



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL MACIZO  
ROCOSO PARA USO COMO LASTRE, ALTO PERÚ,  
CAJAMARCA - 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Bach. Jorge Arturo Aguilar Asca

Bach. Rolando Homer Robles Maquera

Asesor:

Ing. Wilder Chuquiruna Chávez

Cajamarca - Perú

2020

## **DEDICATORIA**

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, a mis padres por haberme apoyado en todo momento, a mis hermanos por su apoyo incondicional.

**Rolando**

A Dios por mostrarme y guiarme en el camino de la vida, y a mi Esposa y a mis Hijos por su apoyo, comprensión, paciencia, tiempo y confianza.

**Jorge Arturo**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por toda la bendición que pone en mi vida, a mi familia por todo el apoyo brindado, que han hecho posible el desarrollo del presente proyecto.

**Rolando**

A mis familiares, por el apoyo incondicional y la confianza brindada.

A la Universidad Privada del Norte, por brindarme la oportunidad de formación como profesional en la especialidad de Ingeniería de Minas.

A los docentes de la Universidad Privada del Norte, por contribuir con sus conocimientos y experiencias en mi formación profesional.

**Jorge Arturo**

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
1.1. Realidad problemática.....	9
1.2. Formulación del problema.....	18
1.3. Objetivos .....	18
1.4. Hipótesis.....	18
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>20</b>
2.1. Tipo de investigación.....	20
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	21
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	22
2.4. Procedimiento.....	24
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS.....</b>	<b>26</b>
3.1. Generalidades.....	26
3.2. Geología Regional.....	27
3.3. Geología Local.....	28
3.4. Litología .....	29
3.5. Caracterización geotécnica del macizo rocoso del sector Alto Perú - Cajamarca .....	32
3.6. Características y propiedades del material de cantera del Alto Perú – Cajamarca.....	43
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>63</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>73</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Requisitos de la calidad que deben de cubrir los materiales según bandas granulométricas -----	13
<b>Tabla 2.</b> Determinación del RMR - Estación 01 -----	33
<b>Tabla 3.</b> Determinación del RMR - Estación 02 -----	33
<b>Tabla 4.</b> Determinación del RMR - Estación 03 -----	35
<b>Tabla 5.</b> Determinación del RMR - Estación 04 -----	36
<b>Tabla 6.</b> Determinación del RMR - Estación 05 -----	37
<b>Tabla 7.</b> Determinación del RMR - Estación 06 -----	38
<b>Tabla 8.</b> Determinación del RMR - Estación 07 -----	39
<b>Tabla 9.</b> Determinación del RMR - Estación 08 -----	40
<b>Tabla 10.</b> Determinación del RMR - Estación 09 -----	41
<b>Tabla 11.</b> Determinación del RMR - Estación 10 -----	42
<b>Tabla 12.</b> Resultado de la Granulometría - Muestra 1 (M-1) -----	43
<b>Tabla 13.</b> Resultado de la Granulometría - Muestra 2 (M – 2) -----	44
<b>Tabla 14.</b> Resultado de la Granulometría - Muestra 3 (M – 3) -----	45
<b>Tabla 15.</b> Resultado de la Granulometría - Muestra 4 (M – 4) -----	46
<b>Tabla 16.</b> Resultado de la Granulometría - Muestra 5 (M – 5) -----	47
<b>Tabla 17.</b> Resultado de la Granulometría - Muestra 6 (M – 6) -----	48
<b>Tabla 18.</b> Resultado de la Granulometría - Muestra 7 (M – 7) -----	49
<b>Tabla 19.</b> Resultado de la Granulometría - Muestra 8 (M – 8) -----	50
<b>Tabla 20.</b> Resultado de la Granulometría - Muestra 9 (M – 9) -----	51
<b>Tabla 21.</b> Resultado de la Granulometría - Muestra 10 (M – 10) -----	52
<b>Tabla 22.</b> Resultado de abrasión - Muestra 1 (M – 1) -----	53

<b>Tabla 23.</b> Resultado de abrasión - Muestra 2 (M – 2) -----	54
<b>Tabla 24.</b> Resultado de abrasión - Muestra 3 (M – 3) -----	55
<b>Tabla 25.</b> Resultado de abrasión - Muestra 4 (M – 4) -----	56
<b>Tabla 26.</b> Resultado de abrasión - Muestra 5 (M – 5) -----	57
<b>Tabla 27.</b> Resultado de abrasión - Muestra 6 (M – 6) -----	58
<b>Tabla 28.</b> Resultado de abrasión - Muestra 7 (M – 7) -----	59
<b>Tabla 29.</b> Resultado de abrasión - Muestra 8 (M – 8) -----	60
<b>Tabla 30.</b> Resultado de abrasión - Muestra 9 (M – 9) -----	61
<b>Tabla 31.</b> Resultado de abrasión - Muestra 10 (M – 10) -----	62
<b>Tabla 32.</b> Resultados de la caracterización geotécnica mediante RMR -----	63
<b>Tabla 33.</b> Comparación de granulometría obtenida con los requisitos de la norma AASHTO M-147-----	64
<b>Tabla 34.</b> Comparación del % de desgaste determinado con el requerimiento para afirmado -----	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación geográfica del área de estudio y accesibilidad -----	27
<b>Figura 2.</b> Mapa Geológico del cuadrángulo de Jayanca-----	31
<b>Figura 3.</b> Geología del sector Alto Perú-----	32
<b>Figura 4.</b> Curva granulométrica de la Muestra 1 -----	43
<b>Figura 5.</b> Curva granulométrica de la Muestra 2 -----	44
<b>Figura 6.</b> Curva granulométrica de la Muestra 3 -----	45
<b>Figura 7.</b> Curva granulométrica de la Muestra 4 -----	46
<b>Figura 8.</b> Curva granulométrica de la Muestra 5 -----	47
<b>Figura 9.</b> Curva granulométrica de la Muestra 6 -----	48
<b>Figura 10.</b> Curva granulométrica de la Muestra 7 -----	49
<b>Figura 11.</b> Curva granulométrica de la Muestra 8 -----	50
<b>Figura 12.</b> Curva granulométrica de la Muestra 9 -----	51
<b>Figura 13.</b> Curva granulométrica de la Muestra 10 -----	52

## RESUMEN

La presente investigación “Caracterización Geotécnica del Macizo Rocoso para uso como lastre, Alto Perú Cajamarca, 2020” tiene por objetivo realizar la Caracterización Geotécnica del Macizo Rocoso del Alto Perú - Cajamarca y evaluación para el uso de lastre. La metodología comprende un tipo investigación aplicada - descriptivo, el diseño de investigación es descriptiva de corte transversal. La población se compone la masa rocosa y el material de cantera del sector Alto Perú – Cajamarca; la muestra lo constituyen diez (10) muestras de masa rocosa y diez (10) muestras de agregado o material de cantera del sector Alto Perú. Los resultados revelan que el macizo rocoso del sector Alto Perú-Cajamarca, presenta una valoración de RMR promedio de 70, pertenecientes a una calidad del macizo rocoso buena. , los análisis granulométricos cumplen con la norma ASTM -147 con excepción del tamiz de 1”; además, el porcentaje de desgaste o abrasión obtenido está entre 27.8 % y 30.8%, lo cual cumple con las normas ASTM C 131 y MTC E 110. En conclusión, la calidad del macizo rocoso del sector Alto Perú es buena y la calidad del material de cantera cumple con la normatividad, la cual garantiza su uso para el lastrado de carreteras no pavimentadas y para estabilizado de vías.

**Palabras clave:** Caracterización geotécnica, macizo rocoso, material de cantera, lastrado.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El presente trabajo se refiere a la evaluación geotécnica del sector Alto Perú - Cajamarca, con el propósito de determinar el comportamiento geomecánico y la calidad del material en la zona de estudio con fines de uso para el lastrado de carreteras no pavimentadas y para estabilizado de vías. Para tales fines esta investigación, se sustenta en ensayos de laboratorio para obtener las propiedades físico-mecánicas del agrado y el análisis in situ de los parámetros geomecánicos.

Últimamente, en la construcción de obras civiles, ha incrementado la demanda de materiales de construcción, lo que ha llevado, a que se busquen cada vez más fuentes de estos materiales. Para una explotación intensa, es necesario caracterizar el macizo rocoso y en base a su comportamiento geomecánico, determinar la calidad del macizo rocoso y definir las técnicas de adecuadas para el método de explotación y las actividades conexas que involucra la minería. Los métodos empleados actualmente en la caracterización del macizo rocoso corresponden a los criterios dados por Deere, Bieniawski, Hoek y Brown, entre otros. “El macizo está compuesto por zonas de rocas de distinta calidad: buena, regular y mala” (Adeoluw, Noa & Quevedo, 2017), debido a que diversos factores alteran su composición química y propiedades físicas; asimismo, existen estructuras de discontinuidades, matriz de la masa y fallas que afectan las características de resistencia, deformación y filtración (Soucek, et al., 2017). Según Suárez (2010) encontró que las fallas de tipo cuñas se desarrollan en las caras de las excavaciones.

A lo largo del tiempo se han desarrollado sistemas de clasificación empíricos que “permiten el cálculo preliminar de los parámetros geomecánicos de los macizos rocosos” (Cartaya, 2016). Estos sistemas consideran, las propiedades físico-mecánicas como la resistencia de la roca, densidad, condición y la orientación de las discontinuidades, presencia de agua y el estado de esfuerzos (Miranda, Sousa, Gomes, Tinoco & Ferreira, 2017).

En tal sentido, existen muchas clasificaciones de ingeniería que son clasificación de masa de roca (RMR) (Bieniawski, 1973; Bieniawski, 1989), el sistema Q de calidad de masa de roca (Q) (Barton et al., 1974), índice de masa de roca (RMi) (Palmstrøm , 1996), el índice de fortaleza geológica (GSI) (Hoek, 1994), el BQ modificado (Estándar Nacional de la República Popular China, 2014) (Pérez, et al., 2018; Zhanga, Huang, Zhu & Li, 2019).

En el presente estudio se usó el índice RMR (Rock Mass Rating) de Bieniawski (1989), el cual permite conocer la situación de estabilidad de un macizo rocoso. Se utiliza por ser el método de elección en minería a cielo abierto, por su sencillez y economía y por ser el que más se adapta a la realidad del yacimiento. El índice RMR considera los siguientes parámetros: RQD; resistencia a la compresión simple; separación, abertura, persistencia, rugosidad, relleno y alteración de las discontinuidades; presencia de agua y efecto relativo con relación al eje de la obra.

Por otro lado, el material de las canteras es evaluado y seleccionado por su calidad y cantidad. Las prospecciones en las canteras se efectúan en base a calicatas, de las que se obtendrán las muestras necesarias para los análisis y ensayos de laboratorio. Se realizarán exploraciones por medio de sondeos, calicatas y/o trincheras. Las muestras representativas de los materiales de cada cantera son sometidas a los ensayos estándar, a fin de determinar sus características y aptitudes para los diversos usos que sean necesarios (rellenos,

afirmados, concreto, etc.). A todas las muestras se les realizará ensayos de clasificación, en tanto que a un número representativo del total del muestreo, se les efectuará ensayos de compactación, CBR y ensayos que permitan determinar las propiedades mecánicas y de resistencia. (Ramírez y Rodas, 2019)

La actividad de “lastrado” consiste en la puesta y/o reposición como superficie de rodadura del material perdido por desgaste, erosión etc., por un determinado material previamente aprobado, para garantizar el nivel de rasante y la sección transversal de la carretera; esta actividad incluye la adquisición, corte, carga, acarreo, escarificación, colocación, conformación, afinamiento y compactación del material de acuerdo con la sección típica definida y a especificaciones técnicas. (Tito, 2014).

En general, según Ramírez y Rodas (2019) los materiales granulares que conforman las capas del pavimento lastrado deberán tener las siguientes características:

- ✓ El tamaño máximo del agregado debe tener entre 2” con el objetivo de facilitar el mantenimiento, aumentar la resistencia y la durabilidad de capa, así como para mejorar el rodamiento de los vehículos.
- ✓ El porcentaje pasante del tamiz N° 200 debe de estar entre 10 y 25% según sea el tamaño máximo del agregado, con la finalidad de reducir la permeabilidad de la capa y disminuir la infiltración de agua de las capas inferiores.
- ✓ Los finos en una capa granular de rodadura sin revestimiento deben poseer un índice de plasticidad adecuado ya que los finos plásticos sirven como material cementante y ligante de la matriz granular, aumentando la durabilidad de la capa y reduciendo la pérdida del material de rodadura.

La capa del pavimento afirmado estará constituida por gravas naturales sin triturar, mezclados con la cantidad necesaria de finos locales para satisfacer la granulometría y plasticidad requeridas. Estas mezclas deberán experimentarse valores de CBR mayores de 65%, y dentro de un rango de contenido de humedad del 3% así mismo las pérdidas observadas en los ensayos de abrasión en la Máquina de los Ángeles no deberán tener pérdida al desgaste mayores al 50%.

Los trabajos de mecánica de suelos se desarrollaron con la finalidad de investigar las características de las canteras que nos permitan establecer los criterios para el diseño de la vía.

Los agregados, llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los conglomerantes (cemento, cal, etc.) y agua formando los concretos y morteros. La importancia de los agregados radica en que constituyen gran parte de materiales de construcción con múltiples uso, como es el caso de lastrado de carreteras pavimentadas y no pavimentadas (Núñez, 2013).

MTC (2014), menciona que el afirmado es aquella capa compactada de materiales granulares dispuestos de una manera natural o procesada, mediante una gradación particular que soporta directamente todas las cargas y los esfuerzos de tránsito. Deberá contar con cantidad específica de material fino y cohesivo; debe tener la facilidad de mantener aglutinadas las partículas. Y además servirá como una buena superficie de la rodadura en carreteras que no estén pavimentadas.

En la construcción de los afirmados, se deben utilizar los materiales granulares naturales procedentes de las canteras, o de las escorias metálicas; así también podrán resultar de trituración de rocas, de las gravas o estar conformados por la mezcla de los productos de diferentes procedencias. Las partículas de los agregados deben de ser duros, así como más resistentes y más durables, sin materia orgánica, o terrones de arcilla o de algunas sustancias que son un tanto perjudiciales (MTC, 2014).

Por otra parte la granulometría es la propiedad más característica de un suelo. El tamaño de las partículas de un suelo establece ya una primera clasificación de los mismos en bloques, gravas, arenas, arcillas y limos. (Mejía, 2013). Es muy útil determinar la granulometría conociendo la proporción en la que intervienen los distintos tamaños de partículas en una porción de suelo. La granulometría es la distribución por tamaños de las partículas. Esta, se determina por separación con una serie de mallas normalizadas.

Según MTC (2014) los requisitos de la calidad que deben de cubrir los materiales deberán de ajustarse a las bandas granulométricas siguientes, señalado en la siguiente Tabla

**Tabla 1.**

*Requisitos de la calidad que deben de cubrir los materiales según bandas granulométricas*

Tamiz	%					
	A-1	A-2	C	D	E	F
50 mm (2")	100					
37,5 mm (1/2")	100					
25 mm (1")	90-100	100	100	100	100	100
19 mm (3/4")	65-100	80-100				
9,5 mm (3/8")	45-80	65-100	50-85	60-100		
4,75 mm (Nº 04)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
2,0 mm (Nº 10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
425 µm (Nº 40)	15-85	20-45	15-30	25.45	20-50	30-70
75 µm (Nº 200)	5-20	5-20	5-10	5-20	6-20	8-25

Fuente: “AASHTO M-147” (2013)

Adicionalmente deben satisfacer los requisitos de calidad como:

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

La resistencia a la abrasión: es la prueba que más se aplica para averiguar la calidad global estructural del agregado grueso. Este método establece el procedimiento a seguir para determinar el desgaste, por abrasión, del agregado grueso, menor de 1 1/2" (38 mm), utilizando la máquina de Los Ángeles. (Mejía, 2013).

Como antecedentes de esta investigación se muestran a los siguientes estudios:

Mucuta, Cartaya y Cuni (2019) realizaron su investigación “Evaluación geomecánica del macizo rocoso en frentes de explotación del yacimiento polimetálico Castellanos”. El objetivo de este estudio fue evaluar, a partir del análisis de tres frentes de explotación, la calidad geomecánica del macizo rocoso del yacimiento polimetálico Castellano, provincia de Pinar del Río. La calidad del macizo se estableció a partir de los índices RQD y RMR de la metodología de Beniaowski. Como resultado se identificaron tres familias de grietas predominantes y tamaños de bloques naturales de tamaño pequeño a medio con formas cúbicas, alargadas y tabulares; el macizo rocoso se clasificó en general como de calidad media. En conclusión, la existencia de rocas pizarra, por sus características, disminuyen la calidad geomecánica del macizo.

Huamán y Mendieta (2013) en su investigación “Evaluación geomecánica del macizo rocoso en la cantera de materiales de construcción Las Victorias” tuvieron por objetivo realizar la evaluación geomecánica del macizo rocoso de la cantera Las Victorias. La metodología de investigación consta de trabajos analíticos y experimentales. Para su elaboración se realizaron investigaciones de campo, ensayos de laboratorio, procesamiento y análisis de los parámetros geomecánicos. Como resultados el RMR clasifica al macizo rocoso como Bueno, el SMR clasifica al macizo rocoso de Malo y Bueno, mientras el sistema Q clasifica la calidad del macizo como Mala. En este estudio se concluye que las familias de discontinuidades presentes en el macizo rocoso influyen en su comportamiento y calidad global, se clasifica al macizo rocoso de la cantera “Las Victorias” de calidad Media y comportamiento Elasto-Frágil.

Núñez (2013) en “Evaluación de las propiedades físicas mecánicas y químicas de la Cantera del río Huayobamba provincia de San Marcos con fines de uso en la construcción”, desarrolló como objetivo evaluar las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la cantera del río de Huayobamba - Provincia de San Marcos con fines de uso en la construcción. La metodología comprende la recolección de muestras en el río Huayobamba, ensayos de laboratorio: ensayo CBR, análisis granulométrico, límites de consistencia límite líquido, límite plástico, ensayo de abrasión, análisis químicos, impurezas orgánicas en agregados gruesos y finos. Concluyendo que los agregados cumplen con los rangos de acuerdo a las normas físicas, mecánicas y químicas para uso en la construcción.

Por su parte Mejía (2013) en su investigación “Estudio de las propiedades físicas mecánicas cantera 3m y su utilización como material de afirmado” percibió por objetivo analizar la

calidad de agregados que brinda la cantera 3M como material de afirmado. La metodología comprende un tipo de investigación exploratoria. Los resultados muestran que la Cantera 3M es de naturaleza Grava mal gradada con varios tamaños con ausencias de tamaños intermedios y finos: Índice de Plasticidad ( $IP=NP$ )=0. Se propone combinar materiales con otra cantera que contenga finos y limo  $IP=4-9\%$  para que cumpla con los requisitos para materiales de afirmado sobre subrasante terminada. En síntesis, conocer las propiedades físico - mecánicas de los agregados es de vital importancia en el diseño de cualquier obra civil, ya que estos influyen de manera directa en el comportamiento del mismo.

Romero (2018) en su estudio “Evaluación del material de afirmado, de las Canteras Pampa La Colina - Guadalupito y San Pedrito - Samanco, con fines de pavimentación - propuesta de mejoramiento - Ancash – 2018”, estableció como objetivo principal evaluar las propiedades físico – mecánicas del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina – Guadalupito y San Pedrito – Samanco, con fines de pavimentación. En esta investigación se utilizó el método de análisis de datos, teniendo como tipo de investigación Aplicada – no experimental – descriptiva. Los resultados indican que el material de afirmado de la cantera Pampa La Colina fue de mejor calidad, ya que cumplió con los parámetros del manual de carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, realizando su mejoramiento referente a la resistencia a la abrasión; mientras que el material de afirmado de la Cantera San Pedrito tuvo deficiencias en sus propiedades, por lo que se mejoró el índice de plasticidad y su capacidad de soporte – CBR, llegando a cumplir con los requisitos establecidos.

Teóricamente el presente estudio se justifica porque se dará un aporte de conocimientos relacionado caracterización geotécnica y evaluación del material para lastrado de carreteras

no pavimentadas; prácticamente se justifica porque mediante muestreo y ensayos se determinará la calidad del macizo rocoso y también del agrado para ser propuesto como material de lastre usado en el sector construcción; metodológicamente, surge porque se presentan conocimientos existente de carácter científico, cuyo uso será para el desarrollo de temas relacionados al tema en curso; académicamente; servirá como antecedente para futuras investigaciones.

La problemática en general surge debido a que independientemente de los métodos de clasificación geomecánica, aún persisten problemas en las evaluaciones geomecánicas, lo que hace que los trabajos de extracción minera no reúnan los niveles de exigencia planteados. El problema que se pretende resolver con esta investigación es la necesidad de realizar una caracterización geotécnica del macizo rocoso del sector Alto Perú – Cajamarca.

Asimismo porque existe un deterioro acelerado de múltiples carreteras ocasionado por diversos factores como podríamos nombrar la más resaltante es la falta de calidad en el afirmado que se utiliza sin tomar en consideración los materiales adecuados y respetando las normas dadas por el Manual Técnico de Carreteras. Como alternativas de solución será, tomar en consideración los parámetros dados por la MTC con respecto a los requisitos de calidad del afirmado que involucra de calidad del material para el lastrado, solicitados en su diseño para carreteras no pavimentadas.

El estudio se desarrolló en tres etapas; los trabajos corresponden al relevamiento de información, muestreo de maza rocosa y de material del sector Alto Perú - Cajamarca; posteriormente los estudios de mecánica de rocas y de suelos en laboratorio, y finalmente el procesamiento de toda la información recopilada.

## **1.2. Formulación del problema**

Con lo presentado anteriormente, se ha formulado la siguiente interrogante:

¿Cuál será la calidad del Macizo Rocoso del sector Alto Perú y del material para el lastrado de vías, Cajamarca, 2020?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Realizar la Caracterización Geotécnica del Macizo Rocoso del Alto Perú - Cajamarca y evaluación para el uso de lastre.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

Determinar la calidad del Macizo Rocoso del sector Alto Perú – Cajamarca, mediante la clasificación geotécnica RMR

Determinar las características del material de cantera del sector Alto Perú – Cajamarca, los cuales serán utilizados para el lastrado de vías.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

La caracterización Geotécnica del Macizo Rocoso del sector Alto Perú – Cajamarca indica una calidad buena de roca y la calidad del agregado para el lastrado de vías cumple con los requisitos mínimos exigibles de acuerdo con las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras (EG - 2013) y Norma CE.010 para Pavimentos Urbanos.

#### **1.4.2. Hipótesis específicas**

La calidad del Macizo Rocoso del sector Alto Perú – Cajamarca, mediante la clasificación geotécnica RMR indica una buena calidad, debido a que presenta un RMR de 75

Las propiedades y características del material de cantera del sector Alto Perú – Cajamarca están dentro de los estándares exigidos por norma técnica, los cuales serán utilizados para el lastrado de vías

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

La presente investigación según su propósito es aplicada porque se apoya de la investigación básica o pura para brindar la solución inmediata de un problema en el aspecto normativo y comparativo, y desarrollar los objetivos planteados.

La investigación según su alcance es de tipo exploratoria - descriptivo, pues según Hernández, Fernández y Baptista (2010), la investigación exploratoria trata de descubrir todas las afirmaciones o pruebas existentes del fenómeno que se estudia y descriptivo porque se recolectan algunos datos sobre los conceptos (variables), así como los aspectos, o las dimensiones componentes de la investigación. En este sentido, la presente investigación permitirá registrar, reconocer y determinar las características del Material de cantera. Asimismo, se pretende proponer dichos materiales o agregados de estas canteras para poder ser empleadas en el lastrado de vías.

El diseño de Investigación es exploratorio, porque se realizará la manipulación de canteras para poder determinar las características de las canteras. Es de corte transversal, ya que permite obtener información como se da en un espacio y tiempo. Al respecto, el estudio en cuestión

El método operativo está basado en las Normas ASTM-C-131, AASHTO-T-96 Y

ASTM-C-535, utilizando la Máquina de los Angeles y consiste en determinar el desgaste por Abrasión del agregado grueso, previa selección del material a emplear por medio de un juego de tamices aprobados.(Pastor, 2013)

## **2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)**

### **Población**

Macizo rocoso del sector Alto Perú – Cajamarca

### **Muestra**

Muestra 1: Diez (10) muestras de masa rocosa del sector Alto Perú - Cajamarca

Muestra 2: Diez (10) muestras de agregado o material de cantera del sector Alto Perú – Cajamarca.

### **Materiales**

Brújula,

GPS,

Picota,

Lupa,

Bolsas de polietileno para muestras,

Lápiz y lapiceros,

Wincha o flexómetro,

Cámara fotográfica,

Mapa geológico y mapa topográfico

### **Métodos**

Método Inductivo – Deductivo. Este método permitirá la obtención de conocimientos de lo general a lo particular y recíprocamente; es decir, del análisis de las variables enmarcadas en el objetivo de investigación se hará generalidades de carácter científico, permitiendo así la corroboración de la hipótesis. Esto alude a que con la información de diversos estudios enfocados la caracterización de masas rocosas, asimismo, se hará un proceso de inferencia y deducción de los parámetros de calidad del material de cantera con fines de uso para lastrado de carreteras.

Método Hermenéutico. Por medio de este método se buscará interpretar y comprender de manera sistematizada las teorías que fundamenten el estudio presente. Esta fundamentación radica en el comportamiento geomecánico y evaluación de la calidad del material de cantera.

### **2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

#### **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Fuente primaria: toma de datos en campo mediante tablas geomecánicas para la determinación del RMR, como también para la toma de muestras tanto de masa rocosa como de material de cantera.

Fuente Secundaria: consistente en la Revisión documentaria y recopilación de información de trabajos similares.

