : BACH. CHAMBI SANCHEZ JOEL FREDDY F. INGRESO : 2023-12-22  
**UBICACIÓN** : JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO F. EMISIÓN : 2023-12-26  
 ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Determinación de la densidad**

**Geometría**



	M - 04	M - 05	M - 06
Ancho (mm) :	70,13	71,61	70,21
Largo (mm) :	70,36	70,12	70,12
Altura (mm) :	69,89	71,64	70,51
Volumen (mm <sup>3</sup> ) :	344861,50	359725,44	347129,56
Masa (g) :	690,45	702,10	697,84
Densidad (g/mm <sup>3</sup> ) :	0,0020	0,0020	0,0020

**Ensayo**

Muestra - 04	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )		
Muestra Patrón + 50 % Relave	1 al 4	690,45	682,92	7,53	1	3761,04	
	5 al 8	682,92	675,28	7,64	2	3815,98	
	9 al 12	675,28	667,43	7,85	3	3920,87	
Temperatura Ambiente	13 al 16	667,43	659,29	8,14	4	4065,71	
					Desgaste total (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )		15563,60

**Ensayo**

Muestra - 05	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )		
Muestra Patrón + 50 % Relave	1 al 4	702,10	694,64	7,46	1	3822,18	
	5 al 8	694,64	687,08	7,56	2	3873,41	
	9 al 12	687,08	679,69	7,39	3	3786,31	
Temperatura Ambiente	13 al 16	679,69	671,58	8,11	4	4155,21	
					Desgaste total (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )		15637,12

**Ensayo**

Muestra - 06	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )		
Muestra Patrón + 50 % Relave	1 al 4	697,84	690,15	7,69	1	3825,27	
	5 al 8	690,15	682,43	7,72	2	3840,19	
	9 al 12	682,43	674,47	7,96	3	3959,58	
Temperatura Ambiente	13 al 16	674,47	666,16	8,31	4	4133,68	
					Desgaste total (mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup> )		15758,72

Cumple **Desgaste Promedio (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)** **15653,14**

**OBSERVACIONES**

- Las muestras a ensayar fueron puestas en laboratorio y realizadas en presencia del solicitante.
- La medida de lados fue obtenida por promedio de 2 lecturas.
- 



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

*Raúl Miranda Quintanilla*

Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com.pe

030759



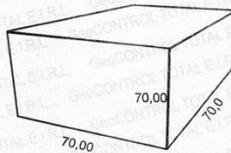
**CERTIFICADOS DE CALIDAD  
(Pruebas de resistencia a la abrasión  
bajo congelamiento y deshielo)**

INFORME DE ENSAYO  
**ADOQUINES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO**  
**"ABRASIÓN MEDIANTE EL ENSAYO BÖHME"**  
NTE INEN 3040 - ANEXO G

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICION DE RELAVE MINERO BAJO EFECTOS DE HELADA, PUNO, 2023.  
**SOLICITANTE** : BACH. CHAMBI SANCHEZ JOEL FREDDY F. INGRESO : 2023-12-22  
**UBICACIÓN** : JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO F. EMISIÓN : 2023-12-26  
ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Determinación de la densidad**

**Geometría**



	M - 01	M - 02	M - 03
Ancho (mm) :	71,15	71,12	71,62
Largo (mm) :	70,31	71,34	71,09
Altura (mm) :	71,56	71,62	71,12
Volumen (mm <sup>3</sup> ) :	357982,94	363378,45	362105,05
Masa (g) :	752,90	746,94	757,23
Densidad (g/mm <sup>3</sup> ) :	0,0021	0,0021	0,0021

**Ensayo**

Muestra - 01	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 0% Relave	1 al 4	752,90	745,04	7,86	1	3737,21
	5 al 8	745,04	737,10	7,94	2	3775,25
	9 al 12	737,10	728,82	8,28	3	3936,91
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	728,82	720,07	8,75	4	4160,38
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>					<b>15609,75</b>	

**Ensayo**

Muestra - 02	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 0% Relave	1 al 4	746,94	739,20	7,74	1	3765,43
	5 al 8	739,20	731,13	8,07	2	3925,97
	9 al 12	731,13	723,12	8,01	3	3896,78
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	723,12	714,52	8,60	4	4183,81
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>					<b>15771,99</b>	

