



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

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
RESUMEN.....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. Realidad problemática.....	9
1.2. Formulación del problema.....	18
1.3. Objetivos	18
1.4. Hipótesis.....	18
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	20
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
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	26
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
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	63
REFERENCIAS.....	70
ANEXOS	73

ÍNDICE DE TABLAS

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

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

ÍNDICE DE FIGURAS

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

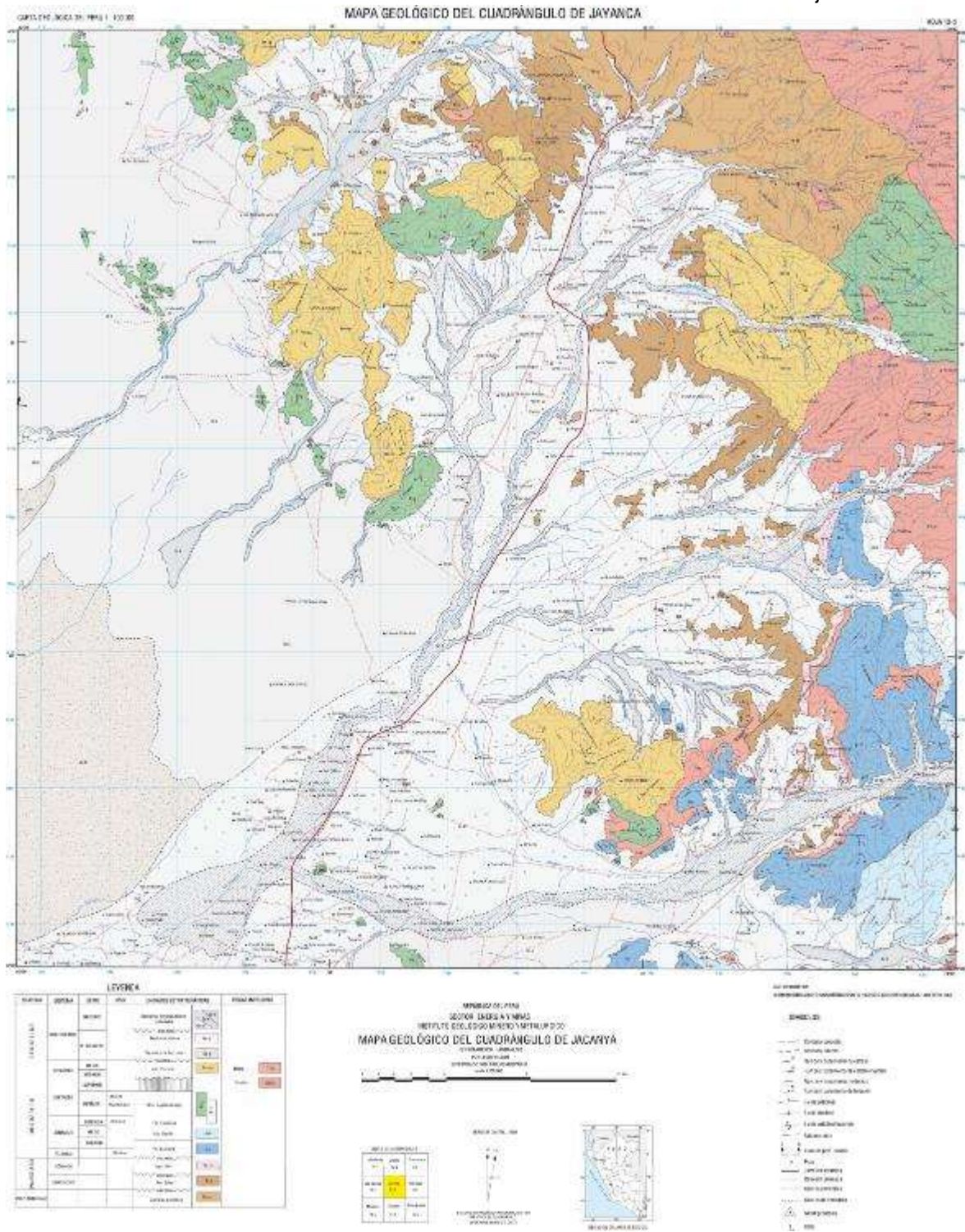
Estas rocas están relacionadas con la lutita, su tamaño medio de partícula está entre 1/16 y 1/256 mm, su composición es básicamente mica y minerales, rica arcilla, mostrando muy buena textura en las áreas de investigación.