Técnica de análisis documental, con la finalidad de obtener la documentación teórica del problema y objetivo de investigación del presente, se revisó estudios y acontecimientos análogos al tema, además se buscó información de proyectos mineros mediante el portal web

de las diferentes compañías mineras a cargo de la explotación de determinados proyectos.

Para esto, se usó como instrumentos de recolección de información: a) buscadores o bases de datos virtuales: Scielo, Redalyc, Dialnet, entre otros; estos facilitaron la extracción de artículos científicos, revistas científicas, papers y tesis, obviamente con contenido a fin al trabajo, b) fichas de observación y c) hojas de cálculo de Excel para organizar los contenidos y cantidad de fuentes informativas como parte de la revisión sistemática de la literatura.

En la técnica tenemos la observación, en este caso se utilizará una guía de campo donde se observará estructuras, litología y características geomecánicas de la roca. Los instrumentos a utilizar son, ficha de observación, mapa topográfico. Las recolecciones de datos serán tomadas mediante mapeo geológico, toma de muestras, ensayos geomecánicas y ensayos de mecánica de suelos.

### **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Fuente primaria: toma de datos en campo mediante tablas geomecánicas para la determinación del RMR, como también para la toma de muestras tanto de masa rocosa como de material de cantera.

Fuente Secundaria: consistente en la Revisión documentaria y recopilación de información de trabajos similares.

Técnica de análisis documental, con la finalidad de obtener la documentación teórica del problema y objetivo de investigación del presente, se revisó estudios y acontecimientos análogos al tema, además se buscó información de proyectos mineros mediante el portal web de las diferentes compañías mineras a cargo de la explotación de determinados proyectos.

Para esto, se usó como instrumentos de recolección de información: a) buscadores o bases de datos virtuales: Scielo, Redalyc, Dialnet, entre otros; estos facilitaron la extracción de artículos científicos, revistas científicas, papers y tesis, obviamente con contenido a fin al trabajo, b) fichas de observación y c) hojas de cálculo de Excel para organizar los contenidos y cantidad de fuentes informativas como parte de la revisión sistemática de la literatura.

### **Técnicas e instrumentos de análisis de datos**

Después de haber obtenido la información y los datos requeridos, se procedió a organizar la información en Excel, lo cual permitió elaborar las tablas que describen los resultados finales de las variables y dimensiones, asimismo, para la redacción del informe se utilizó el paquete office 2016.

## **2.4. Procedimiento**

### **Etapa preliminar de campo**

Consistió en la revisión sistemática de la literatura, y el análisis documental, tanto de la empresa como de proyectos similares.

### **Etapa de campo**

Una vez ubicadas las canteras, se procederá a su investigación geotécnica mediante la excavación de calicatas, para determinar las características del material y su potencia

### **Etapa Final de laboratorio**

Los trabajos de laboratorio permiten evaluar las propiedades de los suelos mediante ensayos físicos mecánicos. Las muestras disturbadas de suelos, provenientes de cada una de las

canteras, son sometidas a ensayos de acuerdo a las recomendaciones de la American Society of Testing and Materials (ASTM).

### **Etapas Final de Gabinete**

Comprende la organización de los datos obtenidos en campo, procesamiento, análisis e interpretación de resultados.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Generalidades

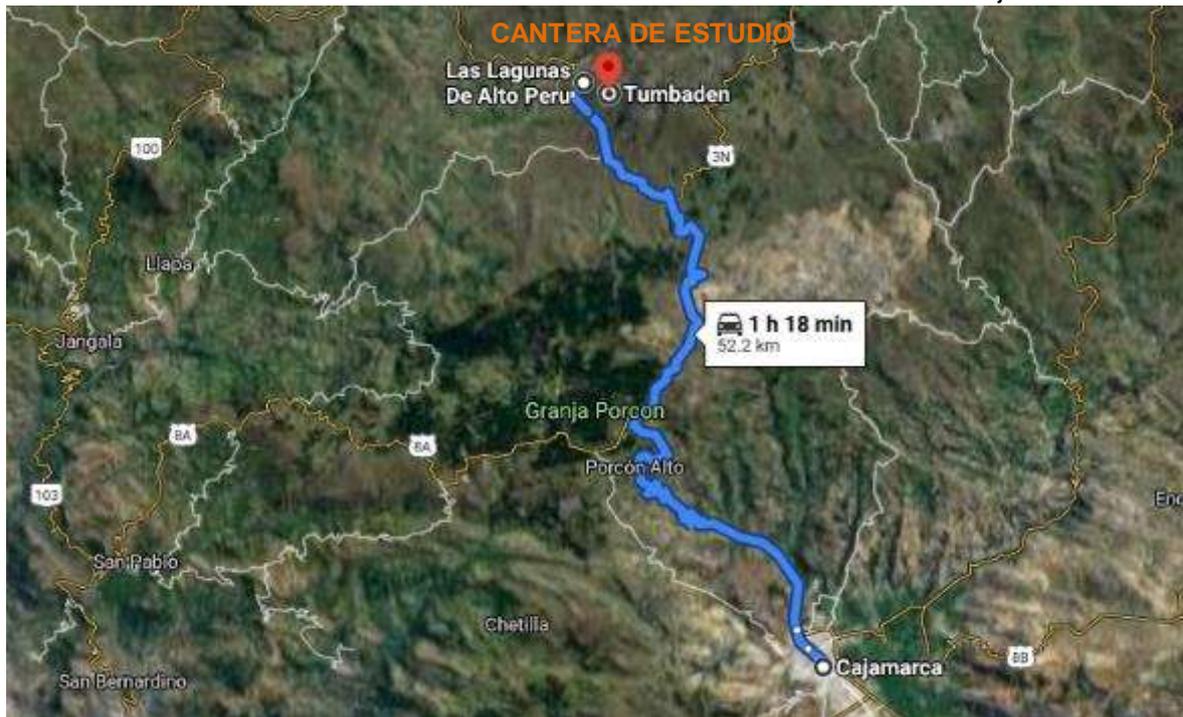
#### 3.1.1. Ubicación geográfica

La zona de estudio elegida para el desarrollo de la presente investigación se encuentra ubicado en el Caserío Alto Perú, perteneciente al distrito Tumbadén, Provincia de San Pablo y Región Cajamarca.

#### 3.1.2. Área de estudio

El área que abarca la zona de estudio está delimitada por las siguientes coordenadas.

Punto	Este (E)	Norte (N)
P1	764008	9236145
P2	764008	9236536
P3	764483	9236145
P4	764483	9236536



*Figura 1.* Ubicación geográfica del área de estudio y accesibilidad

### 3.2. Geología Regional

La mayor parte del área de Cajamarca está cubierta por rocas sedimentarias del Cretácico, Paleógeno-Neógeno y Cuaternario, en menor medida Paleozoico (Ordovícico, Carbonífero, Pérmico), Triásico-Jurásico, rocas sedimentarias del período Jurásico y las rocas precámbricas

Las características geológicas de Cajamarca están relacionadas con su origen, estructura y cronología, el complejo Marañón es el más antiguo y corresponde al Precámbrico.

El territorio Cajamarquino, presenta muchas características litoestratigráficas, donde el Grupo Goyllarisquiza del Cretáceo Inferior es el más notorio, presenta areniscas, calizas y lutitas de las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat y presentan fracturas.

Las formaciones Inca, Chúlec, Pariatambo y Yumagual, Pulluicana, Quilquiñán, y Cajamarca (Cretácico inferior - superior) están conformadas por principalmente calizas y lutitas y los depósitos volcánicos paleógenos y neógenos se encuentran constituidos generalmente por flujos piroclásticos y de lava, que corresponden al Grupo Calipuy y al Volcánico Huambos.

También muestra sedimentos cuaternarios de ríos, glaciares, lagunas, arena ventosa, ríos, depósitos aluviales y aluviales. Las de facies aluvial y fluvial no están consolidadas y están compuestas por grava, mientras que los sedimentos de ríos, glaciares, aluviales, lagos y facies eólica están levemente consolidados.

### **3.3. Geología Local**

#### **Formación Farrat**

Esta formación pertenece al Cretácico inferior Cuaternario, aquí podemos encontrar areniscas cuarzosas, areniscas blancas de grano medio a grueso, y lagunas formadas por desglaciación; en esta el cuaternario es poroso, permeable por tratarse de un material poco consolidado

#### **Formación Santa**

Consiste en la intercalación de lutitas y calizas margosas y areniscas gris oscuras. En esta formación podemos encontrar dolinas.

### **Formación Carhuaz**

Está compuesto de arenisca con lutitas grises (rojo, violeta y verde; la característica principal se distingue en el sitio). La parte superior contiene capas de arenisca de cuarzo blanco, que se intercalan con lutitas y areniscas y están bien estratificadas por capas delgadas.

## **3.4. Litología**

### **Lutitas**

Se ubican en capas de unos pocos centímetros a unos pocos metros y generalmente aparecen como capas intermedias de blanco y limolita. En algunos sectores se puede observar ligeramente verde.

### **Limolitas**

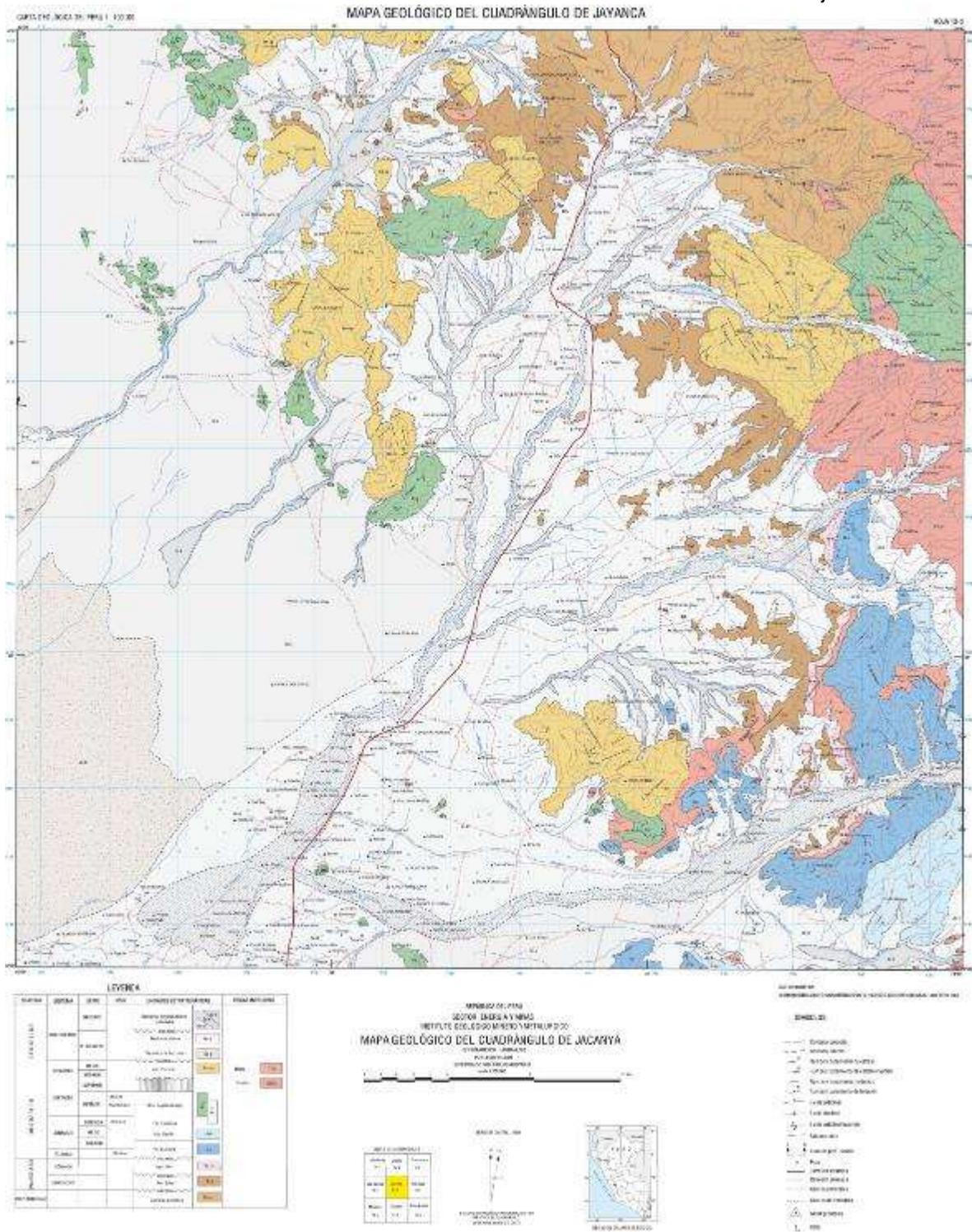
Estas rocas están relacionadas con la lutita, su tamaño medio de partícula está entre  $1/16$  y  $1/256$  mm, su composición es básicamente mica y minerales, rica arcilla, mostrando muy buena textura en las áreas de investigación.

### **Areniscas**

Son las más abundantes en el área de estudio. La mineralogía se compone de partículas detríticas de cuarzo. En términos de textura, la arenisca es una partícula uniforme, y la arena bien lavada casi no contiene material arcilloso. Por lo tanto, estas partículas de arena son sub-redondas o redondas (partículas finas), medio a grueso).

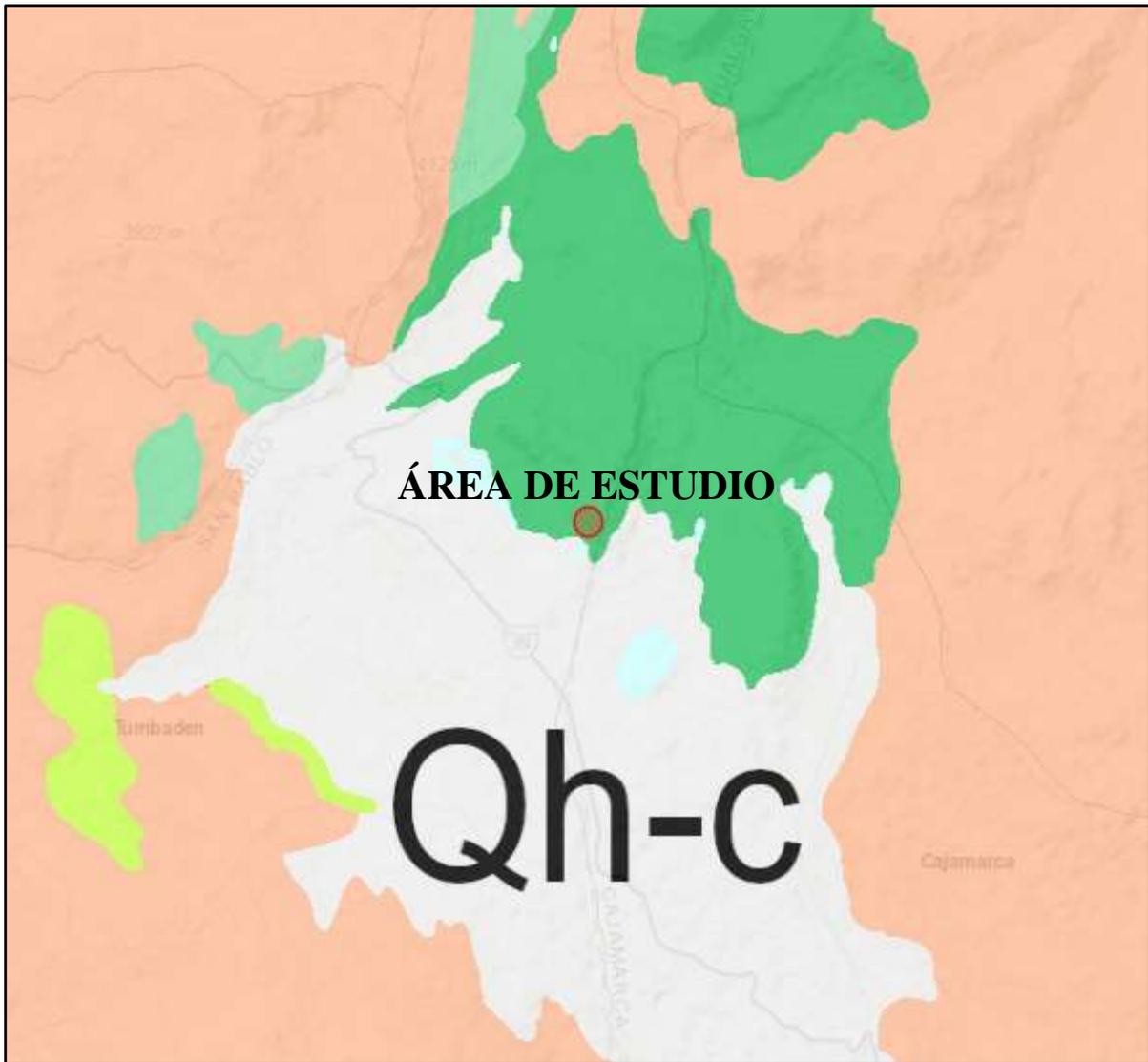
### **Conglomerado**

Son el tipo de rocas menos comunes en los sectores de estudio, son rocas sedimentarias clásticas más típicas de grano grueso, formadas por partículas mayores a 2 mm de diámetro. La matriz está constituida por una arena de cuarzo bien clasificada unida por cemento silíceo.



Fuente: Geocatmin

**Figura 2.** Mapa Geológico del cuadrángulo de Jayanca



Fuente: Geocatmin

**Figura 3.** Geología del sector Alto Perú

### 3.5. Caracterización geotécnica del macizo rocoso del sector Alto Perú - Cajamarca

**Tabla 2.**
*Determinación del RMR - Estación 01*

Compresión simple (MPa)	>250	15	250-100	1 2	100-50	7	50-25	4	25-5	2	5-1	1	<1	0	7
RQD (%)	90-100		2 0	75-90	1 7	50-75	1 3	25-50	6	<25		3	13		
Separación entre diaclasas	>2 m		2 0	0.6-2m	1 7	0.2-0.6m	1 0	0.06-0.2m	8	<0.06m		5	8		
Estado de las discontinuidades	Long. discontinuidad	<1m	6	1-3m	4	3-10m	2	10-20m	1	>20m		0	6		
	Abertura	Nada	6	<0.1mm	5	0.1-1.0mm	3	1-5mm	1	>5mm		0	1		
	Rugosidad	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Ligeramente rugosa	3	Ondulada	1	Suave		0	3		
	Relleno	Ninguno	6	Relleno duro <5mm	4	Relleno duro >5mm	2	Relleno blando <5mm	2	Relleno blando >5mm		0	2		
	Alteración	Inalterada	6	Ligeramente alterada	5	Moderadamente alterada	3	Muy alterada	1	Descompuesta		0	6		
Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	1 5	<10 l/min	1 0	10-25 l/min	7	25-125 l/min	4	>125 l/min		0	15		
	Presión agua/tensión principal mayor	0	1 5	0-0.1	1 0	0.1-0.2	7	0.2-0.5	4	>0,5 (0)		0	0		
	Estado general	Seco	1 5	Ligeramente húmedo	1 0	Húmedo	7	Goteando	4	Agua fluyendo		0	15		
Corrección orientación discontinuidades	Dirección y buzamiento	Muy favorables	Favorables		Medias		Desfavorables		Muy desfavorables						
	Túneles	0	-2		-5		-10		-12						
	Cimentaciones	0	-2		-7		-15		-25						
	Taludes	0	-5		-25		-50		-60						
Clasificación	Puntuación	(81-100)	(61-80)		(41-60)		(21-40)		(<20)			<b>76</b>			
	Clase	Tipo I	Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V			<b>II</b>			
	Calidad	Muy buena	Buena		Media		Mala		Muy mala			<b>Buena</b>			

En la Tabla 2, se muestran la determinación del RMR de la estación 1, obteniéndose en este caso una puntuación de 76, una clase de tipo II; por tanto, una buena calidad de roca.

**Tabla 3.**

**Determinación del RMR - Estación 02**

Ensayo carga puntual	>10	15	10-4	1	4-2	7	2-1	4						7
Compresión simple (MPa)	>250		250-100	2	100-50	7	50-25	4	25-5	2	5-1	1	<1	0
RQD (%)			90-100	20	75-90	17	50-75	13	25-50	6	<25		3	13
Separación entre diaclasas			>2 m	20	0.6-2m	17	0.2-0.6m	10	0.06-0.2m	8	<0.06m		5	8
Estado de las discontinuidades	Long. discontinuidad	<1m	6	1-3m	4	3-10m	2	10-20m	1	>20m		0	6	
	Abertura	Nada	6	<0.1mm	5	0.1-1.0mm	3	1-5mm	1	>5mm		0	1	
	Rugosidad	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Ligeramente rugosa	3	Ondulada	1	Suave		0	1	
	Relleno	Ninguno	6	Relleno duro <5mm	4	Relleno duro >5mm	2	Relleno blando <5mm	2	Relleno blando >5mm		0	2	
	Alteración	Inalterada	6	Ligeramente alterada	5	Moderadamente alterada	3	Muy alterada	1	Descompuesta		0	5	
Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	15	<10 l/min	10	10-25 l/min	7	25-125 l/min	4	>125 l/min		0	15	
	Presión agua/tensión principal mayor	0	15	0-0.1	10	0.1-0.2	7	0.2-0.5	4	>0,5 (0)		0	0	
	Estado general	Seco	15	Ligeramente húmedo	10	Húmedo	7	Goteando	4	Agua fluyendo		0	15	
Corrección orientación discontinuidades	Dirección y buzamiento	Muy favorables	Favorables		Medias		Desfavorables		Muy desfavorables					
	Túneles	0	-2		-5		-10		-12					
	Cimentaciones	0	-2		-7		-15		-25					
	Taludes	0	-5		-25		-50		-60			0		
Clasificación	Puntuación	(81-100)	(61-80)		(41-60)		(21-40)		(<20)			<b>73</b>		
	Clase	Tipo I	Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V			<b>II</b>		
	Calidad	Muy buena	Buena		Media		Mala		Muy mala			<b>Buena</b>		

En la tabla 3, se presentan los parámetros del RMR para su determinación del mismo en la estación 2, obteniéndose una puntuación de 73, una clase de tipo II; por ello, una buena calidad de masa rocosa.

**Tabla 4.**
*Determinación del RMR - Estación 03*

Ensayo carga puntual	>10	15	10-4	1	4-2	7	2-1	4						7
Compresión simple (MPa)	>250		250-100	2	100-50	7	50-25	4	25-5	2	5-1	1	<1	0
RQD (%)			90-100	2 0	75-90	1 7	50-75	1 3	25-50	6	<25		3	13
Separación entre diaclasas			>2 m	2 0	0.6-2m	1 7	0.2-0.6m	1 0	0.06-0.2m	8	<0.06m		5	5
Estado de las discontinuidades	Long. discontinuidad	<1m	6	1-3m	4	3-10m	2	10-20m	1	>20m		0	6	
	Abertura	Nada	6	<0.1mm	5	0.1-1.0mm	3	1-5mm	1	>5mm		0	1	
	Rugosidad	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Ligeramente rugosa	3	Ondulada	1	Suave		0	5	
	Relleno	Ninguno	6	Relleno duro <5mm	4	Relleno duro >5mm	2	Relleno blando <5mm	2	Relleno blando >5mm		0	2	
	Alteración	Inalterada	6	Ligeramente alterada	5	Moderadamente alterada	3	Muy alterada	1	Descompuesta		0	6	
Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	1 5	<10 l/min	1 0	10-25 l/min	7	25-125 l/min	4	>125 l/min		0	15	
	Presión agua/tensión principal mayor	0	1 5	0-0.1	1 0	0.1-0.2	7	0.2-0.5	4	>0,5 (0)		0	0	
	Estado general	Seco	1 5	Ligeramente húmedo	1 0	Húmedo	7	Goteando	4	Agua fluyendo		0	15	
Corrección orientación discontinuidades	Dirección y buzamiento	Muy favorables	Favorables		Medias		Desfavorables		Muy desfavorables					
	Túneles	0	-2		-5		-10		-12					
	Cimentaciones	0	-2		-7		-15		-25					
	Taludes	0	-5		-25		-50		-60		0			
Clasificación	Puntuación	(81-100)	(61-80)		(41-60)		(21-40)		(<20)		75			
	Clase	Tipo I	Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V		II			
	Calidad	Muy buena	Buena		Media		Mala		Muy mala		Buena			

De acuerdo con la tabla 4, el RMR de la estación 3 alcanza una puntuación de 75, correspondiente a clase tipo II; y una buena calidad de roca.

**Tabla 5.**
*Determinación del RMR - Estación 04*

Ensayo carga puntual	>10	15	10-4	1	4-2	7	2-1	4						7
Compresión simple (MPa)	>250		250-100	2	100-50	7	50-25	4	25-5	2	5-1	1	<1	0
RQD (%)			90-100	20	75-90	17	50-75	13	25-50	6	<25		3	13
Separación entre diaclasas			>2 m	20	0.6-2m	17	0.2-0.6m	10	0.06-0.2m	8	<0.06m		5	5
Estado de las discontinuidades	Long. discontinuidad	<1m	6	1-3m	4	3-10m	2	10-20m	1	>20m		0	6	
	Abertura	Nada	6	<0.1mm	5	0.1-1.0mm	3	1-5mm	1	>5mm		0	1	
	Rugosidad	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Ligeramente rugosa	3	Ondulada	1	Suave		0	6	
	Relleno	Ninguno	6	Relleno duro <5mm	4	Relleno duro >5mm	2	Relleno blando <5mm	2	Relleno blando >5mm		0	0	
	Alteración	Inalterada	6	Ligeramente alterada	5	Moderadamente alterada	3	Muy alterada	1	Descompuesta		0	3	
Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	15	<10 l/min	10	10-25 l/min	7	25-125 l/min	4	>125 l/min		0	15	
	Presión agua/tensión principal mayor	0	15	0-0.1	10	0.1-0.2	7	0.2-0.5	4	>0,5 (0)		0	0	
	Estado general	Seco	15	Ligeramente húmedo	10	Húmedo	7	Goteado	4	Agua fluyendo		0	15	
Corrección orientación discontinuidades	Dirección y buzamiento	Muy favorables	Favorables		Medias		Desfavorables		Muy desfavorables					
	Túneles	0	-2		-5		-10		-12					
	Cimentaciones	0	-2		-7		-15		-25					
	Taludes	0	-5		-25		-50		-60			0		
Clasificación	Puntuación	(81-100)	(61-80)		(41-60)		(21-40)		(<20)			<b>71</b>		
	Clase	Tipo I	Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V			<b>II</b>		
	Calidad	Muy buena	Buena		Media		Mala		Muy mala			<b>Buena</b>		

La tabla 5, presenta la determinación del RMR en la estación 4, la valoración total es de 71, ello permite definir que la roca es de tipo II; y de buena calidad en este punto.