**Ensayo**

Muestra - 03	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 0% Relave	1 al 4	757,23	749,37	7,86	1	3758,63
	5 al 8	749,37	741,11	8,26	2	3949,91
	9 al 12	741,11	732,62	8,49	3	4059,89
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	732,62	723,90	8,72	4	4169,88
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>					<b>15938,30</b>	

Cumple **Desgaste Promedio (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)** **15773,35**

**OBSERVACIONES**

- Las muestras a ensayar fueron puestas en laboratorio y realizadas en presencia del solicitante.
- La medida de lados fue obtenida por promedio de 2 lecturas.
- 



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

*Raul Miranda Quintanilla*  
 Ing. Raul Miranda Quintanilla  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Esta es estrictamente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com.pe

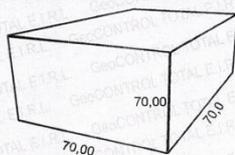
030760

**ADOQUINES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO**  
**"ABRASIÓN MEDIANTE EL ENSAYO BÖHME"**

NTE INEN 3040 - ANEXO G

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICION DE RELAVE MINERO BAJO EFECTOS DE HELADA, PUNO, 2023.  
**SOLICITANTE** : BACH. CHAMBI SANCHEZ JOEL FREDDY F. INGRESO : 2023-12-22  
**UBICACIÓN** : JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO F. EMISIÓN : 2023-12-26

ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Determinación de la densidad**
**Geometría**


	M - 04	M - 05	M - 06
Ancho (mm) :	71,12	71,41	71,11
Largo (mm) :	70,64	70,97	70,45
Altura (mm) :	70,17	71,34	70,61
Volumen (mm <sup>3</sup> ) :	352528,24	361548,82	353734,88
Masa (g) :	754,61	752,11	753,61
Densidad (g/mm <sup>3</sup> ) :	0,0021	0,0021	0,0021

**Ensayo**

Muestra - 04	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 0% Relave	1 al 4	754,61	746,60	8,01	1	3742,00
	5 al 8	746,60	738,31	8,29	2	3872,81
	9 al 12	738,31	730,12	8,19	3	3826,09
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	730,12	721,36	8,76	4	4092,38
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>)</b>						<b>15533,27</b>

**Ensayo**

Muestra - 05	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 0% Relave	1 al 4	752,11	744,18	7,93	1	3812,05
	5 al 8	744,18	736,12	8,06	2	3874,54
	9 al 12	736,12	727,63	8,49	3	4081,25
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	727,63	718,86	8,77	4	4215,85
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>)</b>						<b>15983,70</b>

**Ensayo**

Muestra - 06	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 0% Relave	1 al 4	753,61	745,69	7,92	1	3717,55
	5 al 8	745,69	737,44	8,25	2	3872,44
	9 al 12	737,44	728,93	8,51	3	3994,49
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	728,93	720,01	8,92	4	4186,93
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>)</b>						<b>15771,41</b>

 Cumple **Desgaste Promedio (mm<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>)** **15762,79**
**OBSERVACIONES**

- Las muestras a ensayar fueron puestas en laboratorio y realizadas en presencia del solicitante.
- La medida de lados fue obtenida por promedio de 2 lecturas.
- 



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

  
 Ing. Raúl Mirandas Quintanilla  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com.pe

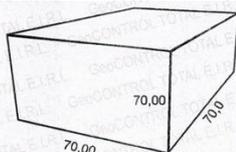
**030761**

**ADOQUINES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO**  
**"ABRASIÓN MEDIANTE EL ENSAYO BÖHME"**

NTE INEN 3040 - ANEXO G

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICION DE RELAVE MINERO BAJO EFECTOS DE HELADA, PUNO, 2023.  
**SOLICITANTE** : BACH. CHAMBI SANCHEZ JOEL FREDDY  
**UBICACIÓN** : JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO  
**F. INGRESO** : 2023-12-22  
**F. EMISIÓN** : 2023-12-26

ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Determinación de la densidad**
**Geometría**


	M - 01	M - 02	M - 03
Ancho (mm) :	71,16	70,11	70,11
Largo (mm) :	70,08	70,12	70,02
Altura (mm) :	70,10	70,09	70,05
Volumen (mm <sup>3</sup> ) :	349581,19	344570,37	343882,61
Masa (g) :	757,91	746,00	751,11
Densidad (g/mm <sup>3</sup> ) :	0,0022	0,0022	0,0022