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)			76			
	Clase	Tipo I	Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V			II			
	Calidad	Muy buena	Buena		Media		Mala		Muy mala			Buena			

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)			73		
	Clase	Tipo I	Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V			II		
	Calidad	Muy buena	Buena		Media		Mala		Muy mala			Buena		

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	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	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	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)			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)			71		
	Clase	Tipo I	Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V			II		
	Calidad	Muy buena	Buena		Media		Mala		Muy mala			Buena		

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		50-25		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	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	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)			69
	Clase		Tipo I		Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V			II
	Calidad		Muy buena		Buena		Media		Mala		Muy mala			Buena

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	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	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	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)			68		
	Clase	Tipo I	Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V			II		
	Calidad	Muy buena	Buena		Media		Mala		Muy mala			Buena		

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	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	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	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)			77		
	Clase	Tipo I	Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V			II		
	Calidad	Muy buena	Buena		Media		Mala		Muy mala			Buena		

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)		71			
	Clase	Tipo I	Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V		II			
	Calidad	Muy buena	Buena		Media		Mala		Muy mala		Buena			

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)			68		
	Clase	Tipo I	Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V			II		
	Calidad	Muy buena	Buena		Media		Mala		Muy mala			Buena		

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	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	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	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)			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	

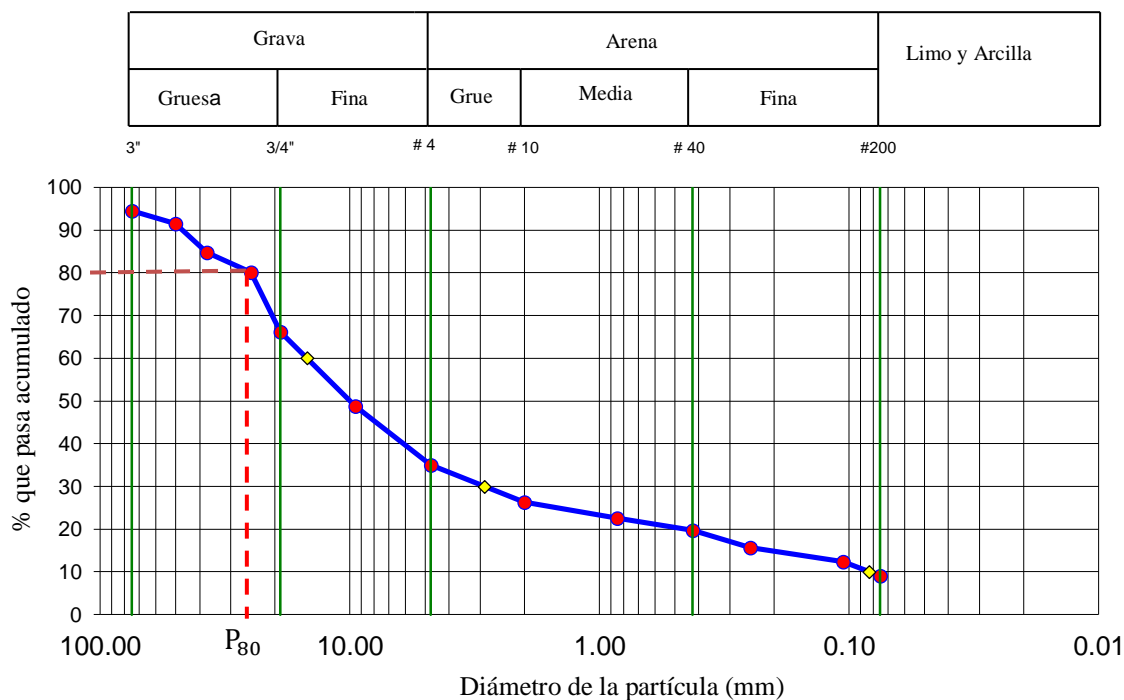


Figura 4. Curva granulométrica de la Muestra 1

Fuente: Propia

Tabla 13.