**Tabla 6.**
*Determinación del RMR - Estación 05*

Ensayo carga puntual	>10	15	10-4	1	4-2	7	2-1	4						7
Compresión simple (MPa)	>250		250-100	2	100-50	7	50-25	4	25-5	2	5-1	1	<1	0
RQD (%)			90-100	20	75-90	17	50-75	13	25-50	6	<25		3	13
Separación entre diaclasas			>2 m	20	0.6-2m	17	0.2-0.6m	10	0.06-0.2m	8	<0.06m		5	8
Estado de las discontinuidades	Long. discontinuidad	<1m	6	1-3m	4	3-10m	2	10-20m	1	>20m		0	4	
	Abertura	Nada	6	<0.1mm	5	0.1-1.0mm	3	1-5mm	1	>5mm		0	1	
	Rugosidad	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Ligeramente rugosa	3	Ondulada	1	Suave		0	3	
	Relleno	Ninguno	6	Relleno duro <5mm	4	Relleno duro >5mm	2	Relleno blando <5mm	2	Relleno blando >5mm		0	0	
	Alteración	Inalterada	6	Ligeramente alterada	5	Moderadamente alterada	3	Muy alterada	1	Descompuesta		0	3	
Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	15	<10 l/min	10	10-25 l/min	7	25-125 l/min	4	>125 l/min		0	15	
	Presión agua/tensión principal mayor	0	15	0-0.1	10	0.1-0.2	7	0.2-0.5	4	>0,5 (0)		0	0	
	Estado general	Seco	15	Ligeramente húmedo	10	Húmedo	7	Goteando	4	Agua fluyendo		0	15	
Corrección orientación discontinuidades	Dirección y buzamiento	Muy favorables	Favorables		Medias		Desfavorables		Muy desfavorables					
	Túneles	0	-2		-5		-10		-12					
	Cimentaciones	0	-2		-7		-15		-25					
	Taludes	0	-5		-25		-50		-60			0		
Clasificación	Puntuación	(81-100)	(61-80)		(41-60)		(21-40)		(<20)			<b>69</b>		
	Clase	Tipo I	Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V			<b>II</b>		
	Calidad	Muy buena	Buena		Media		Mala		Muy mala			<b>Buena</b>		

En la tabla 6, se aprecia los parámetros que considera determinar el RMR en la estación 5, obteniéndose una puntuación de 69, correspondiente a una clase de tipo II y buena calidad de masa rocosa.

**Tabla 7.**
*Determinación del RMR - Estación 06*

Ensayo carga puntual	>10	15	10-4	1 2	4-2	7	2-1	4						7
Compresión simple (MPa)	>250		250-100		100-50		50-25		25-5	2	5-1	1	<1	
RQD (%)			90-100	2 0	75-90	1 7	50-75	1 3	25-50	6	<25	3	13	
Separación entre diaclasas			>2 m	2 0	0.6-2m	1 7	0.2-0.6m	1 0	0.06-0.2m	8	<0.06m	5	5	
Estado de las discontinuidades	Long. discontinuidad	<1m	6	1-3m	4	3-10m	2	10-20m	1	>20m	0	4		
	Abertura	Nada	6	<0.1mm	5	0.1-1.0mm	3	1-5mm	1	>5mm	0	1		
	Rugosidad	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Ligeramente rugosa	3	Ondulada	1	Suave	0	3		
	Relleno	Ninguno	6	Relleno duro <5mm	4	Relleno duro >5mm	2	Relleno blando <5mm	2	Relleno blando >5mm	0	2		
Alteración	Inalterada	6	Ligeramente alterada	5	Moderadamente alterada	3	Muy alterada	1	Descompuesta	0	3			
Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	1 5	<10 l/min	1 0	10-25 l/min	7	25-125 l/min	4	>125 l/min	0	15		
	Presión agua/tensión principal mayor	0	1 5	0-0.1	1 0	0.1-0.2	7	0.2-0.5	4	>0,5 (0)	0	0		
	Estado general	Seco	1 5	Ligeramente húmedo	1 0	Húmedo	7	Goteando	4	Agua fluyendo	0	15		
Corrección orientación discontinuidades	Dirección y buzamiento	Muy favorables	Favorables		Medias		Desfavorables		Muy desfavorables					
	Túneles	0	-2		-5		-10		-12					
	Cimentaciones	0	-2		-7		-15		-25					
	Taludes	0	-5		-25		-50		-60					
Clasificación	Puntuación	(81-100)	(61-80)		(41-60)		(21-40)		(<20)			<b>68</b>		
	Clase	Tipo I	Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V			<b>II</b>		
	Calidad	Muy buena	Buena		Media		Mala		Muy mala			<b>Buena</b>		

En la tabla 7, se denota la caracterización geotécnica de la estación 6 mediante el sistema de clasificación RMR, alcanzando una puntuación de 73; por tanto, pertenece a una clase de tipo II y a una buena calidad de macizo rocoso.

**Tabla 8.**
*Determinación del RMR - Estación 07*

Ensayo carga puntual	>10	15	10-4	1	4-2	7	2-1	4						7
Compresión simple (MPa)	>250		250-100	2	100-50	7	50-25	4	25-5	2	5-1	1	<1	0
RQD (%)			90-100	20	75-90	17	50-75	13	25-50	6	<25		3	13
Separación entre diaclasas			>2 m	20	0.6-2m	17	0.2-0.6m	10	0.06-0.2m	8	<0.06m		5	8
Estado de las discontinuidades	Long. discontinuidad	<1m	6	1-3m	4	3-10m	2	10-20m	1	>20m		0	6	
	Abertura	Nada	6	<0.1mm	5	0.1-1.0mm	3	1-5mm	1	>5mm		0	1	
	Rugosidad	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Ligeramente rugosa	3	Ondulada	1	Suave		0	3	
	Relleno	Ninguno	6	Relleno duro <5mm	4	Relleno duro >5mm	2	Relleno blando <5mm	2	Relleno blando >5mm		0	6	
	Alteración	Inalterada	6	Ligeramente alterada	5	Moderadamente alterada	3	Muy alterada	1	Descompuesta		0	3	
Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	15	<10 l/min	10	10-25 l/min	7	25-125 l/min	4	>125 l/min		0	15	
	Presión agua/tensión principal mayor	0	15	0-0.1	10	0.1-0.2	7	0.2-0.5	4	>0,5 (0)		0	0	
	Estado general	Seco	15	Ligeramente húmedo	10	Húmedo	7	Goteando	4	Agua fluyendo		0	15	
Corrección orientación discontinuidades	Dirección y buzamiento	Muy favorables	Favorables		Medias		Desfavorables		Muy desfavorables					
	Túneles	0	-2		-5		-10		-12					
	Cimentaciones	0	-2		-7		-15		-25					
	Taludes	0	-5		-25		-50		-60			0		
Clasificación	Puntuación	(81-100)	(61-80)		(41-60)		(21-40)		(<20)			<b>77</b>		
	Clase	Tipo I	Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V			<b>II</b>		
	Calidad	Muy buena	Buena		Media		Mala		Muy mala			<b>Buena</b>		

En la tabla 8, se presentan los parámetros del RMR en la estación 8, la determinación permite obtener una puntuación de 77, lo cual define una clase de tipo II; y una buena calidad de roca.

**Tabla 9.**
*Determinación del RMR - Estación 08*

Ensayo carga puntual	>10	15	10-4	1	4-2	7	2-1	4						7
Compresión simple (MPa)	>250		250-100	2	100-50		50-25		25-5	2	5-1	1	<1	0
RQD (%)			90-100	20	75-90	17	50-75	13	25-50	6	<25		3	13
Separación entre diaclasas			>2 m	20	0.6-2m	17	0.2-0.6m	10	0.06-0.2m	8	<0.06m		5	5
Estado de las discontinuidades	Long. discontinuidad	<1m	6	1-3m	4	3-10m	2	10-20m	1	>20m		0	4	
	Abertura	Nada	6	<0.1mm	5	0.1-1.0mm	3	1-5mm	1	>5mm		0	1	
	Rugosidad	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Ligeramente rugosa	3	Ondulada	1	Suave		0	5	
	Relleno	Ninguno	6	Relleno duro <5mm	4	Relleno duro >5mm	2	Relleno blando <5mm	2	Relleno blando >5mm		0	2	
Alteración	Inalterada	6	Ligeramente alterada	5	Moderadamente alterada	3	Muy alterada	1	Descompuesta		0	3		
Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	15	<10 l/min	10	10-25 l/min	7	25-125 l/min	4	>125 l/min		0	15	
	Presión agua/tensión principal mayor	0	15	0-0.1	10	0.1-0.2	7	0.2-0.5	4	>0,5 (0)		0	0	
	Estado general	Seco	15	Ligeramente húmedo	10	Húmedo	7	Goteando	4	Agua fluyendo		0	15	
Corrección orientación discontinuidades	Dirección y buzamiento	Muy favorables		Favorables		Medias		Desfavorables		Muy desfavorables				
	Túneles	0		-2		-5		-10		-12				
	Cimentaciones	0		-2		-7		-15		-25				
	Taludes	0		-5		-25		-50		-60			0	
Clasificación	Puntuación	(81-100)		(61-80)		(41-60)		(21-40)		(<20)			<b>71</b>	
	Clase	Tipo I		Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V			<b>II</b>	
	Calidad	Muy buena		Buena		Media		Mala		Muy mala			<b>Buena</b>	

En la tabla 9, se observan los parámetros geomecánicos del RMR determinados en la estación 8, obteniéndose una puntuación de 71, lo cual clasifica a la roca como tipo II y de una buena calidad.

**Tabla 10.**
*Determinación del RMR - Estación 09*

Ensayo carga puntual	>10	15	10-4	1	4-2	7	2-1	4						7
Compresión simple (MPa)	>250		250-100	2	100-50	7	50-25	4	25-5	2	5-1	1	<1	0
RQD (%)			90-100	20	75-90	17	50-75	13	25-50	6	<25		3	13
Separación entre diaclasas			>2 m	20	0.6-2m	17	0.2-0.6m	10	0.06-0.2m	8	<0.06m		5	5
Estado de las discontinuidades	Long. discontinuidad	<1m	6	1-3m	4	3-10m	2	10-20m	1	>20m		0	6	
	Abertura	Nada	6	<0.1mm	5	0.1-1.0mm	3	1-5mm	1	>5mm		0	1	
	Rugosidad	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Ligeramente rugosa	3	Ondulada	1	Suave		0	3	
	Relleno	Ninguno	6	Relleno duro <5mm	4	Relleno duro >5mm	2	Relleno blando <5mm	2	Relleno blando >5mm		0	0	
	Alteración	Inalterada	6	Ligeramente alterada	5	Moderadamente alterada	3	Muy alterada	1	Descompuesta		0	3	
Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	15	<10 l/min	10	10-25 l/min	7	25-125 l/min	4	>125 l/min		0	15	
	Presión agua/tensión principal mayor	0	15	0-0.1	10	0.1-0.2	7	0.2-0.5	4	>0,5 (0)		0	0	
	Estado general	Seco	15	Ligeramente húmedo	10	Húmedo	7	Goteado	4	Agua fluyendo		0	15	
Corrección orientación discontinuidades	Dirección y buzamiento	Muy favorables	Favorables		Medias		Desfavorables		Muy desfavorables					
	Túneles	0	-2		-5		-10		-12					
	Cimentaciones	0	-2		-7		-15		-25					
	Taludes	0	-5		-25		-50		-60			0		
Clasificación	Puntuación	(81-100)	(61-80)		(41-60)		(21-40)		(<20)			<b>68</b>		
	Clase	Tipo I	Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V			<b>II</b>		
	Calidad	Muy buena	Buena		Media		Mala		Muy mala			<b>Buena</b>		

De acuerdo con tabla 10, la puntuación total del RMR en la estación 9 es de 68, geomecánicamente la roca es de tipo II y de buena calidad.

**Tabla 11.**
*Determinación del RMR - Estación 10*

Ensayo carga puntual	>10	15	10-4	1	4-2	7	2-1	4						7
Compresión simple (MPa)	>250		250-100	2	100-50	7	50-25	4	25-5	2	5-1	1	<1	0
RQD (%)			90-100	2 0	75-90	1 7	50-75	1 3	25-50	6	<25		3	13
Separación entre diaclasas			>2 m	2 0	0.6-2m	1 7	0.2-0.6m	1 0	0.06-0.2m	8	<0.06m		5	5
Estado de las discontinuidades	Long. discontinuidad	<1m	6	1-3m	4	3-10m	2	10-20m	1	>20m		0	6	
	Abertura	Nada	6	<0.1mm	5	0.1-1.0mm	3	1-5mm	1	>5mm		0	1	
	Rugosidad	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Ligeramente rugosa	3	Ondulada	1	Suave		0	5	
	Relleno	Ninguno	6	Relleno duro <5mm	4	Relleno duro >5mm	2	Relleno blando <5mm	2	Relleno blando >5mm		0	0	
	Alteración	Inalterada	6	Ligeramente alterada	5	Moderadamente alterada	3	Muy alterada	1	Descompuesta		0	5	
Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	1 5	<10 l/min	1 0	10-25 l/min	7	25-125 l/min	4	>125 l/min		0	15	
	Presión agua/tensión principal mayor	0	1 5	0-0.1	1 0	0.1-0.2	7	0.2-0.5	4	>0,5 (0)		0	0	
	Estado general	Seco	1 5	Ligeramente húmedo	1 0	Húmedo	7	Gotear	4	Agua fluyendo		0	15	
Corrección orientación discontinuidades	Dirección y buzamiento	Muy favorables	Favorables		Medias		Desfavorables		Muy desfavorables					
	Túneles	0	-2		-5		-10		-12					
	Cimentaciones	0	-2		-7		-15		-25					
	Taludes	0	-5		-25		-50		-60		0			
Clasificación	Puntuación	(81-100)	(61-80)		(41-60)		(21-40)		(<20)		72			
	Clase	Tipo I	Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V		II			
	Calidad	Muy buena	Buena		Media		Mala		Muy mala		Buena			

Lo observado en la tabla 11, conlleva a determinar que la roca es de tipo II y de buena calidad, puesto que la suma de valores de los parámetros del RMR es de 72.

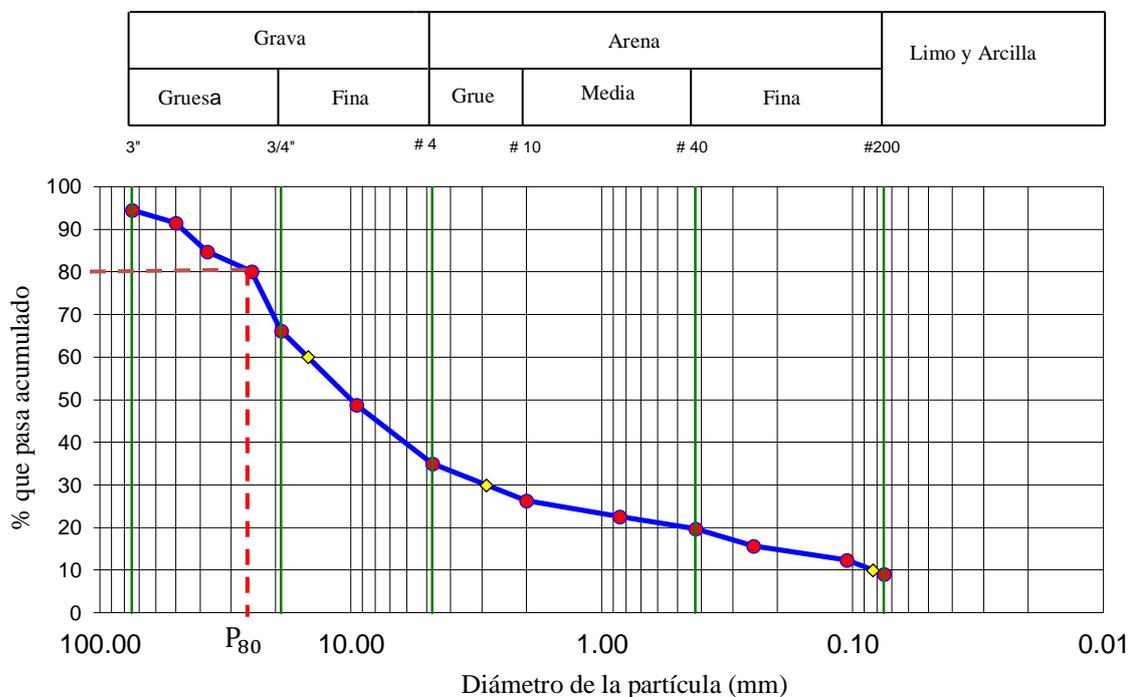
### 3.6. Características y propiedades del material de cantera del Alto Perú – Cajamarca

#### 3.6.1. Análisis granulométrico

**Tabla 12.**

*Resultado de la Granulometría - Muestra 1 (M-1)*

Tamices	Peso Parcial Retenido (grs)	Peso Acuml Retenido (grs)	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado
4 "	100.000 mm			100.00
3 "	75.000 mm	1450.00	1450.00	5.46
2 "	50.000 mm	808.00	2258.00	8.51
1 1/2 "	37.500 mm	1763.00	4021.00	15.15
1 "	25.000 mm	1268.00	5289.00	19.93
3/4"	19.000 mm	3668.00	8957.00	33.75
3/8"	9.500 mm	4632.00	13589.00	51.20
Nº 4	4.750 mm	3669.00	17258.00	65.03
Nº 10	2.000 mm	115.00	115.00	73.68
Nº 20	0.850 mm	50.00	165.00	77.44
Nº 040	0.425 mm	38.00	203.00	80.30
Nº 060	0.250 mm	53.00	256.00	84.28
Nº 140	0.106 mm	45.00	301.00	87.67
Nº 200	0.075 mm	44.00	345.00	90.98
Coordenada	E: 764209	N: 9236145	A: 4005	



**Figura 4.** Curva granulométrica de la Muestra 1

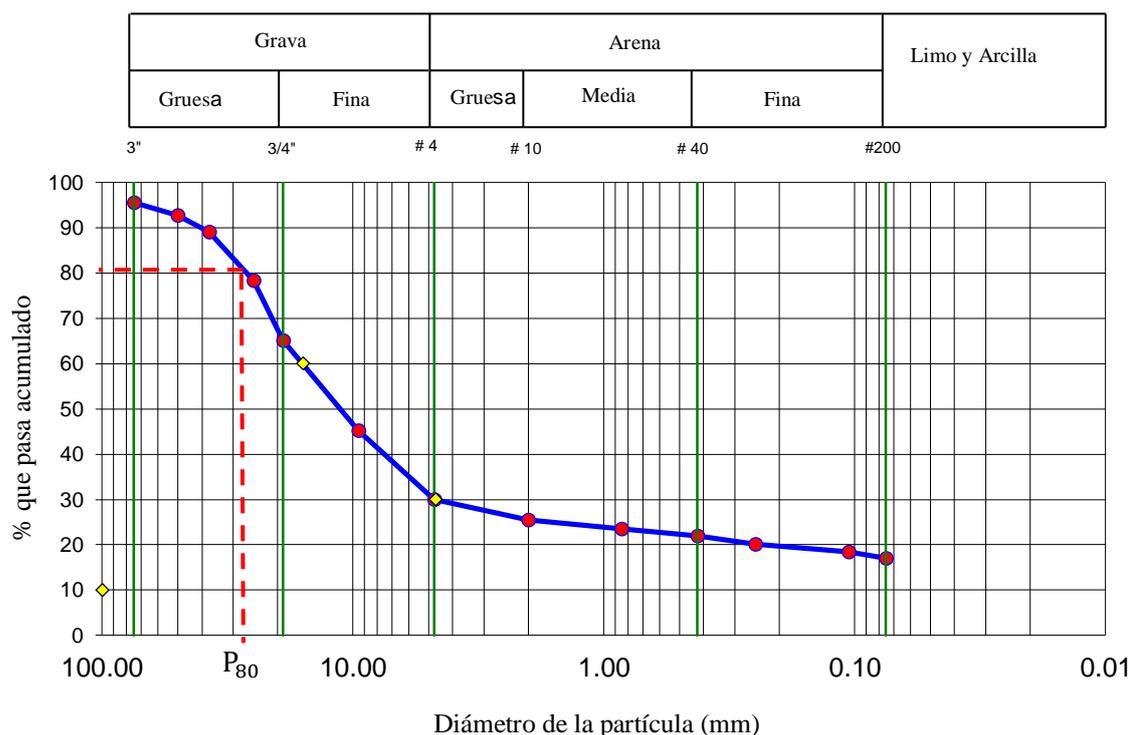
Fuente: Propia

**Tabla 13.**

*Resultado de la Granulometría - Muestra 2 (M – 2)*

Tamices	Peso Parcial Retenido (grs)	Peso Acuml Retenido (grs)	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado	
4 "	100.000 mm			100.00	
3 "	75.000 mm	1210.00	4.45	95.55	
2 "	50.000 mm	779.00	7.31	92.69	
1 1/2 "	37.500 mm	1000.00	10.99	89.01	
1 "	25.000 mm	2890.00	21.62	78.38	
3/4 "	19.000 mm	3595.00	34.84	65.16	
3/8 "	9.500 mm	5413.00	54.74	45.26	
Nº 4	4.750 mm	4130.00	69.93	30.07	
Nº 10	2.000 mm	70.00	74.51	25.49	
Nº 20	0.850 mm	31.00	101.00	76.53	
Nº 040	0.425 mm	24.00	125.00	78.10	
Nº 060	0.250 mm	26.00	151.00	79.80	
Nº 140	0.106 mm	27.00	178.00	81.57	
Nº 200	0.075 mm	22.00	200.00	83.00	
Coordenadas		E: 764182	N: 9236186	A:4013	

Fuente: los investigadores



**Figura 5.** Curva granulométrica de la Muestra 2

Fuente: Propia

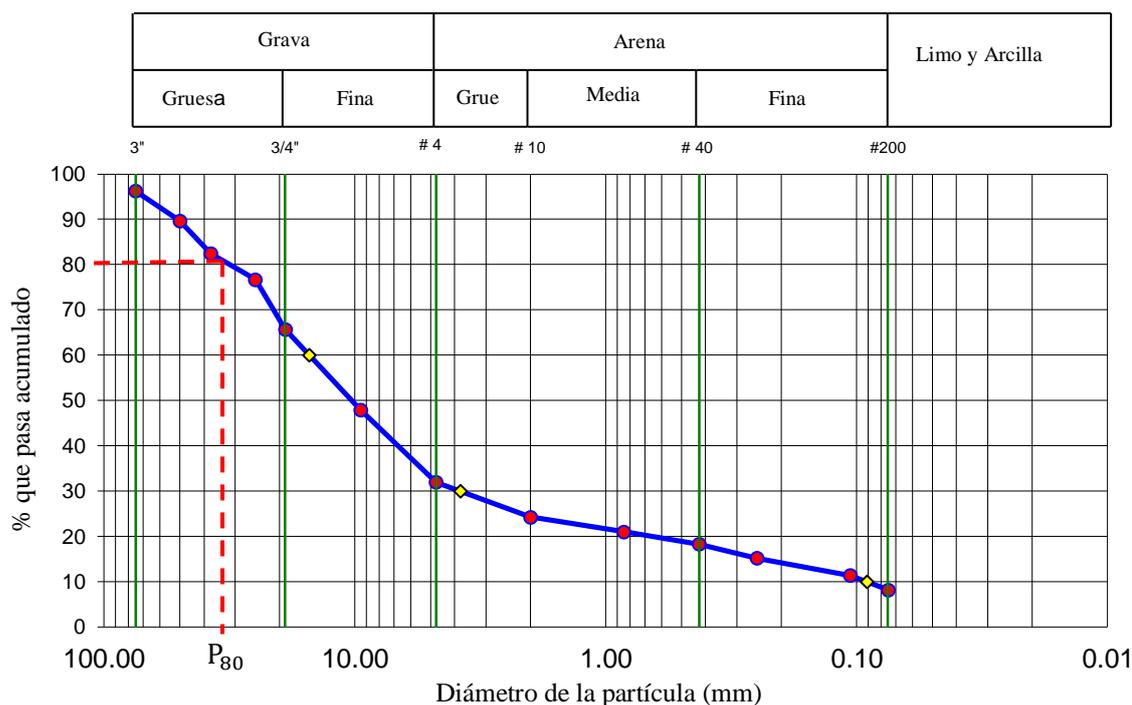
En la tabla 13 se aprecia el resultado granulométrico de las muestra 2, en sus diferentes tamices. La figura 5 muestra la curva granulométrica en función al diámetro y porcentaje que pasa acumulado.