**Ensayo**

Muestra - 01	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 10 % Relave	1 al 4	757,91	749,75	8,16	1	3763,75
	5 al 8	749,75	741,23	8,52	2	3929,80
	9 al 12	741,23	732,51	8,72	3	4022,04
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	732,51	723,49	9,02	4	4160,42
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>)</b>						<b>15876,01</b>

**Ensayo**

Muestra - 02	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 10 % Relave	1 al 4	746,00	737,94	8,06	1	3722,84
	5 al 8	737,94	729,73	8,21	2	3792,12
	9 al 12	729,73	721,41	8,32	3	3842,93
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	721,41	712,03	9,38	4	4332,53
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>)</b>						<b>15690,42</b>

**Ensayo**

Muestra - 03	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 10 % Relave	1 al 4	751,11	743,05	8,06	1	3690,13
	5 al 8	743,05	734,58	8,47	2	3877,84
	9 al 12	734,58	726,14	8,44	3	3864,11
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	726,14	717,32	8,82	4	4038,08
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>)</b>						<b>15470,16</b>

 Cumple **Desgaste Promedio (mm<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>)** **15678,86**
**OBSERVACIONES**

- Las muestras a ensayar fueron puestas en laboratorio y realizadas en presencia del solicitante.
- La medida de lados fue obtenida por promedio de 2 lecturas.
- 



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

Ing. Raúl Miranda Quintanilla

CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 871568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com.pe

030762

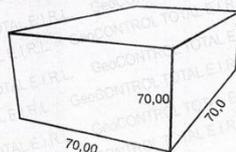
**ADOQUINES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO**  
**"ABRASIÓN MEDIANTE EL ENSAYO BÖHME"**

INFORME DE ENSAYO

NTE INEN 3040 - ANEXO G

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICION DE RELAVE MINERO BAJO EFECTOS DE HELADA, PUNO, 2023.  
**SOLICITANTE** : BACH. CHAMBI SANCHEZ JOEL FREDDY F. INGRESO : 2023-12-22  
**UBICACIÓN** : JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO F. EMISIÓN : 2023-12-26

ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Determinación de la densidad**
**Geometría**


	M - 04	M - 05	M - 06
Ancho (mm) :	70,11	70,11	70,11
Largo (mm) :	70,08	70,12	70,02
Altura (mm) :	70,10	70,09	70,05
Volumen (mm <sup>3</sup> ) :	344422,95	344570,37	343882,61
Masa (g) :	758,94	770,32	739,34
Densidad (g/mm <sup>3</sup> ) :	0,0022	0,0022	0,0021

**Ensayo**

Muestra - 04	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 10 % Relave	1 al 4	758,94	750,82	8,12	1	3685,03
	5 al 8	750,82	742,41	8,41	2	3816,64
	9 al 12	742,41	733,67	8,74	3	3966,40
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	733,67	724,83	9,04	4	4102,54
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>						<b>15570,80</b>

**Ensayo**

Muestra - 05	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 10 % Relave	1 al 4	770,32	762,09	8,23	1	3681,35
	5 al 8	762,09	753,76	8,33	2	3726,08
	9 al 12	753,76	744,89	8,87	3	3967,82
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	744,89	735,56	9,33	4	4173,38
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>						<b>15548,43</b>

**Ensayo**

Muestra - 06	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 10 % Relave	1 al 4	739,34	731,34	8,00	1	3720,97
	5 al 8	731,34	723,03	8,31	2	3865,16
	9 al 12	723,03	714,59	8,44	3	3925,62
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	714,59	705,85	8,74	4	4065,16
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>						<b>15576,90</b>

 Cumple **Desgaste Promedio (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)** **15565,31**
**OBSERVACIONES**

- Las muestras a ensayar fueron puestas en laboratorio y realizadas en presencia del solicitante.
- La medida de lados fue obtenida por promedio de 2 lecturas.
- 



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 151400

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com.pe

030763

**ADOQUINES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO**  
**"ABRASIÓN MEDIANTE EL ENSAYO BÖHME"**

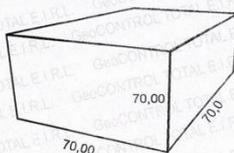
INFORME DE ENSAYO

NTE INEN 3049 - ANEXO G

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICION DE RELAVE MINERO BAJO EFECTOS DE HELADA, PUNO, 2023.  
**SOLICITANTE** : BACH. CHAMBI SANCHEZ JOEL FREDDY  
**UBICACIÓN** : JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO

**F. INGRESO** : 2023-12-22  
**F. EMISIÓN** : 2023-12-26

ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Determinación de la densidad**
**Geometría**