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

Tamices	Peso Parcial Retenido (grs)	Peso Acumul 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	76.53	23.47
Nº 040	0.425 mm	24.00	78.10	21.90
Nº 060	0.250 mm	26.00	79.80	20.20
Nº 140	0.106 mm	27.00	81.57	18.43
Nº 200	0.075 mm	22.00	83.00	17.00
Coordenadas	E: 764182	N: 9236186	A:4013	

Fuente: los investigadores

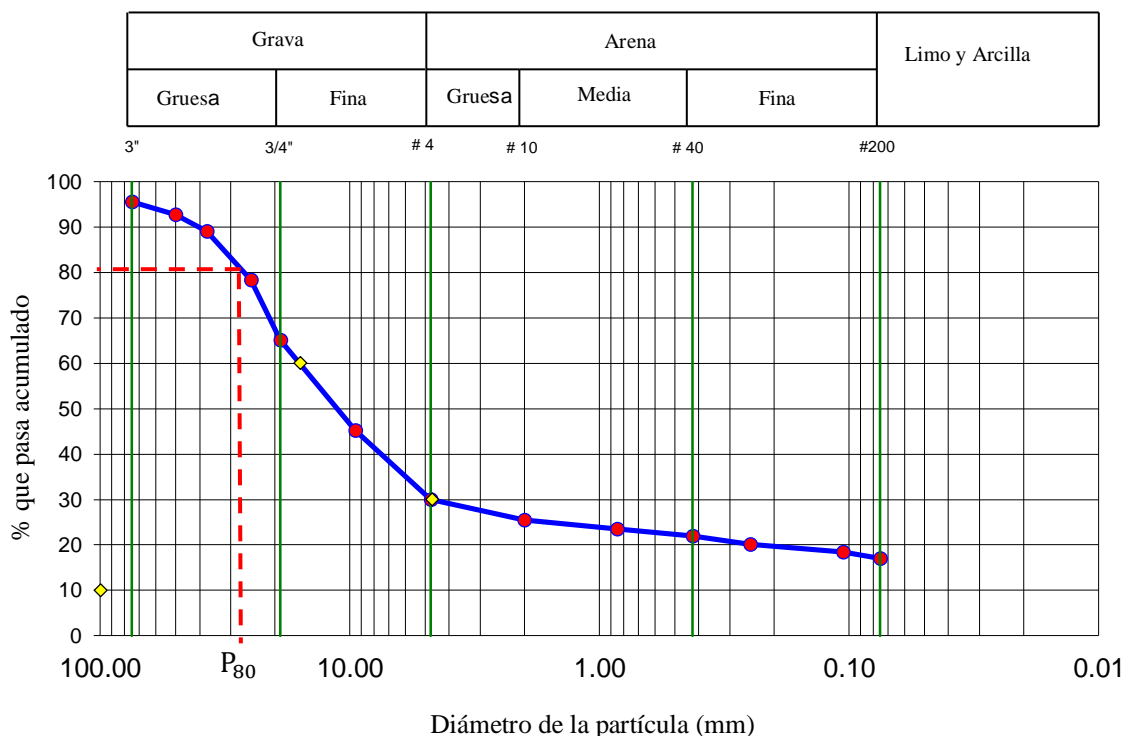


Figura 5. Curva granulométrica de la Muestra 2

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

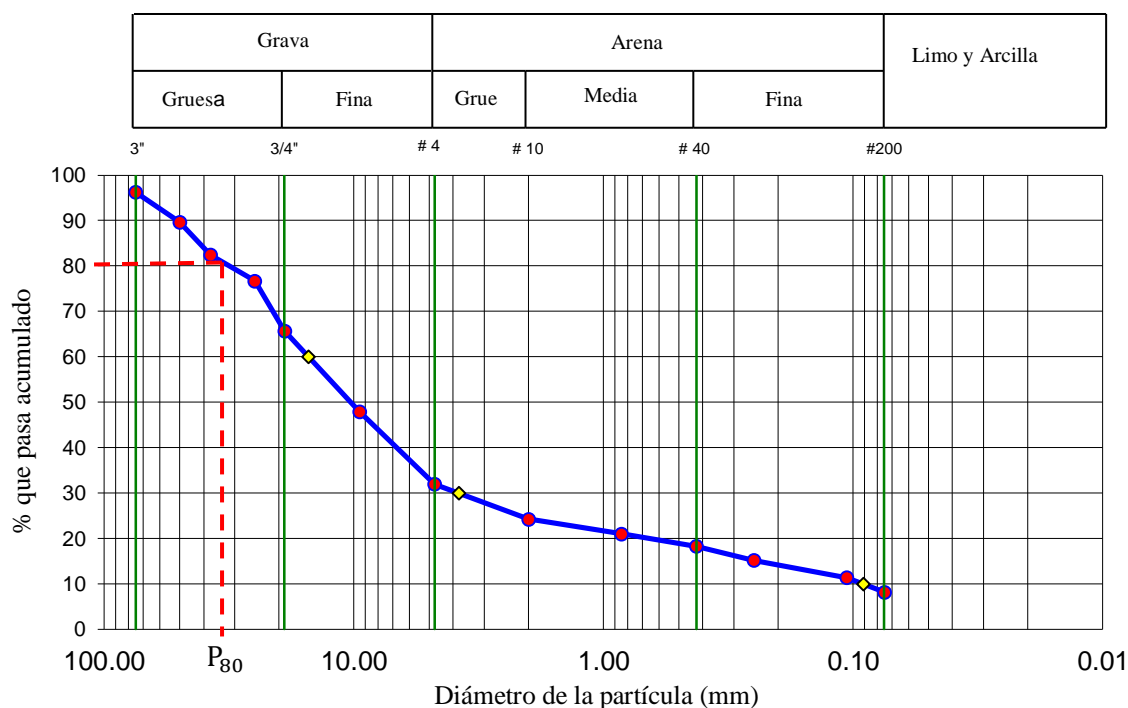


Figura 6. Curva granulométrica de la Muestra 3

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	13.72
Coordenadas	E: 764132	N: 9236266	A: 4011	