**Tabla 14.**

*Resultado de la Granulometría - Muestra 3 (M – 3)*

Tamices	Peso Parcial Retenido (grs)	Peso Acuml Retenido (grs)	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado
4 "	100.000 mm			100.00
3 "	75.000 mm	987.00	3.78	96.22
2 "	50.000 mm	1702.00	10.30	89.70
1 1/2 "	37.500 mm	1900.00	17.57	82.43
1 "	25.000 mm	1500.00	23.32	76.68
3/4 "	19.000 mm	2868.00	34.30	65.70
3/8 "	9.500 mm	4632.00	52.04	47.96
Nº 4	4.750 mm	4179.00	68.04	31.96
Nº 10	2.000 mm	112.00	75.70	24.30
Nº 20	0.850 mm	48.00	78.99	21.01
Nº 040	0.425 mm	40.00	81.73	18.27
Nº 060	0.250 mm	45.00	84.81	15.19
Nº 140	0.106 mm	56.00	88.64	11.36
Nº 200	0.075 mm	46.00	91.79	8.21

Coordenadas E: 764155 N: 9236221 A: 4015



**Figura 6.** Curva granulométrica de la Muestra 3

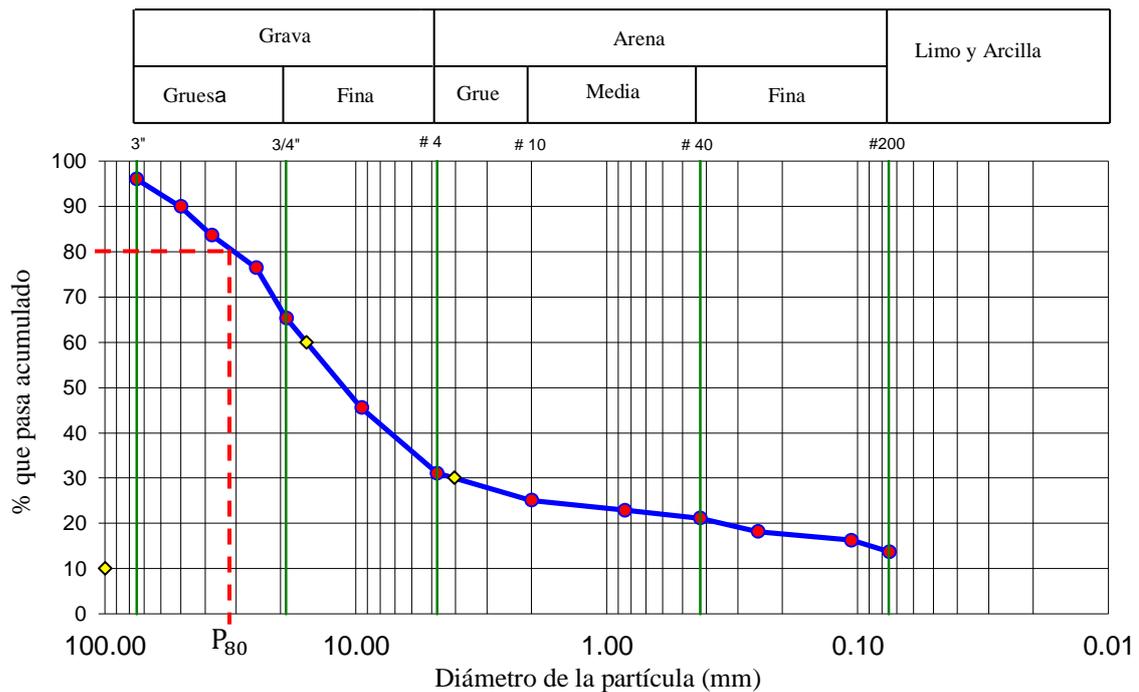
Fuente: Propia

En la tabla 14 se aprecia el resultado granulométrico de las muestra 3 , en sus diferentes tamices. La figura 6 muestra la curva granulométrica en función al diámetro y porcentaje que pasa acumulado.

**Tabla 15.**

*Resultado de la Granulometría - Muestra 4 (M – 4)*

Tamices	Peso Parcial Retenido (grs)	Peso Acuml Retenido (grs)	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado
4 "	100.000 mm			100.00
3 "	75.000 mm	1125.00	4.03	95.97
2 "	50.000 mm	1687.00	10.06	89.94
1 1/2 "	37.500 mm	1775.00	16.42	83.58
1 "	25.000 mm	2002.00	23.58	76.42
3/4 "	19.000 mm	3098.00	34.67	65.33
3/8 "	9.500 mm	5527.00	54.45	45.55
Nº 4	4.750 mm	4044.00	68.92	31.08
Nº 10	2.000 mm	89.00	74.91	25.09
Nº 20	0.850 mm	32.00	77.06	22.94
Nº 040	0.425 mm	27.00	78.88	21.12
Nº 060	0.250 mm	44.00	81.84	18.16
Nº 140	0.106 mm	28.00	83.72	16.28
Nº 200	0.075 mm	38.00	86.28	<b>13.72</b>
Coordenadas	E: 764132	N: 9236266	A: 4011	



**Figura 7.** Curva granulométrica de la Muestra 4

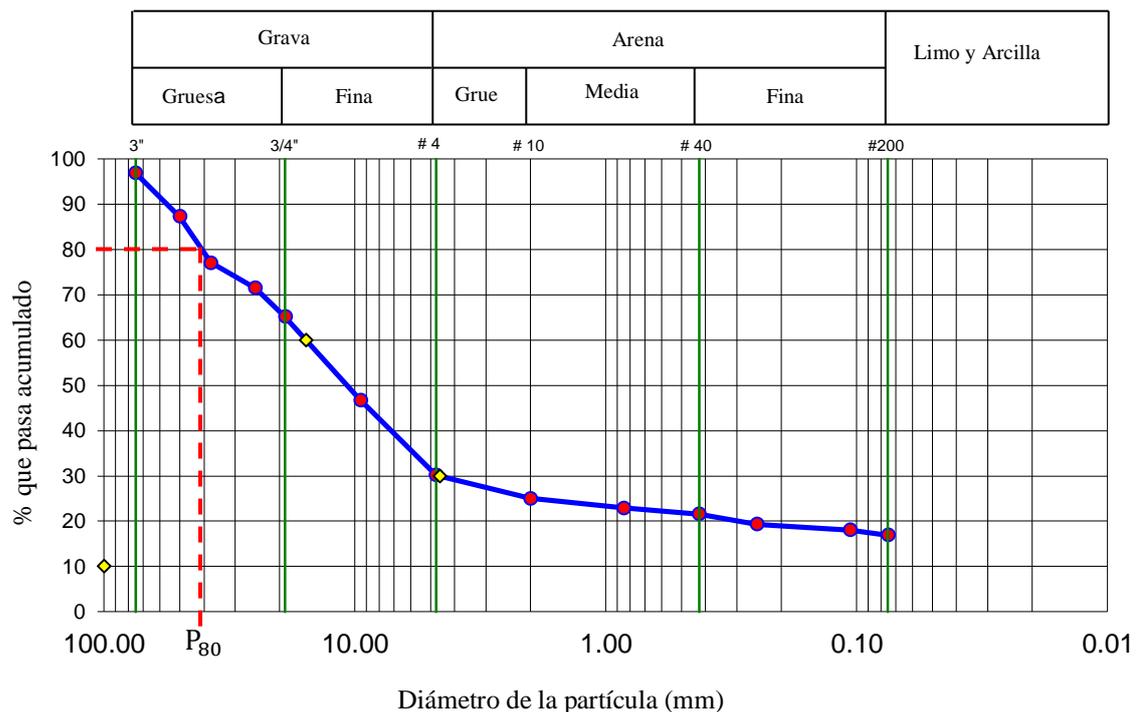
Fuente: Propia

En la tabla 15 se aprecia el resultado granulométrico de las muestra 4, en sus diferentes tamices. La figura 7 muestra la curva granulométrica en función al diámetro y porcentaje que pasa acumulado.

**Tabla 16.**

*Resultado de la Granulometría - Muestra 5 (M – 5)*

Tamices	Peso Parcial Retenido (grs)	Peso Acuml Retenido (grs)	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado
4 "	100.000 mm			100.00
3 "	75.000 mm	895.00	895.00	3.18
2 "	50.000 mm	2683.00	3578.00	12.71
1 ½ "	37.500 mm	2880.00	6458.00	22.94
1 "	25.000 mm	1563.00	8021.00	28.49
¾ "	19.000 mm	1798.00	9819.00	34.87
⅜ "	9.500 mm	5179.00	14998.00	53.27
Nº 4	4.750 mm	4656.00	19654.00	69.80
Nº 10	2.000 mm	78.00	78.00	74.95
Nº 20	0.850 mm	32.00	110.00	77.07
Nº 040	0.425 mm	20.00	130.00	78.39
Nº 060	0.250 mm	35.00	165.00	80.70
Nº 140	0.106 mm	19.00	184.00	81.96
Nº 200	0.075 mm	17.00	201.00	83.08
Coordenadas	E: 764064	N: 9236344	A: 3995	



**Figura 8.** Curva granulométrica de la Muestra 5

Fuente: Propia

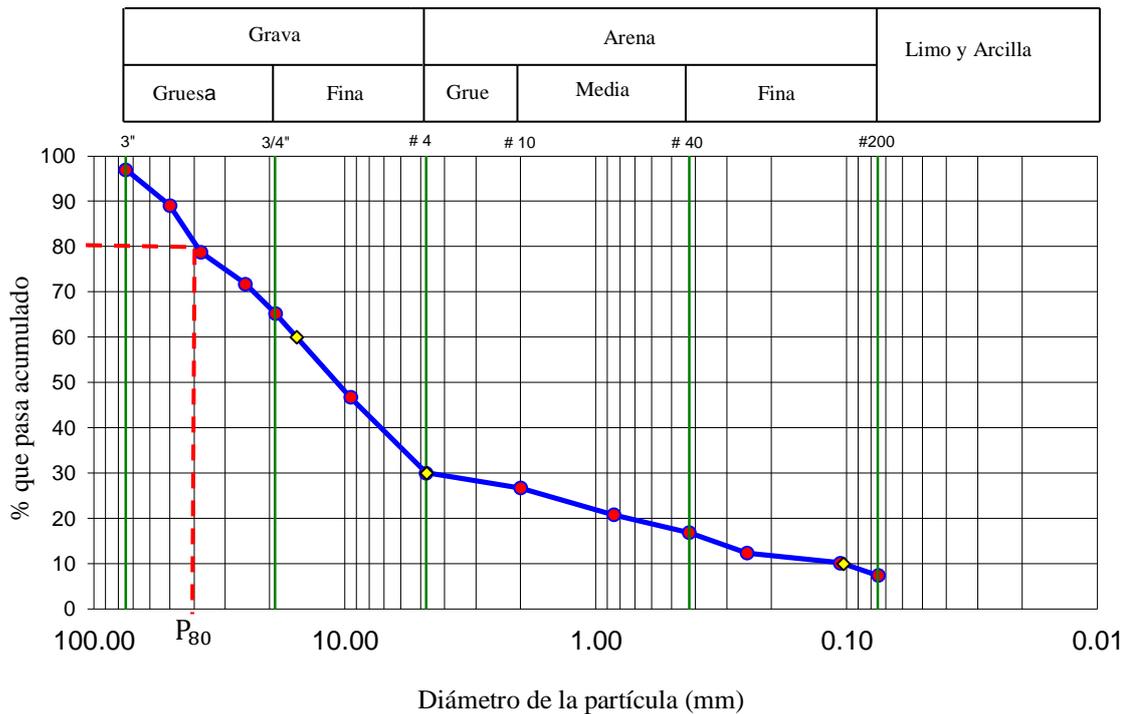
En la tabla 16 se aprecia el resultado granulométrico de las muestra 5, en sus diferentes tamices. La figura 8 muestra la curva granulométrica en función al diámetro y porcentaje que pasa acumulado.

**Tabla 17.**

*Resultado de la Granulometría - Muestra 6 (M – 6)*

Tamices	Peso Parcial Retenido (grs)	Peso Acuml Retenido (grs)	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado
4 "	100.000 mm			100.00
3 "	75.000 mm	855.00	855.00	3.01
2 "	50.000 mm	2234.00	3089.00	10.87
1 ½ "	37.500 mm	2936.00	6025.00	21.21
1 "	25.000 mm	1996.00	8021.00	28.24
¾ "	19.000 mm	1844.00	9865.00	34.73
⅜ "	9.500 mm	5259.00	15124.00	53.24
Nº 4	4.750 mm	4755.00	19879.00	69.98
Nº 10	2.000 mm	50.00	50.00	73.27
Nº 20	0.850 mm	90.00	140.00	79.20
Nº 040	0.425 mm	60.00	200.00	83.15
Nº 060	0.250 mm	68.00	268.00	87.62
Nº 140	0.106 mm	33.00	301.00	89.80
Nº 200	0.075 mm	42.00	343.00	92.56

Coordenadas E: 764008 N: 9236434 A: 3981



**Figura 9.** Curva granulométrica de la Muestra 6

Fuente: Propia

En la tabla 17 se presenta el resultado granulométrico de la muestra 6, en sus diferentes tamices. La figura 9 muestra la curva granulométrica en función al diámetro y porcentaje que pasa acumulado.

**Tabla 18.**

*Resultado de la Granulometría - Muestra 7 (M – 7)*

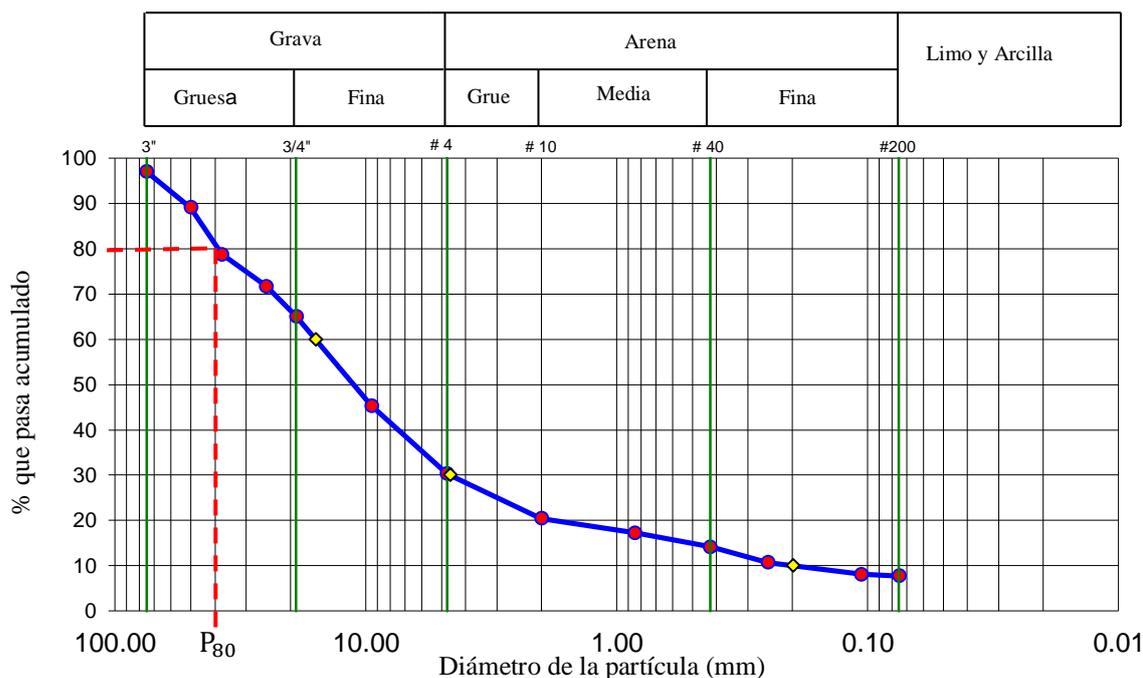
Tamices	Peso Parcial Retenido (grs)	Peso Acuml Retenido (grs)	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado
4 "	100.000 mm			100.00
3 "	75.000 mm	855.00	855.00	96.98
2 "	50.000 mm	2234.00	3089.00	89.08
1 1/2 "	37.500 mm	2936.00	6025.00	78.70
1 "	25.000 mm	1995.00	8020.00	71.65
3/4 "	19.000 mm	1855.00	9875.00	65.09
3/8 "	9.500 mm	5599.00	15474.00	45.30
Nº 4	4.750 mm	4251.00	19725.00	30.28
Nº 10	2.000 mm	150.00	150.00	79.57
Nº 20	0.850 mm	48.00	198.00	82.73
Nº 040	0.425 mm	47.00	245.00	85.81
Nº 060	0.250 mm	53.00	298.00	89.29
Nº 140	0.106 mm	40.00	338.00	91.92
Nº 200	0.075 mm	5.00	343.00	92.25

Coordenadas

E: 764483

N: 9236377

A: 3986



**Figura 10.** Curva granulométrica de la Muestra 7

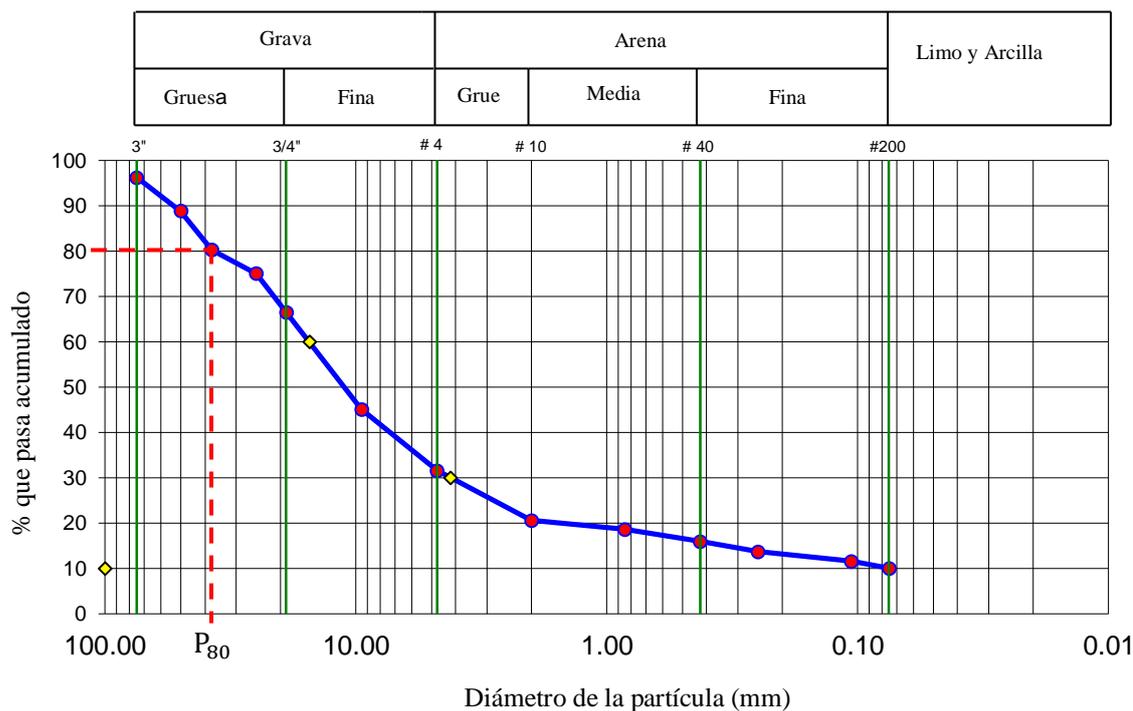
Fuente: Propia

La tabla 18 revela el resultado granulométrico de la muestra 7, en sus diferentes tamices. La figura 10 muestra la curva granulométrica en función al diámetro y porcentaje que pasa acumulado.

**Tabla 19.**

*Resultado de la Granulometría - Muestra 8 (M – 8)*

Tamices	Peso Parcial Retenido (grs)	Peso Acuml Retenido (grs)	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado
4 "	100.000 mm			100.00
3 "	75.000 mm	1040.00	3.70	96.30
2 "	50.000 mm	2084.00	11.10	88.90
1 1/2 "	37.500 mm	2431.00	19.75	80.25
1 "	25.000 mm	1466.00	24.96	75.04
3/4 "	19.000 mm	2384.00	33.43	66.57
3/8 "	9.500 mm	6042.00	54.91	45.09
Nº 4	4.750 mm	3811.00	68.45	31.55
Nº 10	2.000 mm	148.00	148.00	79.44
Nº 20	0.850 mm	26.00	174.00	81.37
Nº 040	0.425 mm	36.00	210.00	84.04
Nº 060	0.250 mm	31.00	241.00	86.34
Nº 140	0.106 mm	28.00	269.00	88.42
Nº 200	0.075 mm	21.00	290.00	89.98
Coordenadas	E: 764474	N: 9236444	A: 3997	



**Figura 11.** Curva granulométrica de la Muestra 8

Fuente: Propia

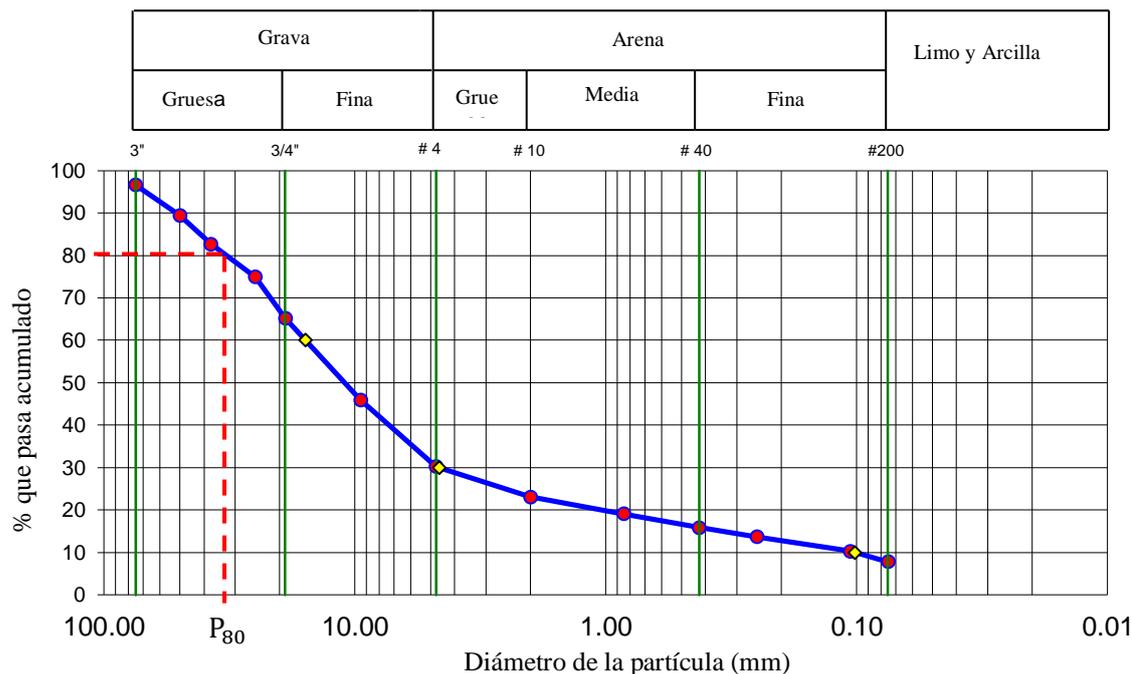
En la tabla 19 se aprecia el resultado granulométrico de la muestra 8, en sus diferentes tamices. La figura 11 muestra la curva granulométrica en función al diámetro y porcentaje que pasa acumulado.

**Tabla 20.**

*Resultado de la Granulometría - Muestra 9 (M – 9)*

Tamices	Peso Parcial Retenido (grs)	Peso Acumul Retenido (grs)	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado
4 "	100.000 mm			100.00
3 "	75.000 mm	958.00	3.40	96.60
2 "	50.000 mm	2030.00	10.59	89.41
1 1/2 "	<b>37.500 mm</b>	<b>1909.00</b>	<b>17.36</b>	<b>82.64</b>
1 "	25.000 mm	2169.00	25.05	74.95
3/4"	19.000 mm	2734.00	34.75	65.25
3/8"	9.500 mm	5454.00	54.08	45.92
Nº 4	4.750 mm	4420.00	69.75	30.25
Nº 10	2.000 mm	100.00	76.95	23.05
Nº 20	0.850 mm	55.00	80.91	19.09
Nº 040	0.425 mm	45.00	84.15	15.85
Nº 060	0.250 mm	30.00	86.32	13.68
Nº 140	0.106 mm	47.00	89.70	10.30
Nº 200	0.075 mm	35.00	92.22	7.78

Coordenadas E: 764417 N: 9236454 A: 4016



**Figura 12.** Curva granulométrica de la Muestra 9

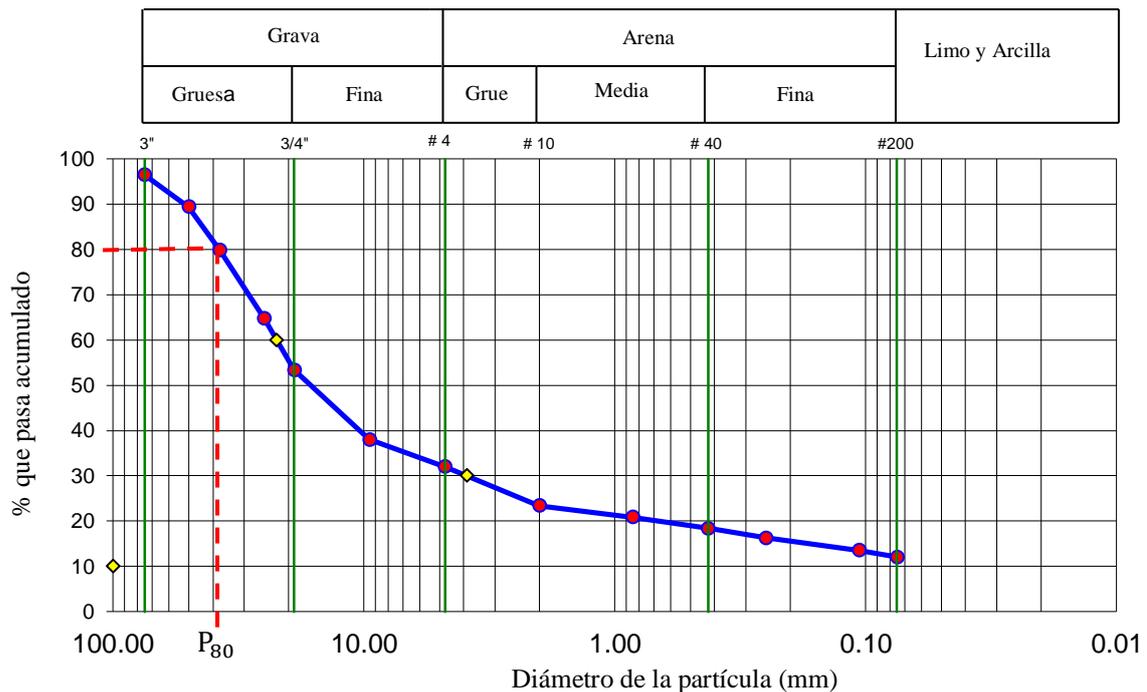
Fuente: Propia

En la tabla 20 se denota el resultado granulométrico de la muestra 9, en sus diferentes tamices. La figura 12 muestra la curva granulométrica en función al diámetro y porcentaje que pasa acumulado.