	M - 01	M - 02	M - 03
Ancho (mm) :	70,10	70,00	70,21
Largo (mm) :	69,99	69,75	70,12
Altura (mm) :	70,09	70,11	70,51
Volumen (mm <sup>3</sup> ) :	343882,50	342312,08	347129,56
Masa (g) :	688,80	701,30	693,40
Densidad (g/mm <sup>3</sup> ) :	0,0020	0,0020	0,0020

**Ensayo**

Muestra - 01	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 25 % Relave	1 al 4	688,80	680,98	7,82	1	3904,12
	5 al 8	680,98	673,03	7,95	2	3969,03
	9 al 12	673,03	664,65	8,38	3	4183,70
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	664,65	656,59	8,06	4	4023,94
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>					<b>16080,80</b>	

**Ensayo**

Muestra - 02	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 25 % Relave	1 al 4	701,30	693,56	7,74	1	3777,98
	5 al 8	693,56	685,69	7,87	2	3841,43
	9 al 12	685,69	677,25	8,44	3	4119,65
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	677,25	668,39	8,86	4	4324,66
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>					<b>16063,73</b>	

**Ensayo**

Muestra - 03	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 25 % Relave	1 al 4	693,40	685,59	7,81	1	3909,84
	5 al 8	685,59	677,64	7,95	2	3979,92
	9 al 12	677,64	669,60	8,04	3	4024,98
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	669,60	660,99	8,61	4	4310,33
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>					<b>16225,08</b>	

 Cumple **Desgaste Promedio (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)** **16123,20**
**OBSERVACIONES**

- Las muestras a ensayar fueron puestas en laboratorio y realizadas en presencia del solicitante.
- La medida de lados fue obtenida por promedio de 2 lecturas.
- 



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERIA - CONSTRUCCION - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISION - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com.pe

030764

**ADOQUINES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO**
**"ABRASIÓN MEDIANTE EL ENSAYO BÖHME"**

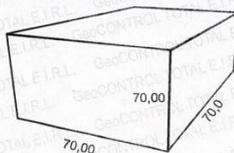
NTE INEN 3040 - ANEXO G

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICIÓN DE RELAVE MINERO BAJO EFECTOS DE HELADA, PUNO, 2023.  
**SOLICITANTE** : BACH. CHAMBI SANCHEZ JOEL FREDDY  
**UBICACIÓN** : JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO

F. INGRESO : 2023-12-22

F. EMISIÓN : 2023-12-26

ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Determinación de la densidad**
**Geometría**


	M - 04	M - 05	M - 06
Ancho (mm) :	70,10	70,00	70,21
Largo (mm) :	69,99	69,75	70,12
Altura (mm) :	70,09	70,11	70,51
Volumen (mm <sup>3</sup> ) :	343882,50	342312,08	347129,56
Masa (g) :	692,34	700,64	698,44
Densidad (g/mm <sup>3</sup> ) :	0,0020	0,0020	0,0020

**Ensayo**

Muestra - 04	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 25 % Relave	1 al 4	692,34	684,48	7,86	1	3904,03
	5 al 8	684,48	676,77	7,71	2	3829,53
	9 al 12	676,77	668,82	7,95	3	3948,73
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	668,82	660,16	8,66	4	4301,39
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>						<b>15983,68</b>

**Ensayo**

Muestra - 05	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 25 % Relave	1 al 4	700,64	692,72	7,92	1	3869,48
	5 al 8	692,72	684,58	8,14	2	3976,96
	9 al 12	684,58	676,17	8,41	3	4108,88
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	676,17	667,56	8,61	4	4206,59
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>						<b>16161,91</b>

**Ensayo**

Muestra - 06	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 25 % Relave	1 al 4	698,44	690,79	7,65	1	3802,10
	5 al 8	690,79	683,03	7,76	2	3856,77
	9 al 12	683,03	675,34	7,69	3	3821,98
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	675,34	666,30	9,04	4	4492,94
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>						<b>15973,80</b>

 Cumple **Desgaste Promedio (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)** **16039,80**
**OBSERVACIONES**

- Las muestras a ensayar fueron puestas en laboratorio y realizadas en presencia del solicitante.
- La medida de lados fue obtenida por promedio de 2 lecturas.
- 


 GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 13140

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com.pe

U30785

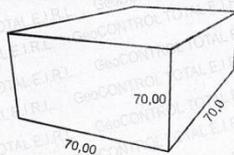
INFORME DE ENSAYO  
**ADOQUINES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO**  
**"ABRASIÓN MEDIANTE EL ENSAYO BÖHME"**  
NTE INEN 3040 - ANEXO G

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICION DE RELAVE MINERO BAJO EFECTOS DE HELADA, PUNO, 2023.  
**SOLICITANTE** : BACH. CHAMBI SANCHEZ JOEL FREDDY F. INGRESO : 2023-12-22  
**UBICACIÓN** : JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO F. EMISIÓN : 2023-12-22

ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Determinación de la densidad**

**Geometría**



	M - 01	M - 02	M - 03
Ancho (mm) :	70,67	70,14	70,64
Largo (mm) :	71,11	70,24	71,11
Altura (mm) :	71,14	70,61	71,21
Volumen (mm <sup>3</sup> ) :	357502,95	347869,60	357702,81
Masa (g) :	716,81	721,39	741,53
Densidad (g/mm <sup>3</sup> ) :	0,0020	0,0021	0,0021

**Ensayo**

Muestra - 01	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 50% Relave	1 al 4	716,81	708,75	8,06	1	4019,86
	5 al 8	708,75	700,63	8,12	2	4049,78
	9 al 12	700,63	691,78	8,85	3	4413,86
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	691,78	682,59	9,19	4	4583,44
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>)</b>					<b>17066,94</b>	

**Ensayo**

Muestra - 02	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 50% Relave	1 al 4	721,39	713,27	8,12	1	3915,64
	5 al 8	713,27	705,01	8,26	2	3983,15
	9 al 12	705,01	696,18	8,83	3	4259,46
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	696,18	686,61	9,57	4	4614,86
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>)</b>					<b>16773,10</b>	

**Ensayo**

Muestra - 03	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 50% Relave	1 al 4	741,53	733,37	8,16	1	3936,26
	5 al 8	733,37	724,81	8,56	2	4129,21
	9 al 12	724,81	715,97	8,84	3	4264,28
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	715,97	706,21	9,76	4	4708,08
<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>)</b>					<b>17037,83</b>	

Cumple **Desgaste Promedio (mm<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>)** **16959,29**

**OBSERVACIONES**

- Las muestras a ensayar fueron puestas en laboratorio y realizadas en presencia del solicitante.
- La medida de lados fue obtenida por promedio de 2 lecturas.
- 



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

*Ing. Raúl Miranda Quintanilla*  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com.pe

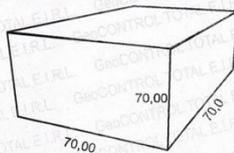
030766

INFORME DE ENSAYO  
**ADOQUINES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO**  
**"ABRASIÓN MEDIANTE EL ENSAYO BÖHME"**  
NTE INEN 3040 - ANEXO G

**PROYECTO** : RESISTENCIA MECÁNICA DE ADOQUINES DE CONCRETO CON ADICION DE RELAVE MINERO BAJO EFECTOS DE HELADA, PUNO, 2023.  
**SOLICITANTE** : BACH. CHAMBI SANCHEZ JOEL FREDDY F. INGRESO : 2023-12-22  
**UBICACIÓN** : JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO F. EMISIÓN : 2023-12-26  
ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Determinación de la densidad**

**Geometría**



	M - 04	M - 05	M - 06
Ancho (mm) :	71,05	71,14	71,04
Largo (mm) :	70,54	71,12	70,09
Altura (mm) :	70,24	70,17	71,03
Volumen (mm <sup>3</sup> ) :	352033,54	355023,49	353672,12
Masa (g) :	727,41	748,34	749,61
Densidad (g/mm <sup>3</sup> ) :	0,0021	0,0021	0,0021

**Ensayo**

Muestra - 04	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 50% Relave	1 al 4	727,41	719,26	8,15	1	3944,23
	5 al 8	719,26	711,02	8,24	2	3987,79
	9 al 12	711,02	702,01	9,01	3	4360,43
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	702,01	692,30	9,71	4	4699,20
					<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>16991,65</b>

**Ensayo**

Muestra - 05	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 50% Relave	1 al 4	748,34	740,25	8,09	1	3838,01
	5 al 8	740,25	731,32	8,93	2	4236,52
	9 al 12	731,32	721,95	9,47	3	4492,71
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	721,95	712,26	9,59	4	4549,64
					<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>17116,88</b>