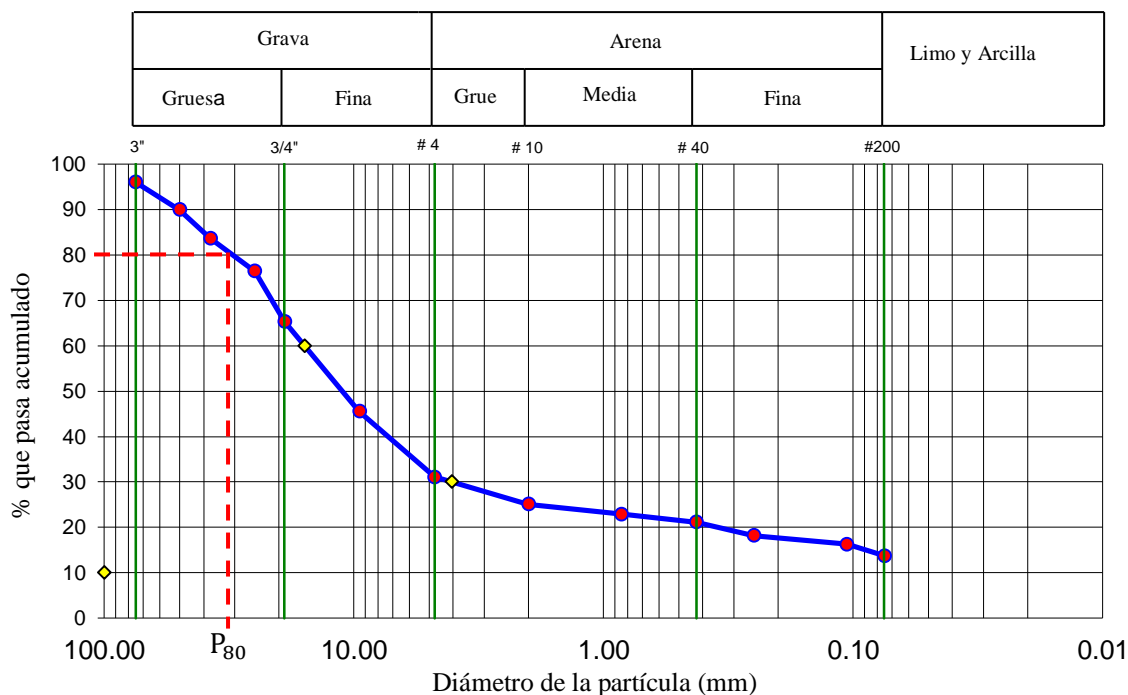


Figura 7. Curva granulométrica de la Muestra 4

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	

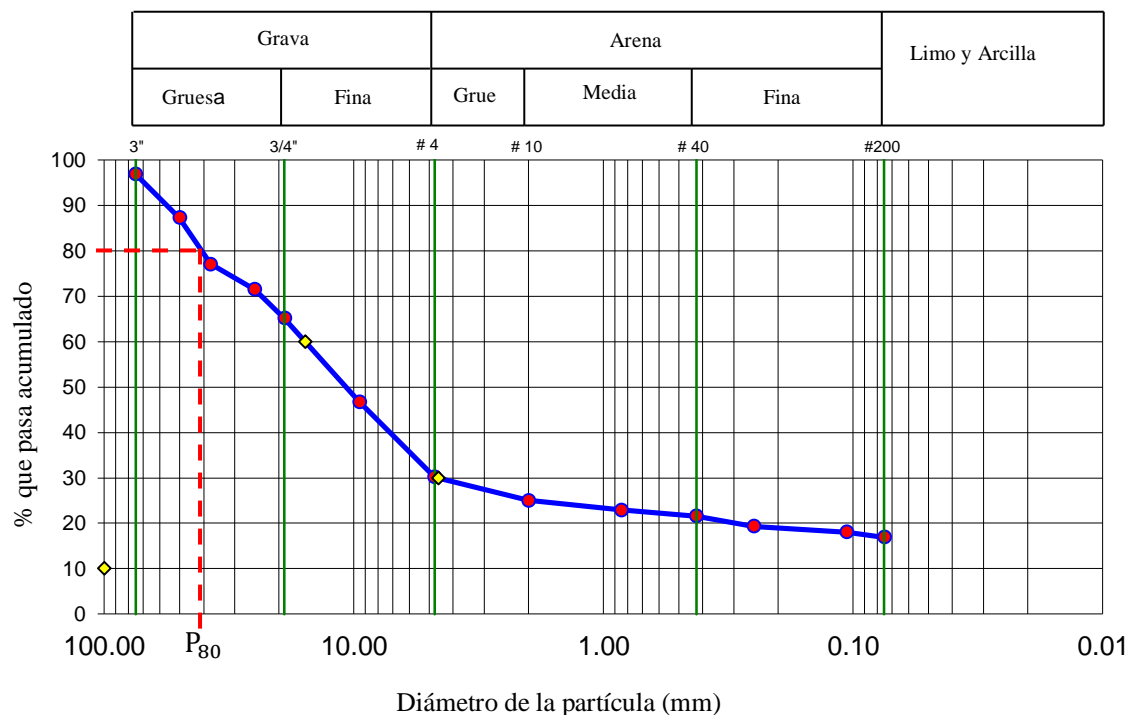


Figura 8. Curva granulométrica de la Muestra 5

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 Acumulado 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 1/2 "	37.500 mm	2936.00	6025.00	21.21
1 "	25.000 mm	1996.00	8021.00	28.24
3/4"	19.000 mm	1844.00	9865.00	34.73
3/8"	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