**Tabla 21.**

*Resultado de la Granulometría - Muestra 10 (M – 10)*

Tamices		Peso Parcial Retenido (grs)	Peso Acuml Retenido (grs)	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado
3 "	75.000 mm	1015.00	1015.00	3.60	96.40
2 "	50.000 mm	1973.00	2988.00	10.61	89.39
<b>1 1/2 "</b>	<b>37.500 mm</b>	<b>2699.00</b>	<b>5687.00</b>	<b>20.20</b>	<b>79.80</b>
1 "	25.000 mm	4258.00	9945.00	35.32	64.68
3/4"	19.000 mm	3180.00	13125.00	46.61	53.39
3/8"	9.500 mm	4337.00	17462.00	62.02	37.98
Nº 4	4.750 mm	1686.00	19148.00	68.00	32.00
Nº 10	2.000 mm	112.00	112.00	76.59	23.41
Nº 20	0.850 mm	33.00	145.00	79.13	20.87
Nº 040	0.425 mm	32.00	177.00	81.58	18.42
Nº 060	0.250 mm	28.00	205.00	83.73	16.27
Nº 140	0.106 mm	36.00	241.00	86.49	13.51
Nº 200	0.075 mm	19.00	260.00	87.95	12.05
Coordenadas		E: 764393	N: 9236536	A: 4033	



**Figura 13.** Curva granulométrica de la Muestra 10

Fuente: Propia

La tabla 21 muestra el resultado granulométrico de la muestra 10, en sus diferentes tamices.

La figura 13 muestra la curva granulométrica en función al diámetro y porcentaje que pasa acumulado.

### 3.6.2. Análisis de Abrasión Los Ángeles (L.A.) al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 ½”) MTC E 207

**Tabla 22.**

*Resultado de abrasión - Muestra 1 (M – 1)*

ESTE	: 764209	NORTE: 9236145	COTA: 4005				
PRUEBA	1						
Gradación usada	A						
No de esferas	12						
No de revoluciones	500						
Peso muestra seca antes de ensayo (g)	5000						
Peso muestra después de ensayo (g)	3589.0						
Pérdida (g)	1411.0						
% de desgaste	<b>28.2</b>						
<b>DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES</b>							
TAMAÑO DEL TAMIZ	PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA (g)						
	A	B -(A)	C	D	E	F	G
3"	2 1/2 "						
2 1/2 "	2"						
2"	1 1/2 "						
1 1/2 "	1"	1256					
1"	3/4"	1249					
3/4"	1/2"	1245					
1/2"	3/8"	1250					
3/8"	1/4"						
1/4"	No 4						
No 4	No 8						
No de esferas		12					
No de revoluciones		500					

Los resultados de la muestra 1 (M-1) revelados en la tabla 22, indican que el porcentaje de abrasión es de 28.2%. Para lo cual se han usado 12 esferas , 500 revoluciones, 5000 g de muestra seca, 3589.0 g de muestra después del ensayo y una pérdida de 1411.0 g.

**Tabla 23.**

*Resultado de abrasión - Muestra 2 (M – 2)*

ESTE	: 764182	NORTE:	9236186	COTA:	4013
PRUEBA	1				
Gradación usada	A				
No de esferas	12				
No de revoluciones	500				
Peso muestra seca antes de ensayo (g)	5060				
Peso muestra después de ensayo (g)	3569.0				
Pérdida (g)	1491.0				
% de desgaste	29.5				
DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES					
TAMAÑO DEL TAMIZ	PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA (g)				
	A	B -(A)	C	D	E F G
3"	2 1/2 "				
2 1/2 "	2"				
2"	1 1/2 "				
1 1/2 "	1"	1265			
1"	3/4"	1265			
3/4"	1/2"	1270			
1/2"	3/8"	1260			
3/8"	1/4"				
1/4"	No 4				
No 4	No 8				
No de esferas	12				
No de revoluciones	500				

Los resultados de la muestra 2 (M-2) observados en la tabla 23, indican que el porcentaje de abrasión es de 29.5%. Para lo cual se han usado 12 esferas , 500 revoluciones, 5060 g de muestra seca, 3569.0 g de muestra después del ensayo y una pérdida de 1491.0 g.

**Tabla 24.**

*Resultado de abrasión - Muestra 3 (M – 3)*

ESTE	: 764155	NORTE: 9236221	COTA: 4015				
PRUEBA	1						
Gradación usada	A						
No de esferas	12						
No de revoluciones	500						
Peso muestra seca antes de ensayo (g)	5050						
Peso muestra después de ensayo (g)	4021.0						
Pérdida (g)	1029.0						
% de desgaste	20.4						
<b>DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES</b>							
TAMAÑO DEL TAMIZ	PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA (g)						
	A	B -(A)	C	D	E	F	G
3"	2 1/2 "						
2 1/2 "	2"						
2"	1 1/2 "						
1 1/2 "	1"	1255					
1"	3/4"	1270					
3/4"	1/2"	1260					
1/2"	3/8"	1265					
3/8"	1/4"						
1/4"	No 4						
No 4	No 8						
No de esferas		12					
No de revoluciones		500					

Los resultados de la muestra 3 (M-3) mostrados en la tabla 24, indican que el porcentaje de abrasión es de 20.4%. Para lo cual se han usado 12 esferas , 500 revoluciones, 5050 g de muestra seca, 4021.0 g de muestra después del ensayo y una pérdida de 1029.0 g.

**Tabla 25.**

*Resultado de abrasión - Muestra 4 (M – 4)*

ESTE	: 764132	NORTE:	9236266	COTA:	4011
PRUEBA	1				
Gradación usada	A				
No de esferas	12				
No de revoluciones	500				
Peso muestra seca antes de ensayo (g)	5040				
Peso muestra después de ensayo (g)	3641.0				
Pérdida (g)	1399.0				
% de desgaste	27.8				
DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES					
TAMAÑO DEL TAMIZ	PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA (g)				
	A	B -(A)	C	D	E F G
3"	2 1/2 "				
2 1/2 "	2"				
2"	1 1/2 "				
1 1/2 "	1"	1260			
1"	3/4"	1260			
3/4"	1/2"	1260			
1/2"	3/8"	1260			
3/8"	1/4"				
1/4"	No 4				
No 4	No 8				
No de esferas	12				
No de revoluciones	500				

Los resultados de la muestra 4 (M-4) mostrados en la tabla 25, indican que el porcentaje de abrasión es de 27.8%. Para lo cual se han usado 12 esferas , 500 revoluciones, 5040 g de muestra seca, 3641.0 g de muestra después del ensayo y una pérdida de 1399.0 g.

**Tabla 26.**

*Resultado de abrasión - Muestra 5 (M – 5)*

ESTE	: 764064	NORTE:	9236344	COTA:	3995
PRUEBA	1				
Gradación usada	A				
No de esferas	12				
No de revoluciones	500				
Peso muestra seca antes de ensayo (g)	5047				
Peso muestra después de ensayo (g)	3510.0				
Pérdida (g)	1537.0				
% de desgaste	30.5				
DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES					
TAMAÑO DEL TAMIZ	PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA (g)				
	A	B -(A)	C	D	E F G
3"	2 1/2 "				
2 1/2 "	2"				
2"	1 1/2 "				
1 1/2 "	1"	1270			
1"	3/4"	1267			
3/4"	1/2"	1250			
1/2"	3/8"	1260			
3/8"	1/4"				
1/4"	No 4				
No 4	No 8				
No de esferas	12				
No de revoluciones	500				

Los resultados de la muestra 5 (M-5) presentados en la tabla 26, indican que el porcentaje de abrasión es de 30.5%. Para lo cual se han usado 12 esferas, 500 revoluciones, 5047 g de muestra seca, 3510.0 g de muestra después del ensayo y una pérdida de 1537.0 g.

**Tabla 27.**

*Resultado de abrasión - Muestra 6 (M – 6)*

ESTE	: 764008	NORTE:	9236434	COTA:	3981
PRUEBA	1				
Gradación usada	A				
No de esferas	12				
No de revoluciones	500				
Peso muestra seca antes de ensayo (g)	5060				
Peso muestra después de ensayo (g)	3502.0				
Pérdida (g)	1558.0				
% de desgaste	30.8				
DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES					
TAMAÑO DEL TAMIZ	PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA (g)				
	A	B -(A)	C	D	E F G
3"	2 1/2 "				
2 1/2 "	2"				
2"	1 1/2 "				
1 1/2 "	1"	1270			
1"	3/4"	1267			
3/4"	1/2"	1250			
1/2"	3/8"	1273			
3/8"	1/4"				
1/4"	No 4				
No 4	No 8				
No de esferas		12			
No de revoluciones		500			

Los resultados de la muestra 6 (M-6) presentados en la tabla 27, indican que el porcentaje de abrasión es de 30.8%. Para lo cual se han usado 12 esferas, 500 revoluciones, 5060 g de muestra seca, 3502.0 g de muestra después del ensayo y una pérdida de 1558.0 g.

**Tabla 28.**

*Resultado de abrasión - Muestra 7 (M – 7)*

ESTE	: 764483	NORTE: 9236377	COTA: 3986				
PRUEBA	1						
Gradación usada	A						
No de esferas	12						
No de revoluciones	500						
Peso muestra seca antes de ensayo (g)	5060						
Peso muestra después de ensayo (g)	3427.0						
Pérdida (g)	1633.0						
% de desgaste	32.3						
<b>DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES</b>							
TAMAÑO DEL TAMIZ	PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA (g)						
	A	B -(A)	C	D	E	F	G
3"	2 1/2 "						
2 1/2 "	2"						
2"	1 1/2 "						
1 1/2 "	1"	1270					
1"	3/4"	1265					
3/4"	1/2"	1265					
1/2"	3/8"	1260					
3/8"	1/4"						
1/4"	No 4						
No 4	No 8						
No de esferas		12					
No de revoluciones		500					

Los resultados de la muestra 7 (M-7) presentados en la tabla 28, indican que el porcentaje de abrasión es de 32.3%. Para lo cual se han usado 12 esferas, 500 revoluciones, 5060 g de muestra seca, 3427.0 g de muestra después del ensayo y una pérdida de 1633.0 g.

**Tabla 29.**

*Resultado de abrasión - Muestra 8 (M – 8)*

ESTE	: 764474	NORTE: 9236444	COTA: 3997				
PRUEBA	1						
Gradación usada	A						
No de esferas	12						
No de revoluciones	500						
Peso muestra seca antes de ensayo (g)	5000						
Peso muestra después de ensayo (g)	3577.0						
Pérdida (g)	1423.0						
% de desgaste	28.5						
DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES							
TAMAÑO DEL TAMIZ	PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA (g)						
	A	B -(A)	C	D	E	F	G
3"	2 1/2 "						
2 1/2 "	2"						
2"	1 1/2 "						
1 1/2 "	1"	1255					
1"	3/4"	1251					
3/4"	1/2"	1245					
1/2"	3/8"	1249					
3/8"	1/4"						
1/4"	No 4						
No 4	No 8						
No de esferas		12					
No de revoluciones		500					

Los resultados de la muestra 8 (M-8) presentados en la tabla 29, indican que el porcentaje de abrasión es de 32.3%. Para lo cual se han usado 12 esferas, 500 revoluciones, 5060 g de muestra seca, 3427.0 g de muestra después del ensayo y una pérdida de 1633.0 g.

**Tabla 30.**

*Resultado de abrasión - Muestra 9 (M – 9)*

ESTE	: 764417	NORTE: 9236454	COTA: 4016				
PRUEBA	1						
Gradación usada	A						
No de esferas	12						
No de revoluciones	500						
Peso muestra seca antes de ensayo (g)	5050						
Peso muestra después de ensayo (g)	3625.0						
Pérdida (g)	1425.0						
% de desgaste	28.2						
<b>DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES</b>							
TAMAÑO DEL TAMIZ	PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA (g)						
	A	B -(A)	C	D	E	F	G
3"	2 1/2 "						
2 1/2 "	2"						
2"	1 1/2 "						
1 1/2 "	1"	1255					
1"	3/4"	1270					
3/4"	1/2"	1260					
1/2"	3/8"	1265					
3/8"	1/4"						
1/4"	No 4						
No 4	No 8						
No de esferas		12					
No de revoluciones		500					

Los resultados de la muestra 9 (M-9) revelados en la tabla 30, indican que el porcentaje de abrasión es de 28.2%. Para lo cual se han usado 12 esferas, 500 revoluciones, 5050 g de muestra seca, 3625.0 g de muestra después del ensayo y una pérdida de 1425.0 g.

**Tabla 31.**

*Resultado de abrasión - Muestra 10 (M – 10)*

ESTE	: 764393	NORTE:	9236536	COTA:	4033
PRUEBA	1				
Gradación usada	A				
No de esferas	12				
No de revoluciones	500				
Peso muestra seca antes de ensayo (g)	5047				
Peso muestra después de ensayo (g)	3654.0				
Pérdida (g)	1393.0				
% de desgaste	27.6				
<b>DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES</b>					
TAMAÑO DEL TAMIZ		PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA (g)			
		A	B -(A)	C	D E F G
3"	2 1/2 "				
2 1/2 "	2"				
2"	1 1/2 "				
1 1/2 "	1"	1267			
1"	3/4"	1270			
3/4"	1/2"	1260			
1/2"	3/8"	1250			
3/8"	1/4"				
1/4"	No 4				
No 4	No 8				
No de esferas		12			
No de revoluciones		500			

Los resultados de la muestra 9 (M-9) revelados en la tabla 30, indican que el porcentaje de abrasión es de 28.2%. Para lo cual se han usado 12 esferas, 500 revoluciones, 5047 g de muestra seca, 3654.0 g de muestra después del ensayo y una pérdida de 1393.0 g.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

El presente estudio se compone de dos (02) partes, la primera concierne a la caracterización geotécnica a modo resumen en la tabla 32 y la segunda parte se enfocará netamente en hacer un análisis comparativo entre los resultados alcanzados para la granulometría y abrasión del material de cantera del sector Alto Perú, en las tablas 33 y 34, respectivamente.

**Tabla 32.**

*Resultados de la caracterización geotécnica mediante RMR*

Clasificación RMR	Muestras									
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10
Puntuación	76	73	75	71	69	68	77	71	68	72
Clase	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Calidad	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

B: Buena

La caracterización geotécnica mediante el sistema de clasificación RMR se muestra en la Tabla 32, cuyos resultados revelan que el macizo rocoso del sector Alto Perú-Cajamarca, presenta una valoración de RMR promedio de 70, el cual indica que la masa rocosa es de tipo o clase II, por tanto la calidad del macizo rocoso es buena. Al respecto, los resultados de Huamán y Mendieta (2013) son muy similares, ya que en su investigación obtuvieron una valoración total del RMR básico en el macizo rocoso de 66, por tanto la clasificación RMR corresponde al tipo II de calidad Buena. Asimismo, determinaron que las familias de discontinuidades presentes en el macizo rocoso influyen en su comportamiento y calidad

global, la principal forma de pérdida de estabilidad se debe a la formación de cuñas y las propiedades mecánicas corresponde a rocas de resistencia alta y el macizo rocoso presenta fracturamiento en bloques regulares.

Existe una diferencia con los resultados de Mucuta, Cartaya y Cuni (2019), los cuales aluden que el macizo rocoso del yacimiento polimetálico Castellanos presentó un RMR de 45 y 44 en los frentes II y III, lo cual indica que son del tipo III correspondiente a una calidad media; con sectores de calidad mala (frente I): RMR de 31, tipo I; asociados a la existencia de roca pizarra. El yacimiento está constituido mayormente por bloques pequeños con formas cúbicas o alargadas y tabulares.

**Tabla 33.**

*Comparación de granulometría obtenida con los requisitos de la norma AASHTO M-147*

Tamices	Porcentaje que pasa Acumulado										AASHTO M-147	
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10		
4 "	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
3 "	94.54	95.55	96.22	95.97	96.82	96.99	96.98	96.30	96.60	96.40		
2 "	91.49	92.69	89.70	89.94	87.29	89.13	89.08	88.90	89.41	89.39	100	
1 1/2 "	84.85	89.01	82.43	83.58	77.06	78.79	78.70	80.25	82.64	79.80	100	
1 "	80.07	78.38	76.68	76.42	71.51	71.76	71.65	75.04	74.95	64.68	90-100	
3/4 "	66.25	65.16	65.70	65.33	65.13	65.27	65.09	66.57	65.25	53.39	65-100	
3/8 "	48.80	45.26	47.96	45.55	46.73	46.76	45.30	45.09	45.92	37.98	45-80	
Nº 04	34.97	30.07	31.96	31.08	30.20	30.02	30.28	31.55	30.25	32.00	30-65	
Nº 10	26.32	25.49	24.30	25.09	25.05	26.73	20.43	20.56	23.05	23.41	22-52	
Nº 20	22.56	23.47	21.01	22.94	22.93	20.80	17.27	18.63	19.09	20.87		
Nº 40	19.70	21.90	18.27	21.12	21.61	16.85	14.19	15.96	15.85	18.42	15-45	
Nº 60	15.72	20.20	15.19	18.16	19.30	12.38	10.71	13.66	13.68	16.27		
Nº 140	12.33	18.43	11.36	16.28	18.04	10.20	8.08	11.58	10.30	13.51		
Nº 200	9.02	17.00	8.21	13.72	16.92	7.44	7.75	10.02	7.78	12.05	5-20	

En la Tabla 33, se revelan los resultados obtenidos en laboratorio concerniente a la granulometría comparados con los requisitos según norma ASTM – 147 para el uso del material como lastre.

En efecto, en primer lugar, de acuerdo con el tamiz de 1" ninguna de las diez (1) muestras está dentro del rango requerido (90% -100%); en este caso los valores son inferiores al 90%, por tanto, el material no cumple lo requerido. En segundo lugar, para el tamiz  $\frac{3}{4}$ " las nueve (09) muestras en orden ascendente cumplen con lo establecido por norma, estos valores oscilan entre 65.9% y 66.57%, excepto para la muestra 10 (M-10), cuyo valor porcentual de acumulado es de 53.39%. En tercer lugar, para el tamiz  $\frac{3}{8}$ " la granulometría analizada cumple con la normatividad de estar comprendida entre 45-80%, con excepción de la muestra 10 (M-10), 37.98%, muy inferior a lo requerido. En cuarto lugar, según ASTM – 147 los valores para el tamiz N° 04 deben estar entre 30 -65%, lo cual sí cumplen las diez (10) muestras analizadas. Lo mencionado se resume en las curvas granulométricas mostradas en el anexo N° 1.

En quinto lugar, la norma ASTM – 147, establece que la banda granulométrica de 22 – 52% para el tamiz N° 10, observando los resultados logrados se afirma que el agregado analizado sí cumple con lo estipulado. En sexto lugar, al tamiz N° 40 le corresponde una banda granulométrica entre 15 y 45%, infiriendo que lo alcanzado en laboratorio sí cumple con la normatividad establecida. Finalmente, el tamiz N° 200 comprende valores entre 5 y 20% para el material acumulado, llevado a comparar los resultados logrados se afirma que las diez (10) muestras sí cumplen con la norma ASTM -147.

**Tabla 34.**

*Comparación del % de desgaste determinado con el requerimiento para afirmado*

Muestra	% de desgaste	Requerimiento para afirmado	
		ASTM C 131/ MTC E 110	
M-1	28.2	50% máx.	
M-2	29.5	50% máx.	
M-3	20.4	50% máx.	
M-4	27.8	50% máx.	
M-5	30.5	50% máx.	
M-6	30.8	50% máx.	
M-7	32.3	50% máx.	
M-8	28.5	50% máx.	
M-9	28.2	50% máx.	
M-10	27.6	50% máx..	

Según la Tabla 34, el porcentaje de desgaste o abrasión de las 10 muestras analizadas está dentro del requerimiento para afirmado, puesto que el desgaste obtenido está entre 27.8 % y 30.8% conforme con las normas ASTM C 131 y MTC E 110, donde se estableció que el porcentaje de desgaste como máximo debe ser 50%. Similarmente fueron los resultados obtenidos por Núñez (2013), según la norma AASHTO T-27 ASTM D 422, el ensayo cumple con los parámetros de la granulometría. Según la norma método ASTM C 131 el porcentaje de desgaste es de 63.1%, y en el ensayo es de 26.6%; por tanto, se concluye que los agregados de la cantera del Rio Huayobamba Provincia, de San marcos son aptos para todo uso de construcciones.

Asimismo, Mejía (2013) con los resultados obtenidos de la cantera 3M, infirió que no se utilizará directamente como material para afirmado en condiciones naturales, es necesario realizar un tratamiento para alcanzar las características exigidas en la norma ASTM. De la granulometría se obtuvo se obtuvo los siguientes resultados: El coeficiente de uniformidad

$C_u=188.37$  y el coeficiente de curvatura:  $C_c=0.44$ , este último, es menor que los valores comprendidos 1 y 3, por lo tanto es un material mal gradada.

Del mismo modo, Romero (2018) indica que el material de afirmado cumplió con los parámetros granulométricos de acuerdo a la norma AASHTO M – 147, ya que los porcentajes retenidos en los tamices  $\frac{3}{4}$ ”,  $\frac{3}{8}$ ”, N°4, N°10, N°40 y N°200 cumplen con los porcentajes requeridos pasantes, siendo sus porcentajes que se obtuvieron 97.53%, 80.01%, 80.14%, 62.33%, 41.80%, 19.20%. El material de afirmado de las canteras Pampa La Colina Guadalupito, sí cumplió con lo establecido. Presentó un desgaste del material que retiene la malla #4 (grava) de 35.8%, logrando estar dentro del parámetro requerido de 50% de desgaste máximo del Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

## 4.2 Conclusiones

La caracterización geotécnica del macizo rocoso del sector Alto Perú-Cajamarca, presenta una valoración de RMR promedio de 70 , el cual indica que la masa rocosa es de tipo o clase II, por tanto la calidad de la maza rocosa es buena.

El material de cantera del sector Alto Perú – Cajamarca cumple con la granulometría requerida según norma ASTM – 147, esto se ve reflejado en todos los tamices de granulometría, con excepción de la malla de 1”, donde ninguna de las diez (1) muestras está dentro de las bandas granulométricas.

El porcentaje de desgaste o abrasión de las 10 muestras analizadas del sector Alto Perú obtenido está entre 27. 8 % y 30.8%, por tanto cumple con lo establecido por las normas

ASTM C 131 y MTC E 110, donde se estipula que el porcentaje de desgaste como máximo debe ser 50%.

En síntesis, la calidad del macizo rocoso del sector Alto Perú es buena y la calidad del material de cantera cumple con la normatividad, la cual garantiza su uso para el lastrado de carreteras no pavimentadas y para estabilizado de vías.

### **Limitaciones**

No hay mucha información sobre el desarrollo en esta área. Esto requiere una investigación más detallada, que se basará en los resultados obtenidos mediante evaluación.

Otra limitación es el tiempo de investigación dado, porque se necesita mucho tiempo para proceder con el número y variedad de muestreos necesario, para lo cual es necesario hacer calicatas.

En la etapa de campo, se ha tenido como factor limitante la inaccesibilidad a determinadas zonas para la extracción de muestras, dado que estas áreas son empinadas e inhóspitas. Además la visita a campo ha sido bien cautelosa, dado que la población por tema de por el tema Medio Ambiental restringe visitas a la zona de estudio.

### **Recomendaciones**

Es recomendable de que para utilizar los materiales de cantera como material de lastre, previamente se las debe analizar y contrastar con las Especificaciones Técnicas ASTM -147 y lo estipulado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Cuando los materiales procedentes de las canteras no cumplen con la granulometría indicada se recomienda mezclarlo con materiales de otra cantera para lograr cumplir con lo requerido.

Se recomienda mejorar y publicar nuevos manuales para caminos de tipo no pavimentados, ya que la información en los manuales de la MTC, están dispersa o en algunos casos son no coincidentes.

Es recomendable que los parámetros que intervienen en las clasificaciones RMR en campo, deben tener similitud para la valoración de las discontinuidades o del macizo estas deben ser aclaradas en campo y no cuando se hace el trabajo de gabinete. Malas interpretaciones de datos acarrear resultados inesperados, con la consiguiente pérdida de tiempo.

Se recomienda en la estimación de la calidad geotécnica del macizo rocoso, se empleen las diferentes clasificaciones que se usan en la actualidad y que han sido probadas en muchas obras a nivel mundial, pero tomando en cuenta las limitaciones que tiene cada una; asimismo se deben de obtener las resistencias a la compresión de la roca mediante ensayos de laboratorio de mecánica de rocas al ingresar a realizar estudios a detalle; y se debe de evaluar las características geomecánicas con el empleo de otras tecnologías y técnicas de investigación.

Finalmente, se recomienda completar la presente investigación con el cálculo del costo de lastre, para ser aplicado en diferentes proyectos de construcción civil y proyectos minero, como el que se muestra en el anexo 2.