**Ensayo**

Muestra - 06	Ciclos	Masa Inicial (g)	Masa final (g)	Masa Pérdida (g)	Desgaste (mm <sup>3</sup> )	
Muestra Patrón + 50% Relave	1 al 4	749,61	741,17	8,44	1	3982,06
	5 al 8	741,17	733,33	7,84	2	3698,98
	9 al 12	733,33	723,75	9,58	3	4519,92
Congelamiento y Deshielo	13 al 16	723,75	713,93	9,82	4	4633,16
					<b>Desgaste total (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>16834,12</b>

Cumple **Desgaste Promedio (mm<sup>3</sup>/mm<sup>2</sup>)** **16980,88**

**OBSERVACIONES**

- Las muestras a ensayar fueron puestas en laboratorio y realizadas en presencia del solicitante.
- La medida de lados fue obtenida por promedio de 2 lecturas.
- 



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131450

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com.pe

030767



**CERTIFICADOS DE  
CALIBRACION**



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 0264 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 2

<b>1. Expediente</b>	<b>4240-2023</b>	Este informe de verificación 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).
<b>2. Solicitante</b>	<b>TRIPLE GEO E.I.R.L.</b>	
<b>3. Dirección</b>	<b>MZA. G LOTE. 14 URB. VILLA DEL LAGO - PUNO - PUNO - PUNO</b>	
<b>4. Instrumento</b>	<b>TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)</b>	Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
<b>Diametro</b>	<b>8 pulgadas</b>	
<b>Designación</b>	<b>No. 16 1.18 mm</b>	
<b>Marca</b>	<b>SOIL TEST, INC</b>	
<b>Número de serie</b>	<b>205943</b>	
<b>Procedencia</b>	<b>U.S.A.</b>	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.
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>	Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
<b>5. Fecha de Verificación</b>	<b>2023-10-04</b>	El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2023-10-04

Jefe del Laboratorio de Metrología

  
JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA

Sello



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
📌 PERUTEST SAC

Escaneado con CamScanner



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

## INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 0262 - 2023

Página 1 de 2

1. Expediente	4240-2023	Este informe de verificación 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	TRIPLE GEO E.I.R.L.	
3. Dirección	MZA. G LOTE. 14 URB. VILLA DEL LAGO - PUNO - PUNO - PUNO	Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)	
Diametro	8 pulgadas	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.
Designación	No. 8 2.75 mm	
Marca	SOIL TEST, INC	Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Número de serie	204669	
Procedencia	U.S.A.	El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.
Identificación	NO INDICA	
5. Fecha de Verificación	2023-10-04	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2023-10-04

JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC

Escaneado con CamScanner



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

## INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 0266 - 2023

Página 1 de 2

1. Expediente	4240-2023	Este informe de verificación 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	TRIPLE GEO E.I.R.L.	
3. Dirección	MZA. G LOTE. 14 URB. VILLA DEL LAGO - PUNO - PUNO - PUNO	Los resultados son válidos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)	
Diametro	8 pulgadas	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.
Designación	No. 30 603 1277	
Marca	ENDECOTTS LTD	Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Número de serie	376750	
Procedencia	NO INDICA	El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.
Identificación	NO INDICA	
5. Fecha de Verificación	2023-10-04	

Fecha de Emisión

2023-10-04

Jefe del Laboratorio de Metrología

  
JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA

Sello

PERUTEST S.A.C.



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC

Escaneado con CamScanner



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 0270 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 2

<b>1. Expediente</b>	<b>4240-2023</b>	Este informe de verificación 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).
<b>2. Solicitante</b>	<b>TRIPLE GEO E.I.R.L.</b>	
<b>3. Dirección</b>	<b>MZA. G LOTE. 14 URB. VILLA DEL LAGO - PUNO - PUNO - PUNO</b>	Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
<b>4. Instrumento</b>	<b>TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)</b>	
<b>Diametro</b>	<b>8 pulgadas</b>	
<b>Designación</b>	<b>No. 200 75 µm</b>	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.
<b>Marca</b>	<b>FORNEY</b>	
<b>Número de serie</b>	<b>NO INDICA</b>	
<b>Procedencia</b>	<b>U.S.A.</b>	Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
<b>Identificación</b>	<b>IV-0270</b>	El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.
<b>5. Fecha de Verificación</b>	<b>2023-10-04</b>	