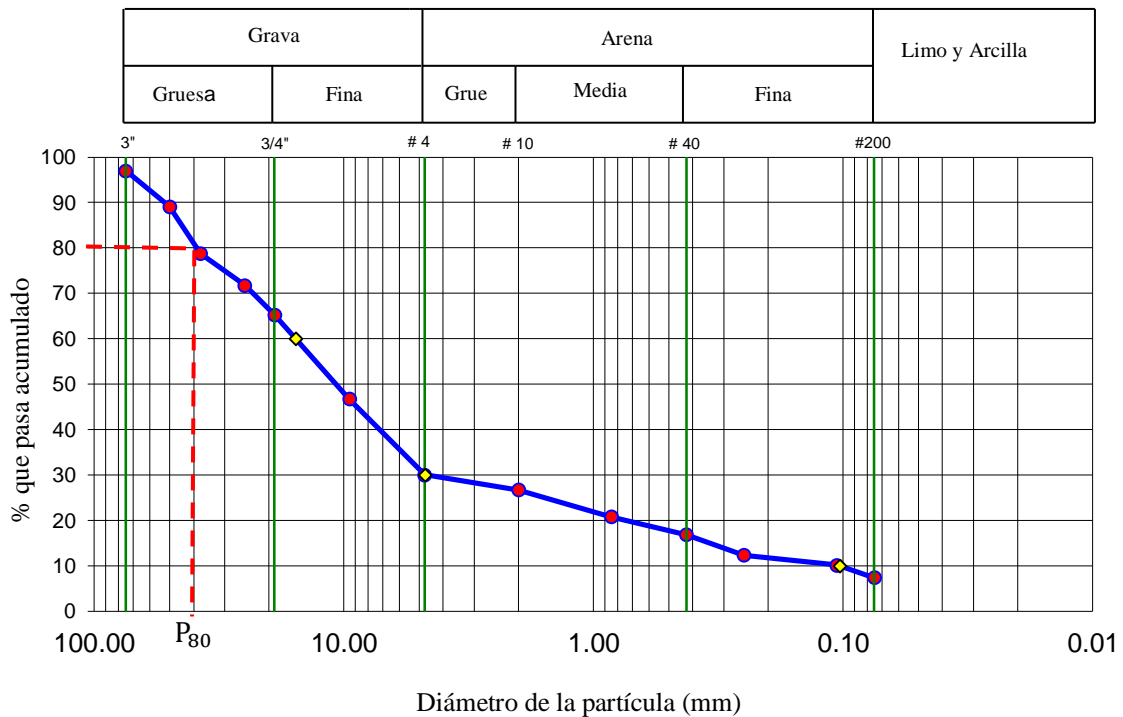


Figura 9. Curva granulométrica de la Muestra 6

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

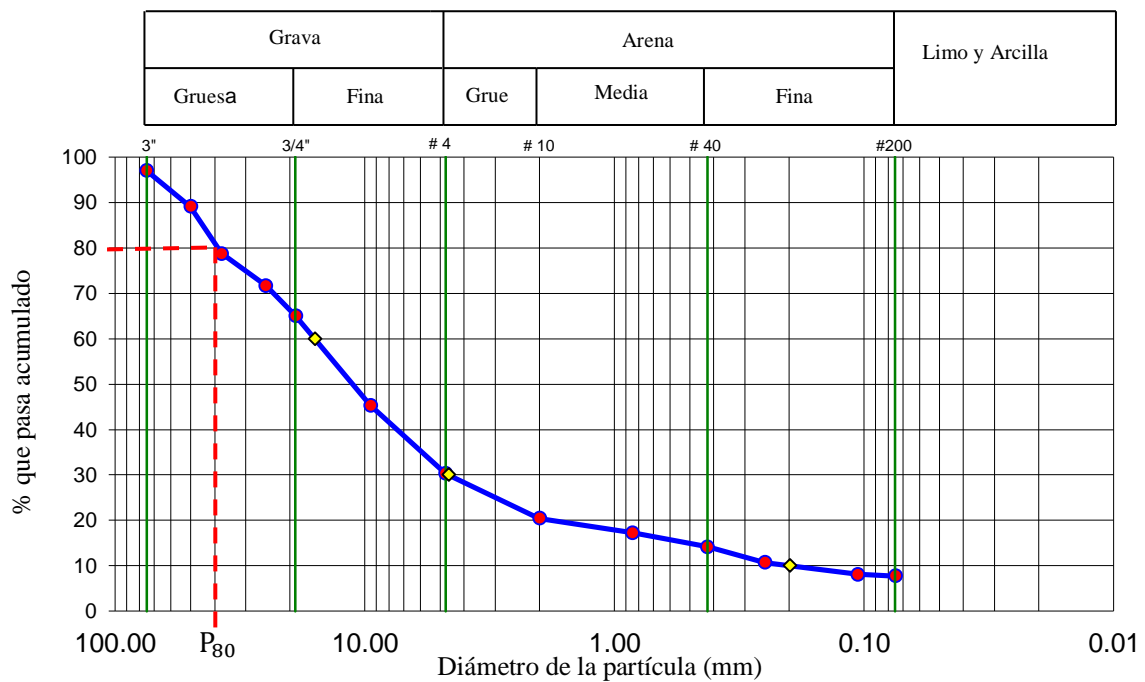


Figura 10. Curva granulométrica de la Muestra 7