## REFERENCIAS

- Adeoluwa, O., Noa, R. & Quevedo, G. (2017). Structural characterization of the rock mass of the underground mine Oro Descanso. *Instituto Superior Minero Metalúrgico*, 33, 456 - 468.
- Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering rock mass classification: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering*. John Wiley & Sons. ISBN 0-471-60172-1.
- Cartaya, M. (2016). Caracterización Geomecánica de macizos rocosos en obras subterráneas de la región oriental de país. *Minería y Geología*, 17, 1 - 54.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2010). *Metodología de la Investigación*. México. McGraw-HILL.
- Huamán, V.E. y Mendieta, F.A. (2013). *Evaluación geomecánica del macizo rocoso en la cantera de materiales de construcción Las Victorias*. (Tesis de grado). Universidad de Cuenca – Ecuador.
- Mejía, J.R. (2013). *Estudio de las propiedades físicas mecánicas Cantera 3M y su utilización como material de afirmado*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Cajamarca - Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2014). *Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial*. Recuperado de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMA S/ARCH\\_PDF/MAN\\_9%20MCV-2014\\_2016.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMA%20S/ARCH_PDF/MAN_9%20MCV-2014_2016.pdf)
- Miranda, T., Sousa, L., Gomes, A., Tinoco, J. & Ferreira, C. (2017). Geomechanical characterization of volcanic rocks using empirical systems and data mining techniques.

*Mechanics and Geotechnical Engineering*, 674 - 690. Recuperado de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674775517301038>

Mucuta, H.V., Cartaya, M. y Cuni, J. (2019). Evaluación geomecánica del macizo rocoso en frentes de explotación del yacimiento polimetálico Castellanos. *Minería y Geología*, (35)4, 1-10. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223560062005>

Núñez, N. (2013). *Evaluación de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la Cantera del río Huayobamba provincia de San Marcos con fines de uso en la Construcción*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Cajamarca - Perú.

Pastor, C.F. (2013). *Evaluación de canteras para realizar la construcción de trocha carrozable a nivel de afirmado Campo Alegre - Peña Blanca, Distrito de Namora, Provincia de Cajamarca*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Cajamarca - Perú.

Pérez, M., García, E., Vega, C., Montoya, J., Noriega, P. & Alfonso, J. (2018). Comparative study among rock mass classification systems in a Porphyry deposit. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 34-44. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-36302018000100034](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-36302018000100034)

Ramírez, J.J. y Rodas, S.C. (2019). *Estudio definitivo de la rehabilitación del Camino Vecinal San Juan – La Unión L= 7.673 Km., Distrito Tres Unidos, Provincia Picota - San Martín*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto – Perú.

Romero, C.D.S. (2018). *Evaluación del material de afirmado, de las Canteras Pampa La Colina - Guadalupito y San Pedrito - Samanco, con fines de pavimentación - propuesta de mejoramiento - Ancash – 2018*. (Tesis de grado). Universidad César Vallejo, Lima – Perú.

Soucek, K., Vavro, M., Stas, L., Vavro, L., Waclawik, P. & Konicek, P. (2017). Geotechnical

Characterization of Bukov Underground Research. *Elsevier*, 711 - 718. Recuperado

de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817323767>

Suárez, L. O. (2010). Comportamiento mecánico del macizo rocoso del complejo

subterráneo de Porce III. 39 - 54. Recuperado de

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3856594>

Tito, L.F.(2014). *Mejoramiento y rehabilitación de la carretera Ayacucho - Abancay, tramo*

*IV, pertenece a la ruta PE – 28B.* (Tesis de grado). Universidad Ricardo Palma, Lima

– Perú.

Zhanga, Q., Huang, X., Zhu, H. & Li, J. (2019). Quantitative assessments of the correlations

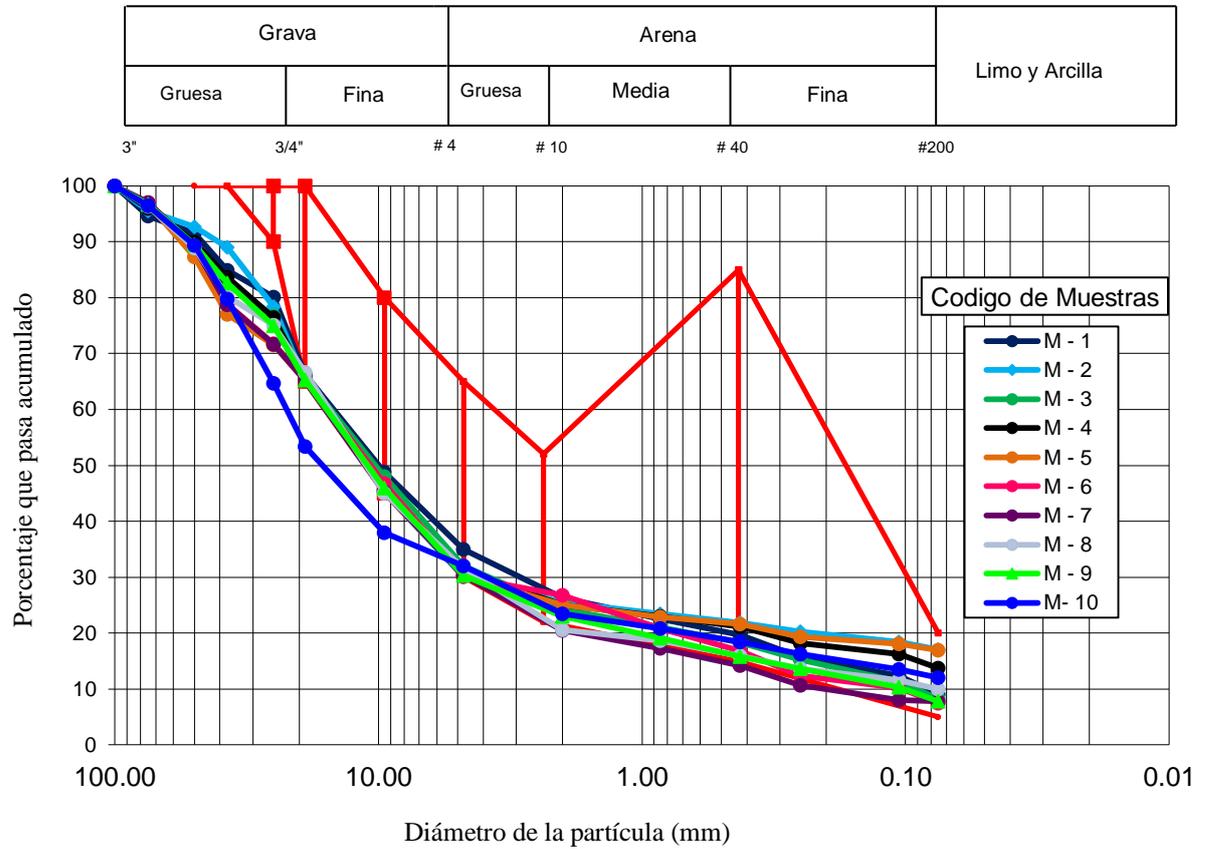
between rock mass rating (RMR) and geological strength index (GSI). *Tunnelling and*

*Underground Space Technology*, 73 - 81. Recuperado de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0886779818304395>

ANEXOS

**Anexo 1.** Conjunto de curvas granulométricas de las 10 muestras analizadas



Fuente: elaboración propia

**Anexo 2.** Costos de lastre aplicado el Tajo La Quinua, Proyecto Minero Yanacocha – 2019

Tonelaje de material de Lastre requerido por Guardia (Temporada Húmeda)

PALA	DESCARGA	GUARDIA	TONELAJE (TM)
SH005	IPLQS_SH005	Guardia C	8900.52
SH005	IPTO3312SH005	Guardia A	7551.25
SH005	IPTO3312SH005	Guardia B	10037.85
SH005	IPTO3312SH005	Guardia C	12946.48
SH005	IPTO3312SH005	Guardia D	9295.45
SH005	IPTO3312 SH005	Guardia A	10000
SH005	IPTOVIA_GRAVAS	Guardia C	7470.02
		TOTAL	56,407.58

Fuente: Ramírez y Chávez (2019)

Tonelaje de material de Lastre utilizado por Guardia en Temporada Seca (agosto)

PALA	GUARDIA	TONELAJE (TM)
SH007	Guardia A	3113.98
SH007	Guardia B	632.92
SH007	Guardia C	1860.91
SH007	Guardia D	1864.21
SH007	Guardia C	212.4
SH007	Guardia A	205.87
SH007	Guardia C	824.69
	TOTAL	8,714.95

Fuente: Ramírez y Chávez (2019)

Comparación de Costos de material de Lastre por temporada

Guardia	Costo por TM (US\$)	Tonelaje (TM) de lastre		Costo Total (US\$)	
		Temporada Húmeda	Temporada Seca	Temporada Húmeda	Temporada Seca
Guardia A	3.16	17,551.25	3,319.84	55,461.95	10,490.69
Guardia B	3.16	10,243.86	632.92	32,370.59	2,000.03
Guardia C	3.16	19,317.03	2,897.99	61,041.82	9,157.65
Guardia D	3.16	9,295.45	1,864.21	29,373.62	5,890.90
TOTAL		56,407.59	8,714.96	178,247.98	27,539.27

Fuente: Ramírez y Chávez (2019)

**Anexo 3. Reporte de laboratorio de resultados de granulometría de las 10 muestras analizadas**



**Análisis Granulométrico por Tamizado**  
ASTM D 422 - 63/98

Proyecto	PROYECTO DE OBRAS
ID Laboratorio	94-01
Muestra	Alto Perú
Ubicación	70100-09
Alt. o Coordenada Muestral	8240m/28

Nombre Muestra	001-01
Cooperado Por	001-01
Fecha de Muestreo	02/7/20
Elaborado Por	Superficial
Profesional	

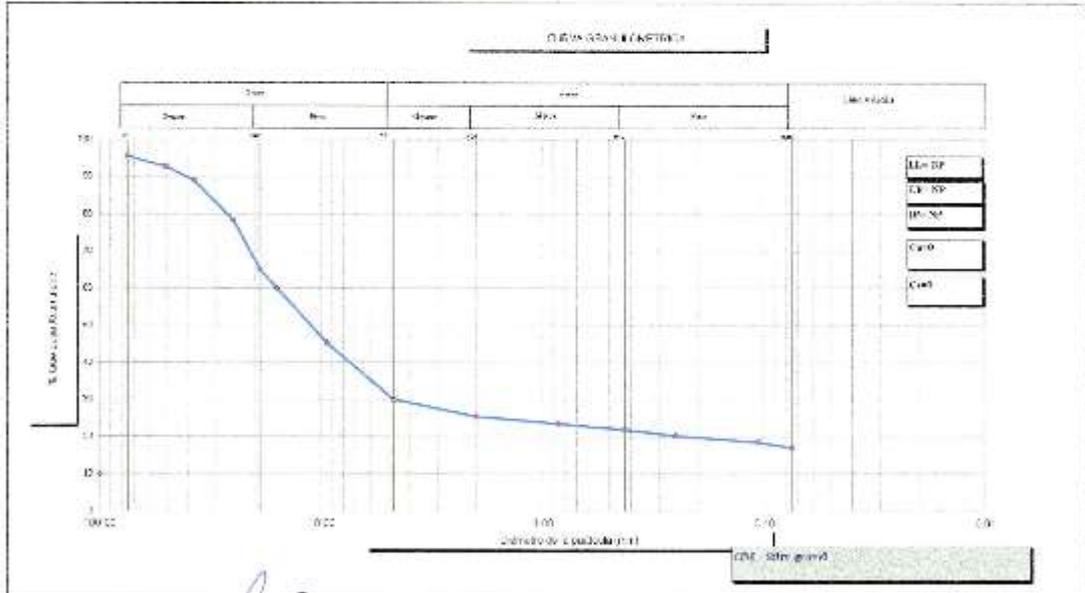
Fecha	25.06.20
Elaborado Por	Richard Tazilla Juárez
Revisado Por	
Profesional	

Temp. de Secado: 110°C / 60 % / Ambiente

Tamizadora	Area Total (900000 gms)	Area por el Tamizado (gms)	% Gravas Aglutinadas	% Que pasa Aglutinada
#1	10000	10000	1.11	100.00
#2	25000	25000	2.78	97.22
#4	63000	63000	7.00	93.00
#10	150000	150000	16.67	83.33
#20	300000	300000	33.33	66.67
#40	600000	600000	66.67	33.33
#60	750000	750000	83.33	16.67
#80	800000	800000	88.89	11.11
#100	850000	850000	93.33	6.67
#150	900000	900000	100.00	0.00

Grav. #1	12.0000 g
Grav. #2	8.0000 g
Grav. #4	21.0000 g
Grav. #10	22.0000 g
Grav. #20	22.0000 g
Grav. #40	40.0000 g
Grav. #60	22.0000 g
Grav. #80	22.0000 g
Grav. #100	22.0000 g
Grav. #150	0.0000 g

Over: 4.45 % Gravas: 85.48 % - Arena: 10.07 % - Limo: 0 %



**Jefe de Laboratorio**  
*Richard Tazilla Juárez*  
Richard Tazilla Juárez  
Jefe de laboratorio

**Supervisor de Calidad**  
*Ing. Wilson Chávez Chillon*  
Ing. Wilson Chávez Chillon  
Jefe de proyecto  
CIP: 230383



### Análisis Granulométrico por Tamizado

457M D 422 - 63-58

OBJETO DE OBRAS	
Proyecto	_____
ID Laboratorio	_____
Ubicacion	_____
Clasificación	_____
Ext. o Coordenada Nacional	_____

Fecha de Muestra	
Obtenida Por	_____
Fecha de Muestreo	_____
Almacenado Por	_____
Entregado Por	_____
Profundidad	_____

18 Jun 20	
Elaborado Por	Richard Tasilla Juárez
Fecha de Emisión	18 Jun 20
Revisado Por	HR - AA
Supervisor	_____

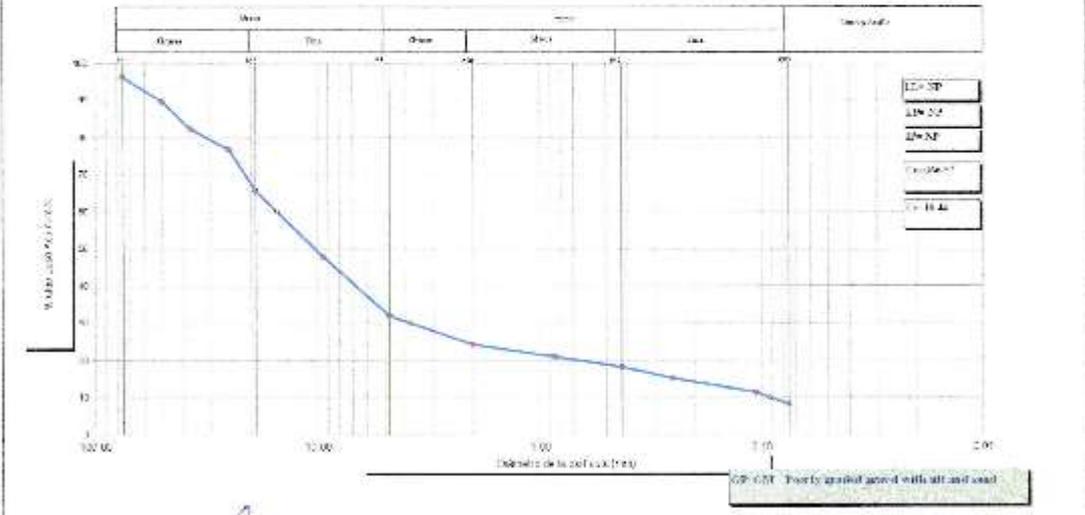
Temperatura de Secado: 110°C / 60% U<sub>h</sub> ambiente

Tamizado	Peso Pasa (g)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Cumulado	% Cumulado Ajustado
4.75	120.00	10.00	8.00	8.00	100.00
7.5	110.00	20.00	16.00	24.00	92.00
15	80.00	50.00	40.00	64.00	86.00
30	40.00	80.00	64.00	72.00	82.00
60	20.00	100.00	80.00	76.00	80.00
125	10.00	110.00	88.00	78.00	79.00
250	5.00	115.00	92.00	79.00	79.00
500	2.00	118.00	94.40	80.00	79.00
1000	1.00	119.00	95.20	81.00	79.00
2000	0.50	120.50	96.40	82.00	79.00
4000	0.20	121.80	97.44	83.00	79.00
7500	0.10	122.90	98.24	84.00	79.00
15000	0.05	123.95	98.76	85.00	79.00
30000	0.02	124.98	99.16	86.00	79.00
60000	0.01	125.99	99.59	87.00	79.00
125000	0.00	126.00	100.00	88.00	79.00

Paso # 4.75		17.700 gr
Paso # 7.5		8.300 gr
Paso # 15		30.140 gr
Paso # 30		28.110 gr
Paso # 60		467.00 gr
Paso # 125		1.000 gr
Paso # 250		1.000 gr
Paso # 500		1.000 gr
Paso # 1000		1.000 gr
Paso # 2000		1.000 gr
Paso # 4000		1.000 gr
Paso # 7500		1.000 gr
Paso # 15000		1.000 gr
Paso # 30000		1.000 gr
Paso # 60000		1.000 gr
Paso # 125000		1.000 gr
Paso # 250000		1.000 gr

Grav: 4.18 Gs - Límite 64.76 % - Límite 28.75 % - Límite 4.21 %

#### GRÁFICO GRANULOMÉTRICO



CIP-011 Forty gradings used with all soil used

**Jefe de Laboratorio**  
**QC COMBAYO**  
*Richard Tasilla Juárez*  
**Richard Tasilla Juárez**  
Jefe de laboratorio

**SUPERVISOR DE CALIDAD**  
**QC COMBAYO**  
*Wilson Chávez Chilon*  
**Ing. Wilson Chávez Chilon**  
Jefe de proyecto  
CIP. 230383



### Análisis Granulométrico por Tamizado

ASTM D 422 - 63/98

PROYECTO DE LEON	
Proyecto	
Lab. Laboratorio	
Muestra	37.34
Ubicación	Alto Perú
Km. a Universidad	76432.68
Materia	8236266.91
	4811.68

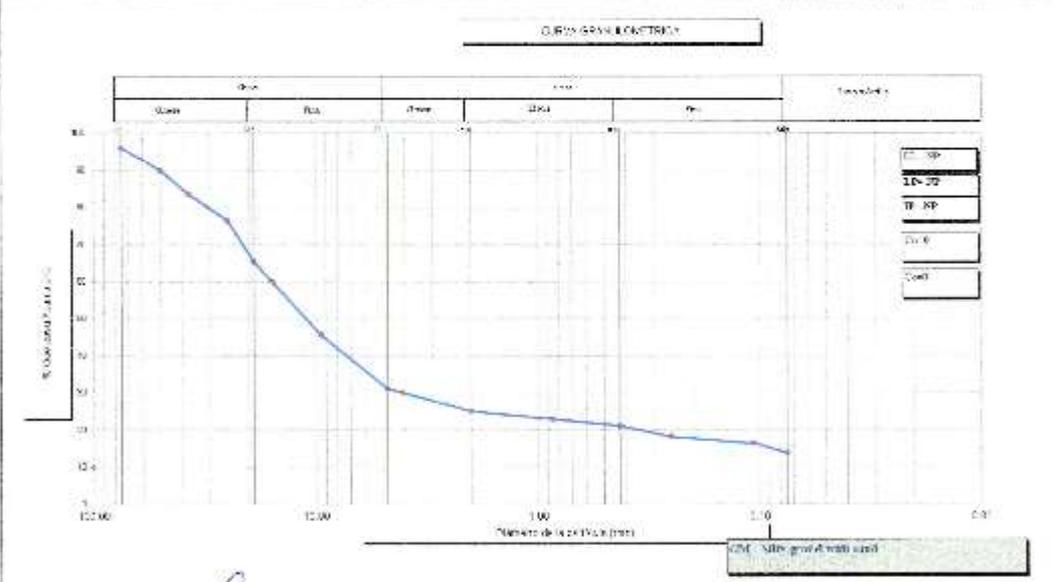
Fecha de Empezo	
Empezo Por	20 Jun 20
Fecha de Almacen	20 Jun 20
Almacenado Por	BB / AA
Revisado Por	Superficie
Responsabilidad	

Temp. de Secado: 77.0°C / 60 N° - 40 minutos

Tamiz	Apert. (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Acum. Retenido (g)	% Retenido (20.0000g)	% Paso (20.0000g)
75	3.00	1123.50	1123.50	4.00	96.00
75	75.00	1097.75	2221.25	77.15	22.85
150	150.00	1119.01	3340.26	39.47	60.53
300	300.00	2062.27	5402.53	72.29	27.71
600	600.00	2669.20	8071.73	117.07	82.93
1250	1250.00	3111.01	11182.74	135.19	64.81
2500	2500.00	4841.57	16024.31	168.82	31.18
5000	5000.00	8740.00	24764.31	311.01	68.99
7500	7500.00	10740.00	35504.31	375.00	62.50
10000	10000.00	10740.00	46244.31	375.00	62.50
15000	15000.00	10740.00	56984.31	375.00	62.50
20000	20000.00	10740.00	67724.31	375.00	62.50
25000	25000.00	10740.00	78464.31	375.00	62.50
30000	30000.00	10740.00	89204.31	375.00	62.50
35000	35000.00	10740.00	99944.31	375.00	62.50
40000	40000.00	10740.00	110684.31	375.00	62.50
45000	45000.00	10740.00	121424.31	375.00	62.50
50000	50000.00	10740.00	132164.31	375.00	62.50
55000	55000.00	10740.00	142904.31	375.00	62.50
60000	60000.00	10740.00	153644.31	375.00	62.50
65000	65000.00	10740.00	164384.31	375.00	62.50
70000	70000.00	10740.00	175124.31	375.00	62.50
75000	75000.00	10740.00	185864.31	375.00	62.50
80000	80000.00	10740.00	196604.31	375.00	62.50
85000	85000.00	10740.00	207344.31	375.00	62.50
90000	90000.00	10740.00	218084.31	375.00	62.50
95000	95000.00	10740.00	228824.31	375.00	62.50
100000	100000.00	10740.00	239564.31	375.00	62.50

Porcentaje de Pasado	
75	10.00
150	59.53
300	27.71
600	82.93
1250	35.19
2500	31.18
5000	68.82
7500	62.50
10000	62.50
15000	62.50
20000	62.50
25000	62.50
30000	62.50
35000	62.50
40000	62.50
45000	62.50
50000	62.50
55000	62.50
60000	62.50
65000	62.50
70000	62.50
75000	62.50
80000	62.50
85000	62.50
90000	62.50
95000	62.50
100000	62.50

Grav: 4.02 %    Grava: 64.89 %    Arenas: 17.55 %    Fines: 13.54 %



Curva Granulométrica

**LABORATORIO**  
**QC COMBAYO**  
*Richard Pasika Juárez*  
Jefe de Laboratorio

**SUPERVISOR DE CALIDAD**  
**QC COMBAYO**  
*Ing. Wilson Chávez Chillon*  
Jefe de Proyecto  
CIP. 230363

### Análisis Granulométrico por Tamizado

ASTM D 422 - 63.99

**Proyecto:** \_\_\_\_\_

**ID Laboratorio:** \_\_\_\_\_

**Muestra:** \_\_\_\_\_

**Ubicación:** \_\_\_\_\_

**Esc. y Coordenada:** \_\_\_\_\_

**Materia:** \_\_\_\_\_

**PROYECTO DE TRAZO**

**Fecha de Inicio:** \_\_\_\_\_

**Finalizado Por:** \_\_\_\_\_

**Fecha de Fin:** \_\_\_\_\_

**Modificado Por:** \_\_\_\_\_

**Revisado Por:** \_\_\_\_\_

**Observación:** \_\_\_\_\_

**ID Job ID:** \_\_\_\_\_

**Richard Tasilia Juárez**

**22 Jun 20**

**10:45 AM**

**Reportar**

Torno de Secado: 110°C / 60°C / Ambiente

Tamiz	Dim. Part. (mm)	Peso Part. Retenido (gr)	% Retenido	% Acumulada	% Líq. (Liq. (gr))
1"	25.400 mm	877.00	100.00	0.00	100.00
3"	76.200 mm	262.00	30.90	69.10	69.10
4.75"	119.400 mm	208.00	23.72	75.78	75.78
7.5"	190.500 mm	134.00	15.28	91.06	91.06
9.5"	241.300 mm	115.00	13.11	97.94	97.94
12.5"	317.500 mm	97.00	11.06	98.94	98.94
15.0"	381.000 mm	87.00	9.93	99.93	99.93
19.0"	482.700 mm	78.00	8.89	99.93	99.93
25.0"	635.000 mm	73.00	8.33	99.93	99.93
30.0"	762.000 mm	68.00	7.76	99.93	99.93
37.5"	952.500 mm	63.00	7.19	99.93	99.93
45.0"	1143.000 mm	58.00	6.62	99.93	99.93
52.5"	1333.500 mm	53.00	6.05	99.93	99.93
60.0"	1524.000 mm	48.00	5.48	99.93	99.93
75.0"	1905.000 mm	43.00	4.91	99.93	99.93
90.0"	2286.000 mm	38.00	4.34	99.93	99.93
105.0"	2667.000 mm	33.00	3.77	99.93	99.93
120.0"	3048.000 mm	28.00	3.20	99.93	99.93
135.0"	3429.000 mm	23.00	2.63	99.93	99.93
150.0"	3810.000 mm	18.00	2.06	99.93	99.93
175.0"	4425.000 mm	13.00	1.49	99.93	99.93
200.0"	5040.000 mm	8.00	0.92	99.93	99.93
225.0"	5655.000 mm	3.00	0.35	99.93	99.93
250.0"	6270.000 mm	0.00	0.00	99.93	99.93

1" - 3"	10.000 gr
3" - 4.75"	8.000 gr
<b>Peso Total Arena</b>	<b>26.000 gr</b>
<b>Peso Material Retenido Gravel</b>	<b>28.000 gr</b>
<b>Peso Total Gravel</b>	<b>44.000 gr</b>

Gravel: 44.00% Arena: 26.00% Líq: 30.00%

GRÁFICA GRANULOMÉTRICA

**JEFE DE LABORATORIO**

*Richard Tasilia Juárez*

**Richard Tasilia Juárez**

Jefe de laboratorio

**SUPERVISOR DE CALIDAD**

**QC COMBAYO**

*Wilson Chávez Chilón*

**Ing. Wilson Chávez Chilón**

Jefe de proyecto

CIP: 230383

Aguilar Asca J., Robles Maquera R.