Fecha de Emisión

2023-10-04

Jefe del Laboratorio de Metrología

  
JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA

Sello



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC

Escaneado con CamScanner



**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 0269 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 2

<b>1. Expediente</b>	<b>4240-2023</b>	Este informe de verificación 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).
<b>2. Solicitante</b>	<b>TRIPLE GEO E.I.R.L.</b>	
<b>3. Dirección</b>	<b>MZA. G LOTE. 14 URB. VILLA DEL LAGO - PUNO - PUNO - PUNO</b>	Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
<b>4. Instrumento</b>	<b>TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)</b>	
<b>Díametro</b>	<b>8 pulgadas</b>	
<b>Designación</b>	<b>No. 100 150 µm</b>	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.
<b>Marca</b>	<b>SOILTEST, INC.</b>	
<b>Número de serie</b>	<b>205549</b>	
<b>Procedencia</b>	<b>U.S.A.</b>	Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>	
<b>5. Fecha de Verificación</b>	<b>2023-10-04</b>	El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2023-10-04

Jefe del Laboratorio de Metrología

JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA

Sello



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
📌 PERUTEST SAC

Escaneado con CamScanner



# 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 - LM - 087 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	1420-2023
2. Solicitante	TRIPLE GEO EIRL
3. Dirección	LT. 14 MZ. G URB. VILLA DEL LAGO - PUNO PUNO PUNO
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	620 g
División de escala (d)	0.01 g
Div. de verificación (e)	0.01 g
Clase de exactitud	III
Marca	OHAUS
Modelo	NV622ZH
Número de Serie	8343101181
Capacidad mínima	0.2 g
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2023-04-27

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

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

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2023-04-27

Jefe del Laboratorio de Metrología

  
JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA

Sello



☎ 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

Escaneado con CamScanner



**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# 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 - LM - 0242 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

<b>1. Expediente</b>	<b>4240-2023</b>
<b>2. Solicitante</b>	<b>TRIPLE GEO EIRL</b>
<b>3. Dirección</b>	<b>LT. 14 MZ. G URB. VILLA DEL LAGO - PUNO - PUNO - PUNO</b>
<b>4. Equipo de medición</b>	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>
Capacidad Máxima	6200 g
División de escala (d)	0.1 g
Div. de verificación (e)	0.1 g
Clase de exactitud	III
Marca	OHAUS
Modelo	NVT6201ZH
Número de Serie	8341346471
Capacidad mínima	2.0 g
Procedencia	U.S.A.
Identificación	NO INDICA
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2023-10-04</b>

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

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

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

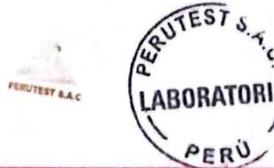
Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2023-10-04

  
JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC

Escaneado con CamScanner

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**PT - LF - 028 - 2023**

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	0485-2023	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)
<b>2. Solicitante</b>	<b>TRIPLE GEO EIRL</b>	
<b>3. Dirección</b>	LT. 14 MZ. G URB. VILLA DEL LAGO - PUNO PUNO PUNO	
<b>4. Equipo</b>	<b>PRENSA DE CONCRETO</b>	
<b>Capacidad</b>	120000 kgf	
<b>Marca</b>	PERUTEST	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.  PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.  Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.  El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
<b>Modelo</b>	PC-120	
<b>Número de Serie</b>	1080	
<b>Procedencia</b>	PERÚ	
<b>Identificación</b>	NO INDICA	
<b>Indicación</b>	DIGITAL	
<b>Marca</b>	HIGH WEIGHT	
<b>Modelo</b>	315-XSP	
<b>Número de Serie</b>	1080	
<b>Resolución</b>	10 kgf	
<b>Ubicación</b>	NO INDICA	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	2023-03-30	

Fecha de Emisión

2023-03-31

Jefe del Laboratorio de Metrología



JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA

Sello





# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 0268 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 2

1. Expediente	4240-2023	Este informe de verificación 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	TRIPLE GEO E.I.R.L.	
3. Dirección	MZA. G LOTE. 14 URB. VILLA DEL LAGO - PUNO - PUNO - PUNO	Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)	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.
Diametro	8 pulgadas	
Designación	No. 50 300 µm	Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	GRANO TEST	
Número de serie	21996	
Procedencia	COLOMBIA	El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.
Identificación	NO INDICA	
5. Fecha de Verificación	2023-10-04	