Pág. 78



### Análisis Granulométrico por Tamizado

ASTM D 422 - 63.98

**Proyecto:** PROYECTO DE TRAM

**ID Laboratorio:** M 13

**Muestra:** Alto Perú

**U. Educación:** UPRON

**Nombre del Colectado:** T-001

**Muestra:** T-001

**Fecha de Envío:** 28 Jun 20

**Envío por:** Richard Tassila Juárez

**Fecha de Retorno:** 28 Jun 20

**Muestreado por:** R.T.J.

**Recibido por:** Supervisor

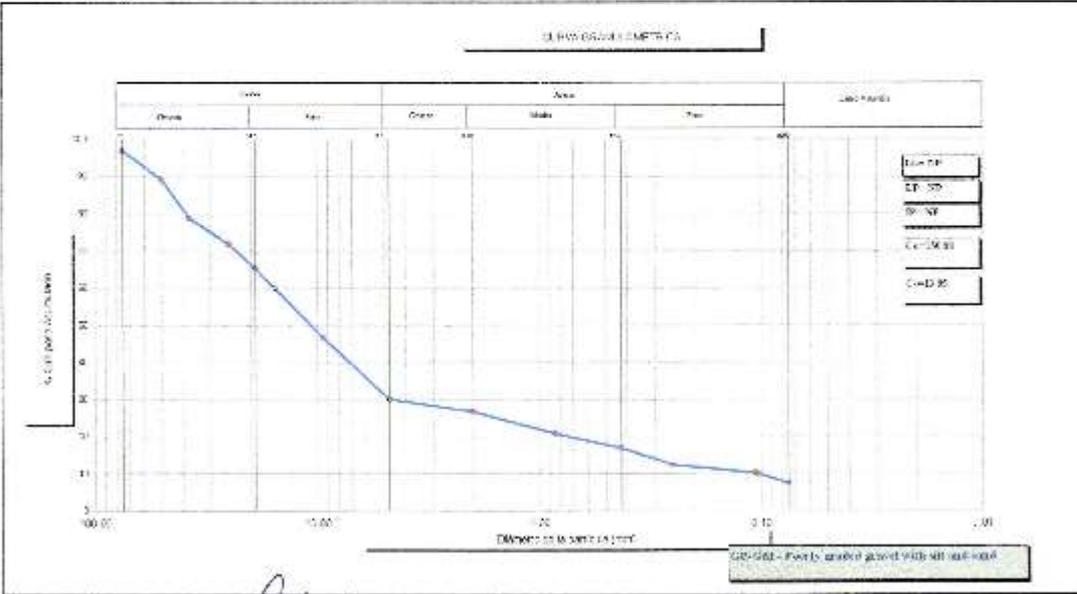
**Profundidad:**

**Temp. de Secado:** 110°C / 50°C / Ambiente

Tamiz	Material Pasado (g)	Material Retenido (g)	% Retenido	% Pasado
4"	10000	0	0.00	100.00
3"	7500	2500	2.50	97.50
2"	4500	5500	10.00	90.00
1 1/2"	2500	7500	25.00	75.00
1"	1500	8500	50.00	50.00
3/4"	1000	9000	75.00	25.00
20 #	700	9300	93.00	7.00
40 #	400	9600	96.00	4.00
60 #	250	9750	97.50	2.50
80 #	150	9850	98.50	1.50
100 #	100	9900	99.00	1.00
150 #	50	9950	99.50	0.50
200 #	20	9980	99.80	0.20
250 #	10	9990	99.90	0.10
300 #	5	9995	99.95	0.05
400 #	2	9998	99.98	0.02
500 #	1	9999	99.99	0.01

Grava > 4.75 mm	10000 g
Grava > 7.5 mm	7500 g
Grava > 12.5 mm	4500 g
Grava > 19 mm	2500 g
Grava > 25 mm	1500 g
Grava > 37.5 mm	1000 g
Grava > 50 mm	700 g
Grava > 75 mm	400 g
Grava > 100 mm	250 g
Grava > 150 mm	150 g
Grava > 200 mm	100 g
Grava > 250 mm	50 g
Grava > 300 mm	20 g
Grava > 375 mm	10 g
Grava > 475 mm	5 g
Grava > 600 mm	2 g
Grava > 750 mm	1 g

Grava: 24.15%    Arena: 68.97%    Arcilla: 2.88%    Fines: 5.44%



CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA

JEFE DEL LABORATORIO

**GC COMBAYO**

*Richard Tassila Juárez*

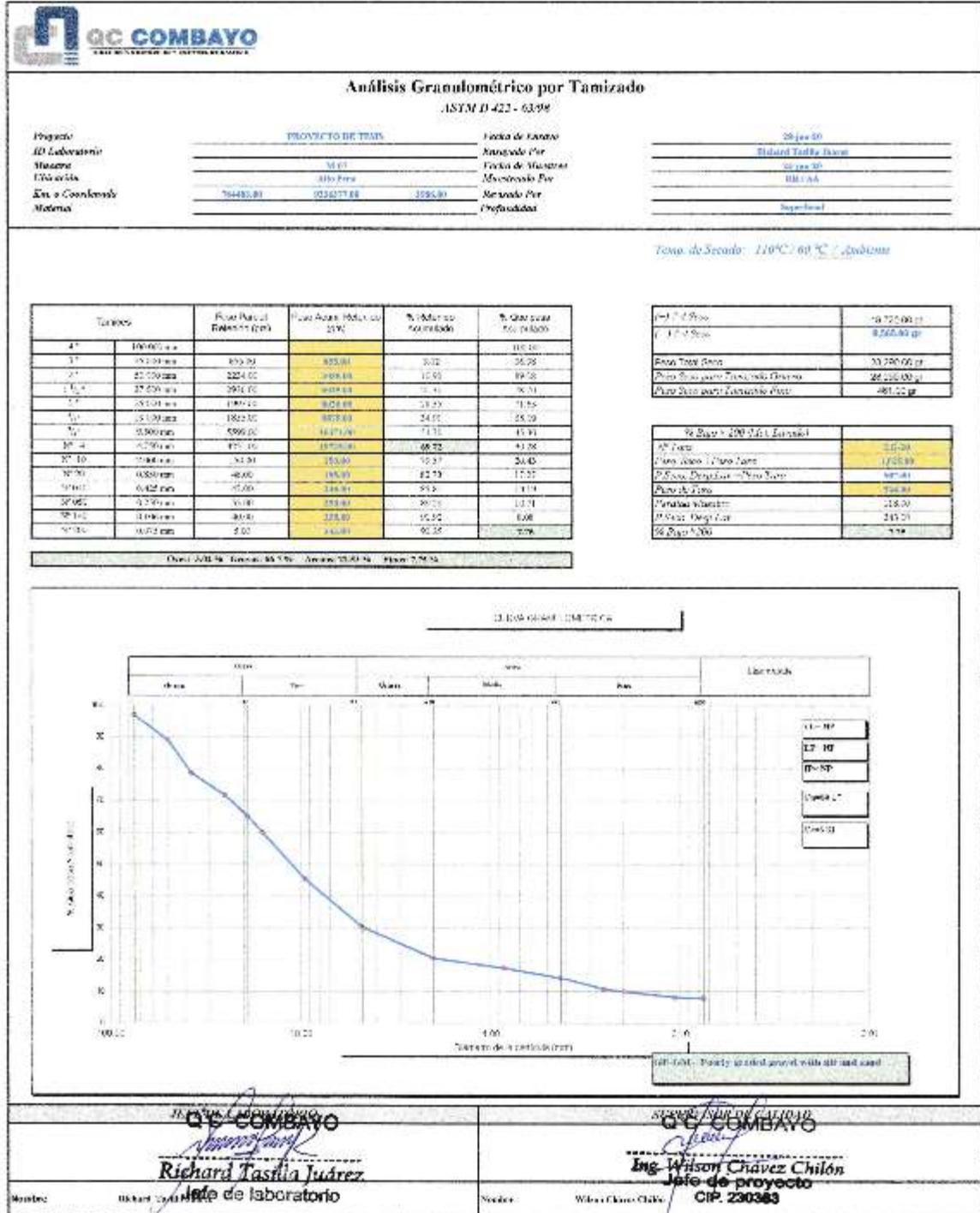
**Richard Tassila Juárez**  
Jefe de Laboratorio

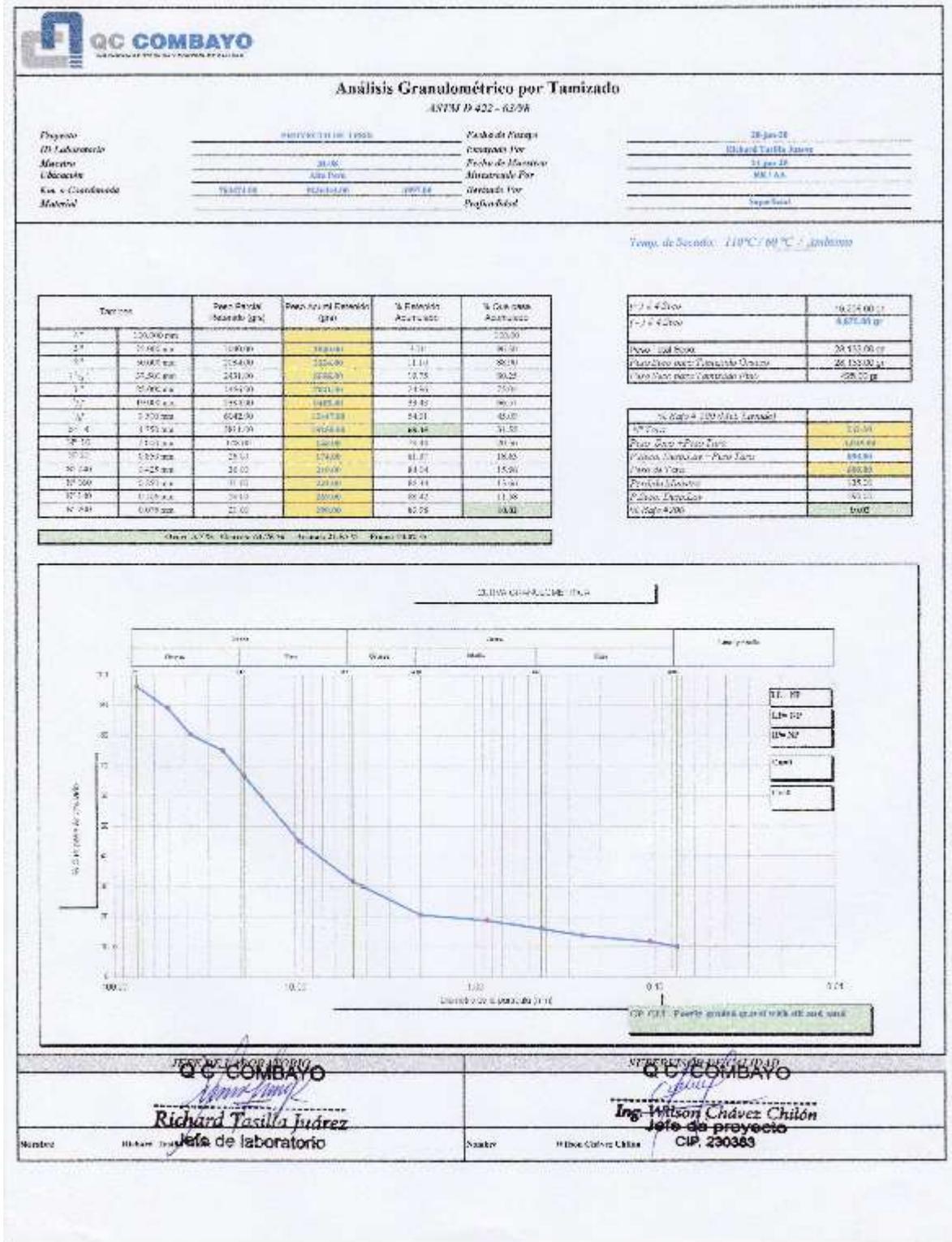
SUPERVISOR DE CAMPO

**GC COMBAYO**

*Wilson Chávez Chilón*

**Ing. Wilson Chávez Chilón**  
Jefe de Proyecto  
CIP. 230363







### Análisis Granulométrico por Tamizado

ASTM D 422 - 63/98

**Proyecto:** PROYECTO DE TESIS

**ID Laboratorio:** 8110

**Muestra:** Alta Dena

**Alt. o Coordenada:** 76490.00    82285000    4833.00

**Material:**

**Fecha de Análisis:** 20-Jan-20

**Realizado Por:** Richard Tasilla Juárez

**Revisado Por:** 20-Jan-20

**Revisado Por:** WILSON CHAVEZ

**Revisado Por:** Reporte final

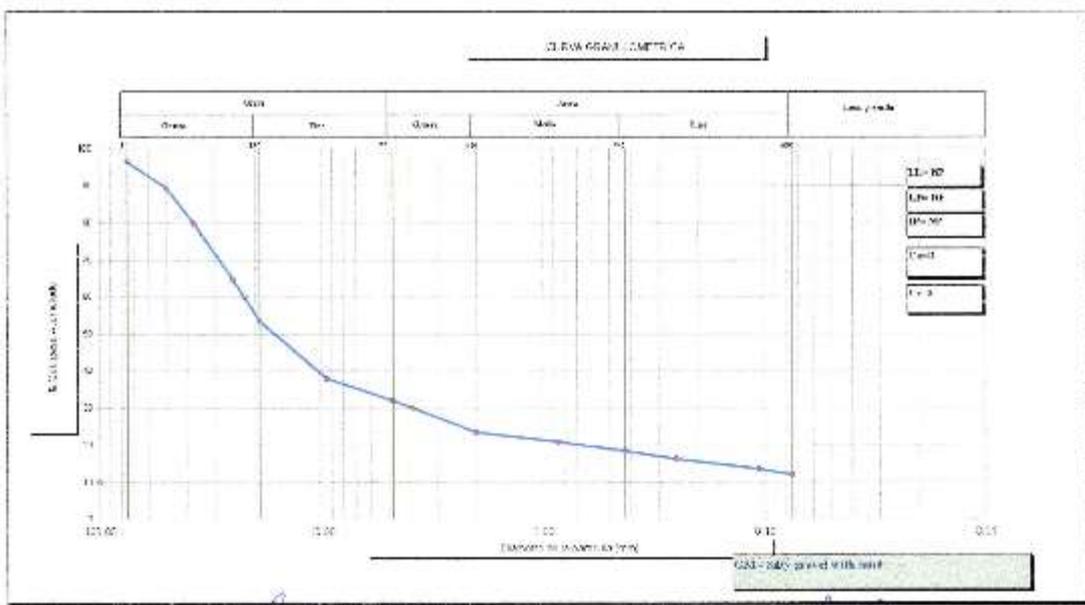
**Temp. de Secado:** 110°C / 50°C / Ambiente

TAMIZ	DESCRIPCIÓN	SECA AL 105°C (g)	SECA AL 110°C (g)	% PASA AL 75 µm	% PASA AL 425 µm
75 µm	10.00 g	10.00	10.00	7.69	76.21
150 µm	80.00 g	77.50	77.50	76.21	88.25
300 µm	8.00 g	7.99	7.99	81.51	92.01
600 µm	2.00 g	2.00	2.00	84.42	95.08
75 µm	10.00 g	20.81	20.81	45.01	85.21
150 µm	8.00 g	22.77	22.77	42.72	81.96
300 µm	2.00 g	21.95	21.95	45.00	81.01
600 µm	2.00 g	11.00	11.00	35.21	75.21
75 µm	0.02 g	22.00	22.00	72.15	80.07
150 µm	0.02 g	24.00	24.00	81.56	85.76
300 µm	0.02 g	24.00	24.00	84.74	89.75
600 µm	0.02 g	24.00	24.00	85.42	93.31
75 µm	0.02 g	19.00	19.00	87.55	95.87

Datos de %: Límite superior 4.7%    Límite inferior 15.0%    Pasa 11.0%

0.075 mm	15.410 g
0.150 mm	3.000 g
<b>Neto Total Secado:</b>	<b>28.710 g</b>
Grav. Agua (según Normativa Gravel)	20.127 g
Grav. Agua (según Normativa Gravel)	4.170 g

Grav. Agua (según Normativa Gravel)	
Grav. Agua	7.61 g
Grav. Agua (según Normativa Gravel)	1.870 g
Grav. Agua (según Normativa Gravel)	300.00
Grav. Agua (según Normativa Gravel)	300.00
Perdida de Agua	1.51 g
Grav. Agua (según Normativa Gravel)	298.49
Grav. Agua (según Normativa Gravel)	12.05



CURVA GRANULOMÉTRICA

Grav. Agua (según Normativa Gravel)

**QC COMBAYO**

*Richard Tasilla Juárez*

**Richard Tasilla Juárez**  
Jefe de laboratorio

Nombre: Richard Tasilla Juárez

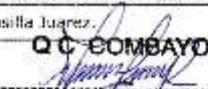
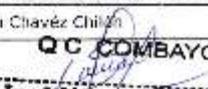
**QC COMBAYO**

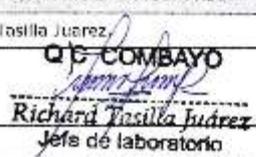
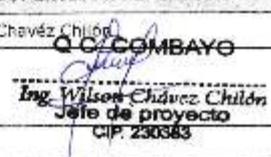
*Wilson Chávez Chión*

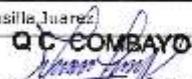
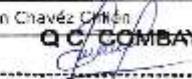
**Ing. Wilson Chávez Chión**  
Jefe de proyecto

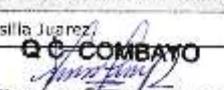
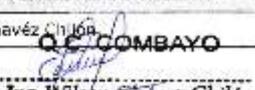
Nombre: Wilson Chávez Chión    CIP: 230363

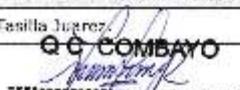
Anexo 4. Reporte de laboratorio respecto a los resultados de abrasión de las 10 muestras analizadas.

		Control de Calidad		QCC.001					
		<b>ABRACION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2") MTC E 207</b>		Versión	Página				
				0	1 de 1				
<b>PROYECTO</b>	: PROYECTO TESIS								
<b>CLIENTE</b>			<b>REGISTRO N°</b>	: M - 1					
<b>Ubicación</b>	: ALTO PERU		<b>Realizado por</b>	: RICHARD TASILLA J.					
<b>Mat. Muestreo</b>	: IN SITU		<b>Color</b>	:					
<b>Fecha de Muestreo</b>	: 24/06/2020		<b>Fecha de Ensayo</b>	: 29/06/2020					
<b>ESTE</b>	: 764209	<b>NORTE</b>	9235145	<b>COTA</b>	: 4005				
<b>PRUEBA</b>	1								
Gradación usada	A								
No de esferas	12								
No de revoluciones	500								
Peso muestra seca antes de ensayo (g)	5000								
Peso muestra después de ensayo (g)	3589.0								
Pérdida (g)	1411.0								
% de desgaste	28.2								
Especificación % menor de									
DATOS SOBRE GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES									
TAMAÑO DEL TAMIZ			PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA (g)						
3"	2 1/2 "		A	B-(A)	C	D	E	F	G
2 1/2 "	2"								
2"	1 1/2 "								
1 1/2 "	1"		1256						
1"	3/4"		1249						
3/4"	1/2"		1245						
1/2"	3/8"		1250						
3/8"	1/4"								
1/4"	No 4								
No 4	No 8								
No de esferas			12						
No de revoluciones			500						
Observaciones:									
<b>JEFE DE LABORATORIO</b>					<b>SUPERVISOR DE CALIDAD</b>				
Nombre: Richard Tasilla Juárez					Nombre: Wilson Chávez Chilón				
 <b>QC COMBAYO</b>					 <b>QC COMBAYO</b>				
Firma: <b>Richard Tasilla Juárez</b> Jefe de laboratorio					Firma: <b>Ing. Wilson Chávez Chilón</b> Jefe de proyecto CIP: 230343				

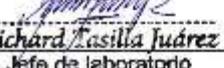
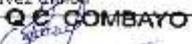
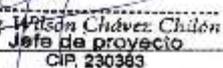
		Control de Calidad		QCC.001					
		<b>ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2") MTC E 207</b>		Versión	Página				
				0	1 de 1				
<b>PROYECTO</b>	: PROYECTO TESIS								
<b>CLIENTE</b>			<b>REGISTRO N°</b>	: M - 2					
<b>Ubicación</b>	: ALTO PERU		<b>Realizado por</b>	: RICHARD TASILLA J.					
<b>Mat. Muestreo</b>	: IN SITU		<b>Color</b>	: Marrón Claro					
<b>Fecha de Muestreo:</b>	24/06/2020		<b>Fecha de Ensayo</b>	: 29/06/2020					
<b>ESTE</b>	: 764182	<b>NORTE</b>	: 9236186	<b>COTA</b>	: 4013				
<b>PRUEBA</b>									
		<b>1</b>							
Gradación usada			<b>A</b>						
No de esferas			12						
No de revoluciones			500						
Peso muestra seca antes de ensayo (g)			5060						
Peso muestra después de ensayo (g)			3569,0						
Pérdida (g)			1491,0						
% de desgaste			<b>29.5</b>						
Especificación % menor de									
<b>DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES</b>									
<b>TAMAÑO DEL TAMIZ</b>			<b>PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA (g)</b>						
			<b>A</b>	<b>B -(A)</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
3"		2 1/2 "							
2 1/2 "		2"							
2"		1 1/2 "							
1 1/2 "		1"	1265						
1"		3/4"	1265						
3/4"		1/2"	1270						
1/2"		3/8"	1260						
3/8"		1/4"							
1/4"		No 4							
No 4		No 8							
<b>No de esferas</b>			12						
<b>No de revoluciones</b>			500						
Observaciones:									
<b>JEFE DE LABORATORIO</b>					<b>SUPERVISOR DE CALIDAD</b>				
Nombre: Richard Tasilla Juárez					Nombre: Wilson Chávez Chión				
 <b>QC COMBAYO</b> Richard Tasilla Juárez Jefe de laboratorio					 <b>QC COMBAYO</b> Ing. Wilson Chávez Chión Jefe de proyecto CIP. 230363				

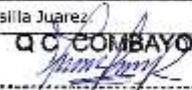
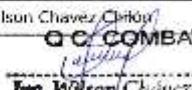
		Control de Calidad		QCC.001					
		<b>ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2") MTC E 207</b>		Versión	Página				
				0	1 de 1				
<b>PROYECTO</b>	: PROYECTO TESIS								
<b>CLIENTE</b>			<b>REGISTRO N°</b>	: M - 3					
<b>Ubicación</b>	: ALTO PERU		<b>Realizado por</b>	: RICHARD TASILLA J.					
<b>Mat. Muestreo</b>	: IN SITU		<b>Color</b>	: Beige					
<b>Fecha de Muestreo</b>	: 24/06/2020		<b>Fecha de Ensayo</b>	: 30/06/2020					
<b>ESTE</b>	: /64155	<b>NORTE</b>	9236221	<b>COTA</b>	: 4015				
<b>PRUEBA</b>									
		<b>1</b>							
Gradación usada	<b>A</b>								
No de esferas	12								
No de revoluciones	500								
Peso muestra seca antes de ensayo (g)	5050								
Peso muestra después de ensayo (g)	4021.0								
Pérdida (g)	1029.0								
% de desgaste	<b>20.4</b>								
Especificación % menor de									
<b>DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES</b>									
TAMAÑO DEL TAMIZ			PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA (g)						
			A	B-(A)	C	D	E	F	G
3"		2 1/2 "							
2 1/2 "		2"							
2"		1 1/2 "							
1 1/2 "		1"	1255						
1"		3/4"	1270						
3/4"		1/2"	1260						
1/2"		3/8"	1265						
3/8"		1/4"							
1/4"		No 4							
No 4		No 8							
<b>No de esferas</b>			12						
<b>No de revoluciones</b>			500						
Observaciones:									
<b>JEFE DE LABORATORIO</b>					<b>SUPERVISOR DE CALIDAD</b>				
Nombre: Richard Tasilla Juárez					Nombre: Wilson Chávez Chilón				
 <b>QC COMBAYO</b>					 <b>QC COMBAYO</b>				
Firma: <i>Richard Tasilla Juárez</i>					Firma: <i>Ing. Wilson Chávez Chilón</i>				
Richard Tasilla Juárez Jefe de laboratorio					Ing. Wilson Chávez Chilón Jefe de proyecto CIP 230383				