Fecha de Emisión

2023-10-04

Jefe del Laboratorio de Metrología

  
JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA

Sello



☎ 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

Escaneado con CamScanner

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CA-LT-018-2023**

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 10

1. Expediente: 0403
2. Solicitante: TRIPLE GEO E.I.R.L.
3. Dirección: LT. 14 MZ. G URB. VILLA DEL LAGO - PUNO - PUNO - PUNO
4. Equipo: HORNO DE SECADO  
 Marca: PERUTEST  
 Modelo: PT-H136  
 N° de serie: 127  
 Procedencia: PERÚ  
 Identificación: NO INDICA  
 Ubicación: LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

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

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Dispositivo de control	Instrumento de medición
Intervalo de indicación	0 °C A 300 °C	0 °C A 300 °C
Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	DIGITAL	DIGITAL

5. Fecha de calibración 2023-06-24

Fecha de Emisión

2023-06-30



Firmado digitalmente por:  
BARTOLO CHUQUISALA JUAN  
CARLOS FIR 42443885 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 03/07/2023 16:05:36-0600



Jefe del Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC

Escaneado con CamScanner



**Arso Group**  
Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2023/11/20  
Solicitante **GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.**  
Dirección AV. CIRCUNVALACION NORTE NRO. 1728 PUNO - SAN ROMAN - JULIACA  
Instrumento de medición **EQUIPO BOHME**  
Identificación NO INDICA  
Marca G&S COVIL  
Modelo AB-01  
Serie 001  
Capacidad 500 RPM  
Procedencia PERÚ

Ubicación Laboratorio de Suelos  
Lugar de calibración AV. CIRCUNVALACION NORTE NRO. 1728 PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

Fecha de calibración 2023/11/28

Método/Procedimiento de calibración

La Calibración se realizó por comparación directa con patrones calibrados que tiene trazabilidad al SI, tomando como referencias las lecturas del sistema de calibración y la verificación de los equipos bohme según norma EN 1338, 1339, 1340, EN 13892-3, EN 14187. PROBADOR DE ABRASION BOHME.

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

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición de acuerdo a regulaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los resultados que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**COPIA NO CONTROLADA  
GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGIA



Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
INSTITUTO PERUANO DE METROLOGÍA E INNOVACIÓN	Tacómetro	CC-LFV-0023-23

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 16,7 °C	Final: 16,7 °C
Humedad Relativa	Inicial: 26 %hr	Final: 26 %hr

Resultados

INDICACIÓN DEL INSTRUMENTO A CALIBRAR (%)	VALOR CONVENCIONALMENTE VERDADERO (rpm)	INCERTIDUMBRE (rpm)
100	30	0,00

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre se ajusta al certificado anterior del equipo, tal como el error de incertidumbre del tacómetro.
3. (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se le puso una etiqueta adhesiva con la inscripción "CALIBRADO"

Fin de documento

**COPIA NO CONTROLADA**  
**GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Guido Luis Arevalo Carnica  
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

**Anexo III. Panel Fotográfico**

---



**Fotografía 01.** Ubicación y selección del centro minero N° 01.



**Fotografía 02.** Ubicación y selección del centro minero N° 02

---



**Fotografía 03.** Características Físicas de las muestras.



**Fotografía 04.** Recolección y extracción de la muestra cantera Isla.

---



**Fotografía 05.** Muestreo de material de cantera y relave minero en laboratorio



**Fotografía 06** Ensayo de peso específico



**Fotografía 07.** Ensayo de Granulometría



**Fotografía 08.** Peso Unitario



**Fotografía 09.** Preparación de la congeladora

**Fotografía 10.** Molde de trabajo



**Fotografía 11.** *Instalación de herramientas y materiales*



**Fotografía 12.** *Dosificación de mesclado*



**Fotografía 13.** *Preparación de los componentes.*



**Fotografía 14.** *Mesclado manual.*



**Fotografía 15.** Moldeado de adoquines.

**Fotografía 16.** Secado de adoquines



**Fotografía 17.** Secado de muestras,

**Fotografía 18.** Muestras acumuladas secas para ser transportada



**Fotografía 19.** Curado de adoquines bajo exposición de intemperie. **Fotografía 20.** Curado de adoquines bajo exposición de helada.



**Fotografía 21.** Armado del equipo mecánico a **Fotografía 22.** Prueba de resistencia a compresión.



**Fotografía 23.** Muestras de especímenes para el ensayo de abrasión. **Fotografía 24.** Variación dimensional de los especímenes



**Fotografía 25.** Colocado de especímenes a la maquina



**Fotografía 26.** Prueba abrasión