		Control de Calidad		QCC.001					
		<b>ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2") MTC E 207</b>		Versión	Página				
				0	1 de 1				
<b>PROYECTO</b>	: PROYECTO TESIS								
<b>CLIENTE</b>			<b>REGISTRO N°</b>	: M - 4					
<b>Ubicación</b>	: ALTO PERU		<b>Realizado por</b>	: RICHARD TASILLA J.					
<b>Mat. Muestreo</b>	: IN SITU		<b>Color</b>	: Beige					
<b>Fecha de Muestreo</b>	: 24/06/2020		<b>Fecha de Ensayo</b>	: 30/06/2020					
<b>ESTE</b>	: 764132	<b>NORTE</b>	: 9236266	<b>COTA</b>	: 4011				
<b>PRUEBA</b>									
Gradación usada			<b>1</b>						
No de esferas			<b>A</b>						
No de revoluciones			12						
Peso muestra seca antes de ensayo (g)			500						
Peso muestra después de ensayo (g)			5040						
Pérdida (g)			1641.0						
% de desgaste			1399.0						
Especificación % menor de			<b>27.8</b>						
<b>DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES</b>									
<b>TAMAÑO DEL TAMIZ</b>			<b>PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA (g)</b>						
			<b>A</b>	<b>B -(A)</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
3"		2 1/2 "							
2 1/2 "		2"							
2"		1 1/2 "							
1 1/2 "		1"	1260						
1"		3/4"	1260						
3/4"		1/2"	1260						
1/2"		3/8"	1260						
3/8"		1/4"							
1/4"		No 4							
No 4		No 8							
<b>No de esferas</b>			12						
<b>No de revoluciones</b>			500						
Observaciones:									
<b>JEFE DE LABORATORIO</b>					<b>SUPERVISOR DE CALIDAD</b>				
Nombre: Richard Tasilla Juárez					Nombre: Wilson Chávez Chilón				
 <b>QC COMBAYO</b> Richard Tasilla Juárez Jefe de laboratorio					 <b>QC COMBAYO</b> Ing. Wilson Chávez Chilón Jefe de proyecto CIP: 230383				

		Control de Calidad		QCC.001					
		<b>ABRASIÓN LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2") MTC E 207</b>		Versión	Página				
				0	1 de 1				
<b>PROYECTO</b>	: PROYECTO TESIS								
<b>CLIENTE</b>			<b>REGISTRO N°</b>	: M - 5					
<b>Ubicación</b>	: ALTO PERU		<b>Realizado por</b>	: RICHARD TASILLA J.					
<b>Mat. Muestreo</b>	: IN SITU		<b>Color</b>	: Beige					
<b>Fecha de Muestreo:</b>	24/06/2020		<b>Fecha de Ensayo</b>	: 30/06/2020					
<b>ESTE</b>	: 764064	<b>NORTE</b>	: 9236344	<b>COTA</b>	: 3995				
<b>PRUEBA</b>									
		<b>1</b>							
Gradación usada			<b>A</b>						
No de esferas			12						
No de revoluciones			500						
Peso muestra seca antes de ensayo (g)			5047						
Peso muestra después de ensayo (g)			3510,0						
Pérdida (g)			1537,0						
% de desgaste			<b>30,5</b>						
Especificación % menor de									
<b>DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES</b>									
<b>TAMAÑO DEL TAMIZ</b>			<b>PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA (g)</b>						
			<b>A</b>	<b>B -(A)</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
3"		2 1/2 "							
2 1/2 "		2"							
2"		1 1/2 "							
1 1/2 "		1"	1270						
1"		3/4"	1267						
3/4"		1/2"	1250						
1/2"		3/8"	1260						
3/8"		1/4"							
1/4"		No 4							
No 4		No 8							
<b>No de esferas</b>			12						
<b>No de revoluciones</b>			500						
Observaciones:									
<b>JEFE DE LABORATORIO</b>					<b>SUPERVISOR DE CALIDAD</b>				
Nombre: Richard Tasilla Juárez					Nombre: Wilson Chávez Chilón				
 <b>QC COMBAYO</b> Firma: <b>Richard Tasilla Juárez</b> Jefe de laboratorio					 <b>QC COMBAYO</b> Firma: <b>Ing. Wilson Chávez Chilón</b> Jefe de proyecto CIP. 230383				

		Control de Calidad		QCC.001					
		<b>ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2") MTC E 207</b>		Versión	Página				
				0	1 de 1				
<b>PROYECTO</b>	: PROYECTO TESIS								
<b>CLIENTE</b>			<b>REGISTRO N°</b>	: M - 6					
<b>Ubicación</b>	: ALTO PERU		<b>Realizado por</b>	: RICHARD TASILLA J.					
<b>Mat. Muestreo</b>	: IN SITU		<b>Color</b>	: Beige					
<b>Fecha de Muestreo:</b>	24/06/2020		<b>Fecha de Ensayo</b>	: 31/06/2020					
<b>ESTE</b>	: 764008	<b>NORTE</b>	: 9236434	<b>COTA</b>	: 3981				
<b>PRUEBA</b>	1								
Gradación usada	A								
No de esteras	12								
No de revoluciones	500								
Peso muestra seca antes de ensayo (g)	5060								
Peso muestra después de ensayo (g)	3502.0								
Pérdida (g)	1558.0								
% de desgaste	30.8								
Especificación % menor de									
DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES									
TAMAÑO DEL TAMIZ			PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA (g)						
3"	2 1/2"		A	B -(A)	C	D	E	F	G
2 1/2"	2"								
2"	1 1/2"								
1 1/2"	1"		1270						
1"	3/4"		1267						
3/4"	1/2"		1250						
1/2"	3/8"		1273						
3/8"	1/4"								
1/4"	No 4								
No 4	No 8								
<b>No de esferas</b>			12						
<b>No de revoluciones</b>			500						
Observaciones:									
<b>JEFE DE LABORATORIO</b>					<b>SUPERVISOR DE CALIDAD</b>				
Nombre: Richard Tasilla Juárez					Nombre: Wilson Chávez Chión				
Firma: 					Firma: 				
Richard Tasilla Juárez Jefe de laboratorio					Ing. Wilson Chávez Chión Jefe de proyecto CIR 230383				

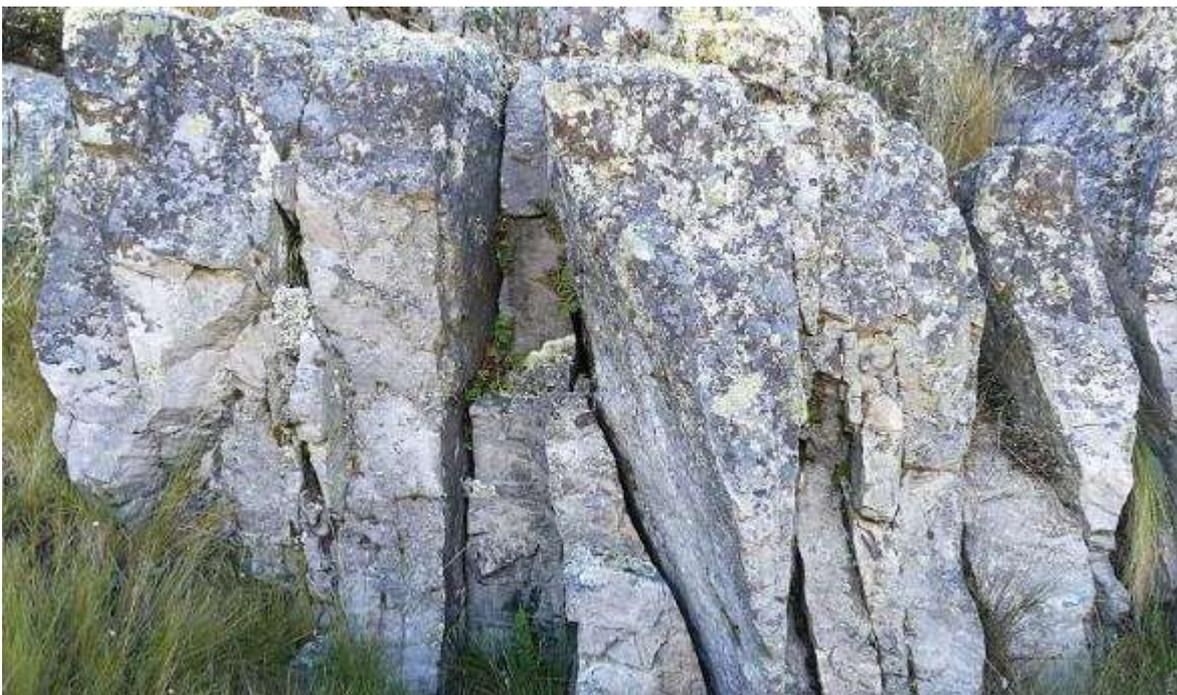
		Control de Calidad		Q.C.001					
		<b>ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2") MTC E 207</b>		Versión	Página				
				0	1 de 1				
<b>PROYECTO</b>	: PROYECTO TESIS								
<b>CLIENTE</b>			<b>REGISTRO N°</b>	: M - 7					
<b>Ubicación</b>	: ALTO PERU		<b>Realizado por</b>	: RICHARD TASILLA J.					
<b>Mat. Muestreo</b>	: IN SITU		<b>Color</b>	: Marmón Claro					
<b>Fecha de Muestreo</b>	: 24/06/2020		<b>Fecha de Ensayo</b>	: 31/06/2020					
<b>ESTE</b>	: 764483	<b>NORTE</b>	: 9236377	<b>COTA</b>	: 3986				
<b>PRUEBA</b>									
		<b>1</b>							
Gradación usada			<b>A</b>						
No de esferas			12						
No de revoluciones			500						
Peso muestra seca antes de ensayo (g)			5060						
Peso muestra después de ensayo (g)			3477.0						
Pérdida (g)			1633.0						
% de desgaste			<b>32.3</b>						
Especificación % menor de									
<b>DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES</b>									
<b>TAMAÑO DEL TAMIZ</b>			<b>PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA (g)</b>						
			<b>A</b>	<b>B -(A)</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
<b>3"</b>		<b>2 1/2 "</b>							
<b>2 1/2 "</b>		<b>2"</b>							
<b>2"</b>		<b>1 1/2 "</b>							
<b>1 1/2 "</b>		<b>1"</b>	<b>1270</b>						
<b>1"</b>		<b>3/4"</b>	<b>1265</b>						
<b>3/4"</b>		<b>1/2"</b>	<b>1265</b>						
<b>1/2"</b>		<b>3/8"</b>	<b>1260</b>						
<b>3/8"</b>		<b>1/4"</b>							
<b>1/4"</b>		<b>No 4</b>							
<b>No 4</b>		<b>No 8</b>							
<b>No de esferas</b>			<b>12</b>						
<b>No de revoluciones</b>			<b>500</b>						
Observaciones:									
<b>JEFE DE LABORATORIO</b>					<b>SUPERVISOR DE CALIDAD</b>				
Nombre: Richard Tasilla Juárez.					Nombre: Wilson Chávez Chilon				
 Firma:  <b>Richard Tasilla Juárez</b> Jefe de laboratorio					 Firma:  <b>Ing. Wilson Chávez Chilon</b> Jefe de proyecto CIP. 230363				

		Control de Calidad		QCC.001					
		<b>ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2") MTC E 207</b>		Versión	Página				
				0	1 de 1				
<b>PROYECTO</b>	: PROYECTO TESIS								
<b>CLIENTE</b>			<b>REGISTRO N°</b>	: M - 8					
<b>Ubicación</b>	: ALTO PERU		<b>Realizado por</b>	: RICHARD TASILLA J.					
<b>Mat. Muestreo</b>	: IN SITU		<b>Color</b>	:					
<b>Fecha de Muestreo</b>	: 24/06/2020		<b>Fecha de Ensayo</b>	: 31/06/2020					
<b>ESTE</b>	: 764474	<b>NORTE</b>	: 9236114	<b>COTA</b>	: 3997				
<b>PRUEBA</b>									
		<b>1</b>							
Gradación usada			<b>A</b>						
No de esferas			12						
No de revoluciones			500						
Peso muestra seca antes de ensayo (g)			5000						
Peso muestra después de ensayo (g)			3577.0						
Pérdida (g)			1423.0						
% de desgaste			<b>28.5</b>						
Especificación % menor de									
<b>DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES</b>									
<b>TAMAÑO DEL TAMIZ</b>			<b>PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA (g)</b>						
3"	2 1/2 "		<b>A</b>	<b>B -(A)</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
2 1/2 "	2"								
2"	1 1/2 "								
1 1/2 "	1"		1255						
1"	3/4"		1251						
3/4"	1/2"		1245						
1/2"	3/8"		1249						
3/8"	1/4"								
1/4"	No 4								
No 4	No 8								
No de esferas			12						
No de revoluciones			500						
Observaciones:									
<b>JEFE DE LABORATORIO</b>					<b>SUPERVISOR DE CALIDAD</b>				
Nombre: Richard Tasilla Juárez					Nombre: Wilson Chavez Chilon				
 <b>QCC COMBAYO</b>					 <b>QCC COMBAYO</b>				
Firma: <i>Richard Tasilla Juárez</i> Jefe de laboratorio					Firma: <i>Ing. Wilson Chávez Chilon</i> Jefe de proyecto CIF: 230363				

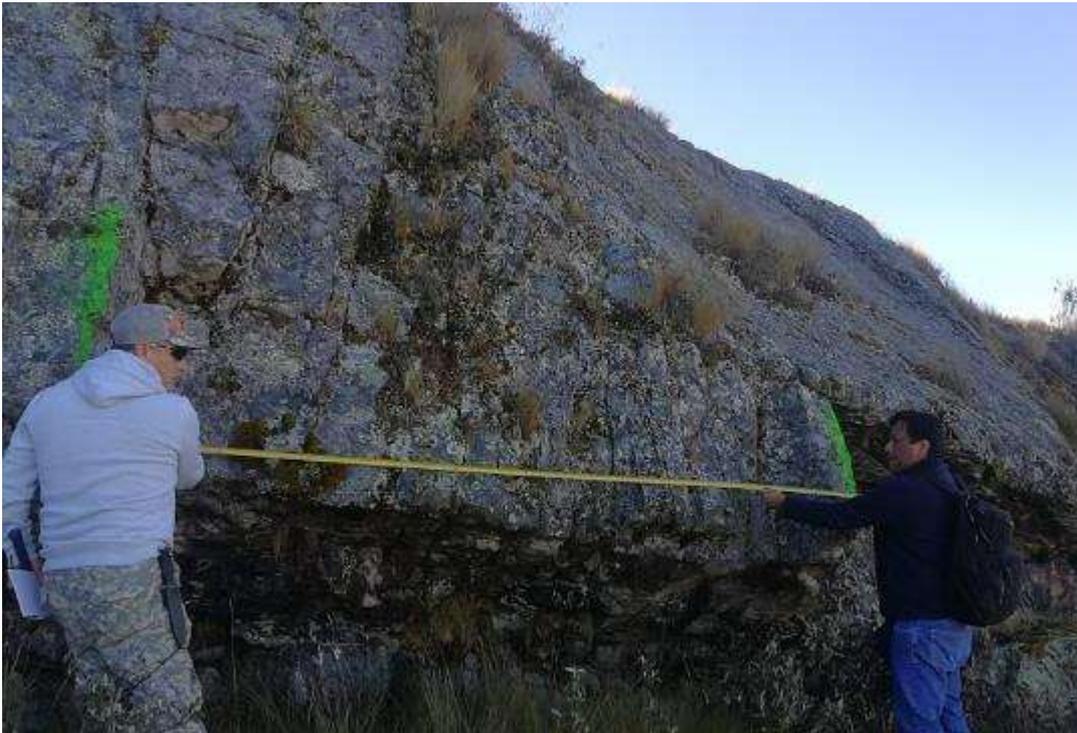
		Control de Calidad		QCC.001					
		<b>ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2") MTC E 207</b>		Versión	Página				
				0	1 de 1				
<b>PROYECTO</b>	: PROYECTO TESIS								
<b>CLIENTE</b>			<b>REGISTRO N°</b>	: M - 9					
<b>Ubicación</b>	: ALTO PERU		<b>Realizado por</b>	: RICHARD TASILLA J.					
<b>Mat. Muestreo</b>	: IN SITU		<b>Color</b>	: Beige					
<b>Fecha de Muestreo</b>	: 24/06/2020		<b>Fecha de Ensayo</b>	: 31/06/2020					
<b>ESTE</b>	: 764417	<b>NORTE</b>	: 9236454	<b>COTA</b>	: 4016				
<b>PRUEBA</b>									
		<b>1</b>							
Gradación usada	A								
No de esferas	12								
No de revoluciones	500								
Peso muestra seca antes de ensayo (g)	5050								
Peso muestra después de ensayo (g)	3625.0								
Pérdida (g)	1425.0								
% de desgaste	28.2								
Especificación % menor de									
<b>DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES</b>									
TAMAÑO DEL TAMIZ			PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA (g)						
			A	B -(A)	C	D	E	F	G
3"	2 1/2 "								
2 1/2 "	2"								
2"	1 1/2 "								
1 1/2 "	1"		1255						
1"	3/4"		1270						
3/4"	1/2"		1260						
1/2"	3/8"		1265						
3/8"	1/4"								
1/4"	No 4								
No 4	No 8								
No de esferas			12						
No de revoluciones			500						
Observaciones:									
<b>JEFE DE LABORATORIO</b>					<b>SUPERVISOR DE CALIDAD</b>				
Nombre: Richard Tasilla Juarez					Nombre: Wilson Chávez Chilón				
 Firma:  <b>Richard Tasilla Juárez</b> Jefe de laboratorio					 Firma:  <b>Ing. Wilson Chávez Chilón</b> Jefe de proyecto CIP. 230383				

		Control de Calidad		QCC.001					
		<b>ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2") MTC E 207</b>		Versión	Página				
				0	1 de 1				
<b>PROYECTO</b>	: PROYECTO TESIS								
<b>CLIENTE</b>			<b>REGISTRO N°</b>	: M - 10					
<b>Ubicación</b>	: ALTO PERU		<b>Realizado por</b>	: RICHARD TASILLA J.					
<b>Mat. Muestreo</b>	: IN SITU		<b>Color</b>	: Beige					
<b>Fecha de Muestreo:</b>	24/06/2020		<b>Fecha de Ensayo</b>	: 31/06/2020					
<b>ESTE</b>	: 764393	<b>NORTE</b>	9236536	<b>COTA</b>	: 4033				
<b>PRUEBA</b>									
Gradación usada			<b>1</b>						
No de esferas			<b>A</b>						
No de revoluciones			12						
Peso muestra seca antes de ensayo (g)			500						
Peso muestra después de ensayo (g)			5047						
Pérdida (g)			3054.0						
% de desgaste			1393.0						
Especificación % menor de			<b>27.6</b>						
<b>DATOS SOBRE GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES</b>									
<b>TAMAÑO DEL TAMIZ</b>			<b>PESOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA (g)</b>						
3"		2 1/2 "	<b>A</b>	<b>B -(A)</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
2 1/2 "		2"							
2"		1 1/2 "							
1 1/2 "		1"	1267						
1"		3/4"	1270						
3/4"		1/2"	1260						
1/2"		3/8"	1250						
3/8"		1/4"							
1/4"		No 4							
No 4		No 8							
<b>No de esferas</b>			<b>12</b>						
<b>No de revoluciones</b>			<b>500</b>						
Observaciones:									
<b>JEFE DE LABORATORIO</b>					<b>SUPERVISOR DE CALIDAD</b>				
Nombre: Richard Tasilla Juárez.					Nombre: Wilson Chérrez Chilón				
 <b>QC COMBAYO</b> Richard Tasilla Juárez Jefe de laboratorio					 <b>QC COMBAYO</b> Ing. Wilson Chérrez Chilón Jefe de proyecto CIP-280363				

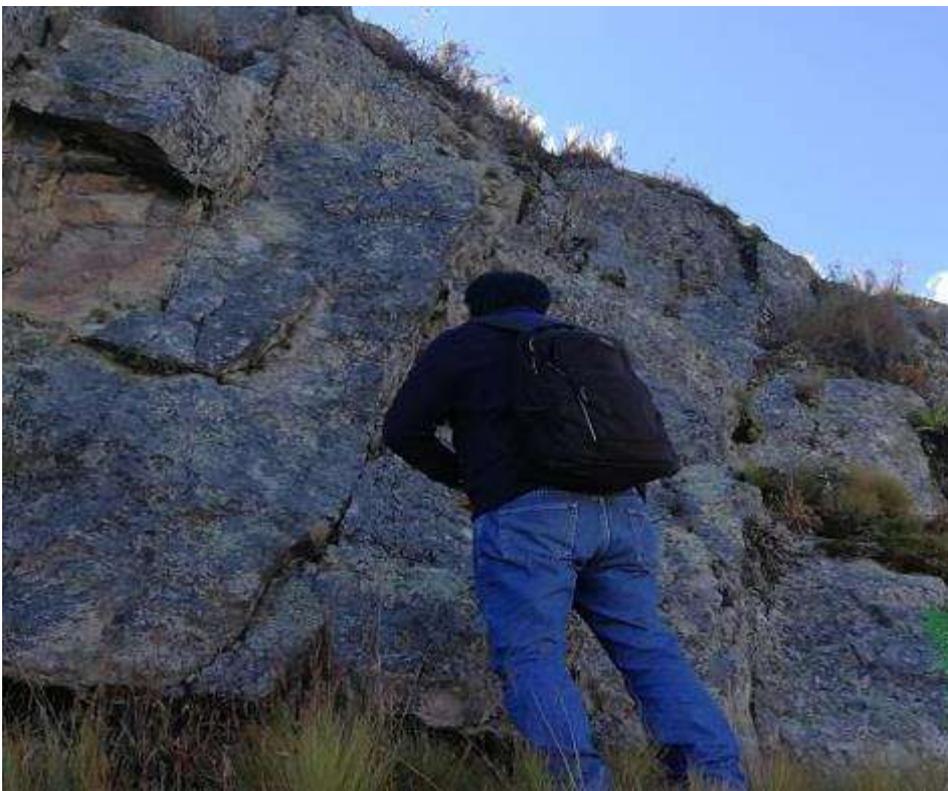
### Anexo 5. Masa rocosa de la zona de estudio



**Anexo 6.** Determinación de la cantidad de discontinuidades por metro lineal



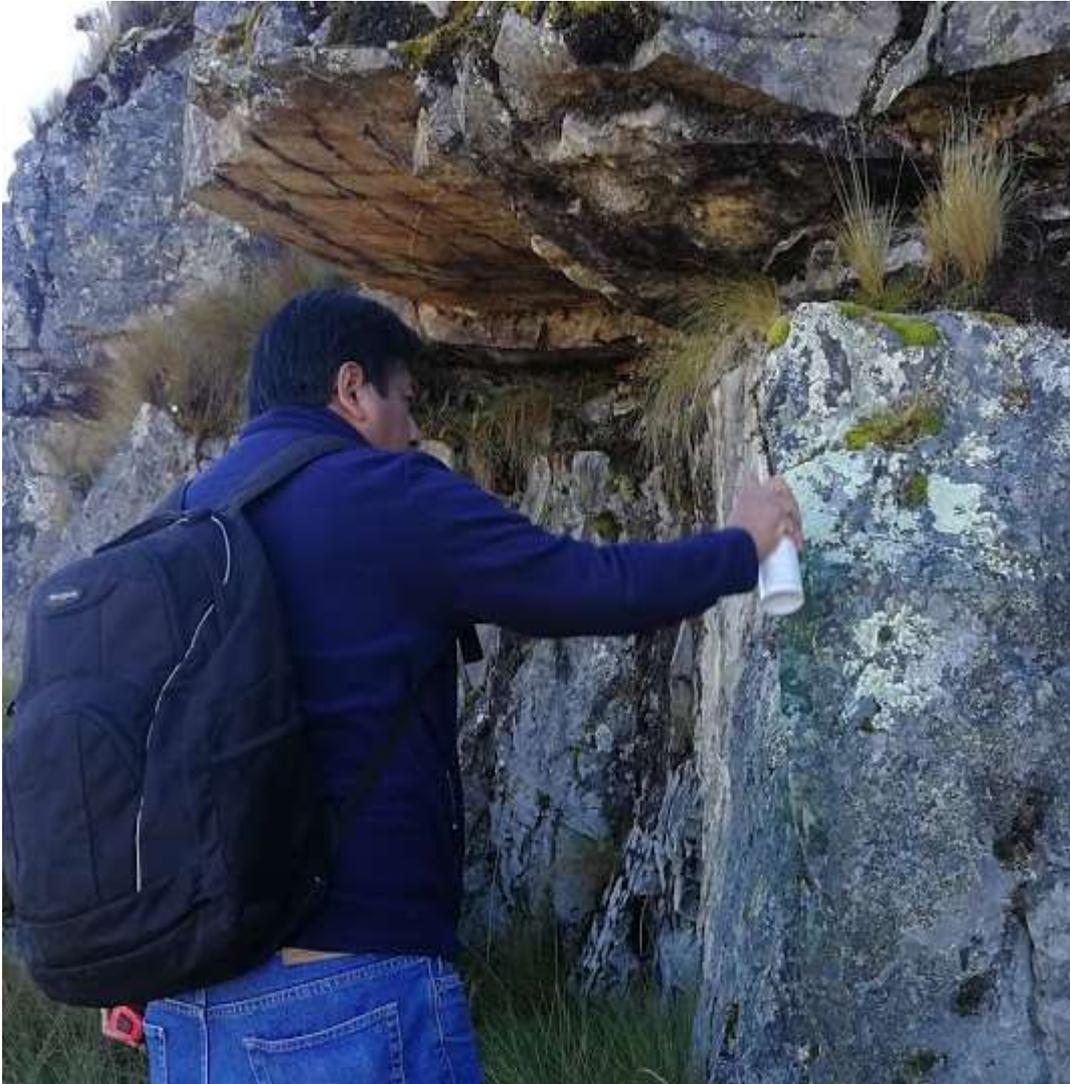
**Anexo 7.** Determinación de la resistencia de roca mediante golpes de picota



**Anexo 8.** Toma de rumbo y buzamiento de la masa rocosa



**Anexo 9.** Prueba de efervescencia de la roca caliza



**Anexo 10.** Registro de datos en campo



**Anexo 11.** Vista panorámica de reserva de roca caliza del proyecto en estudio



**Anexo 12.** Autores de la tesis – “Caracterización geotécnica del Macizo Rocoso para uso como lastre, Alto Perú Cajamarca, 2020”