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	

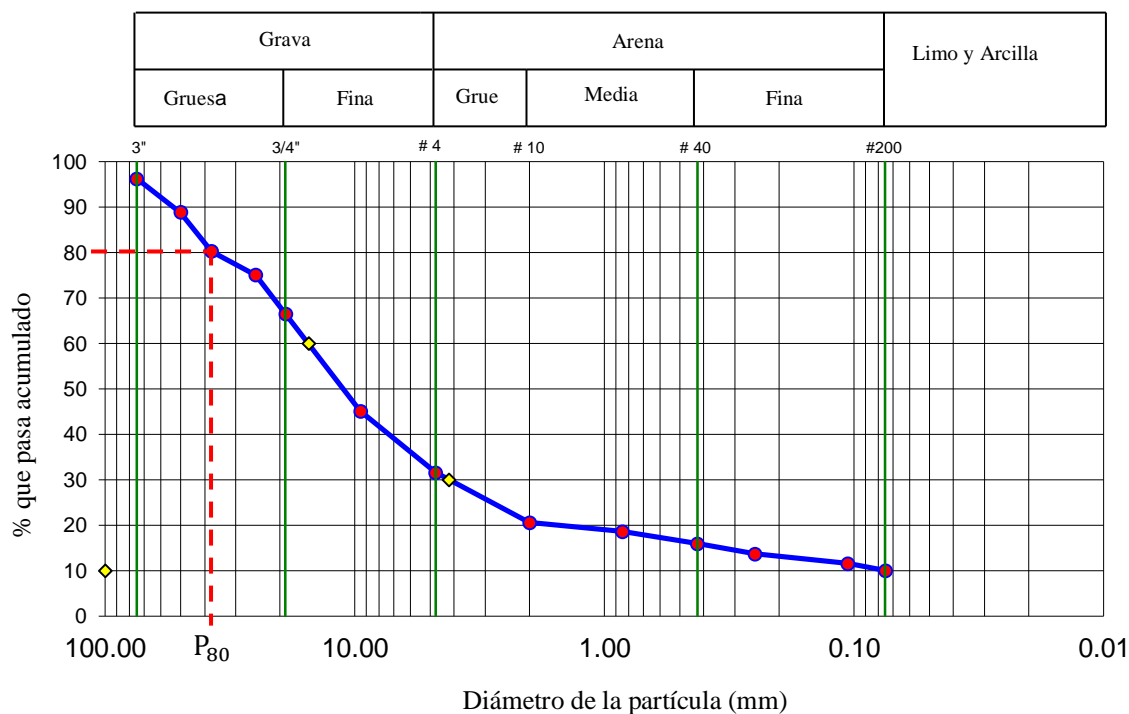


Figura 11. Curva granulométrica de la Muestra 8

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 "	37.500 mm	1909.00	17.36	82.64
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

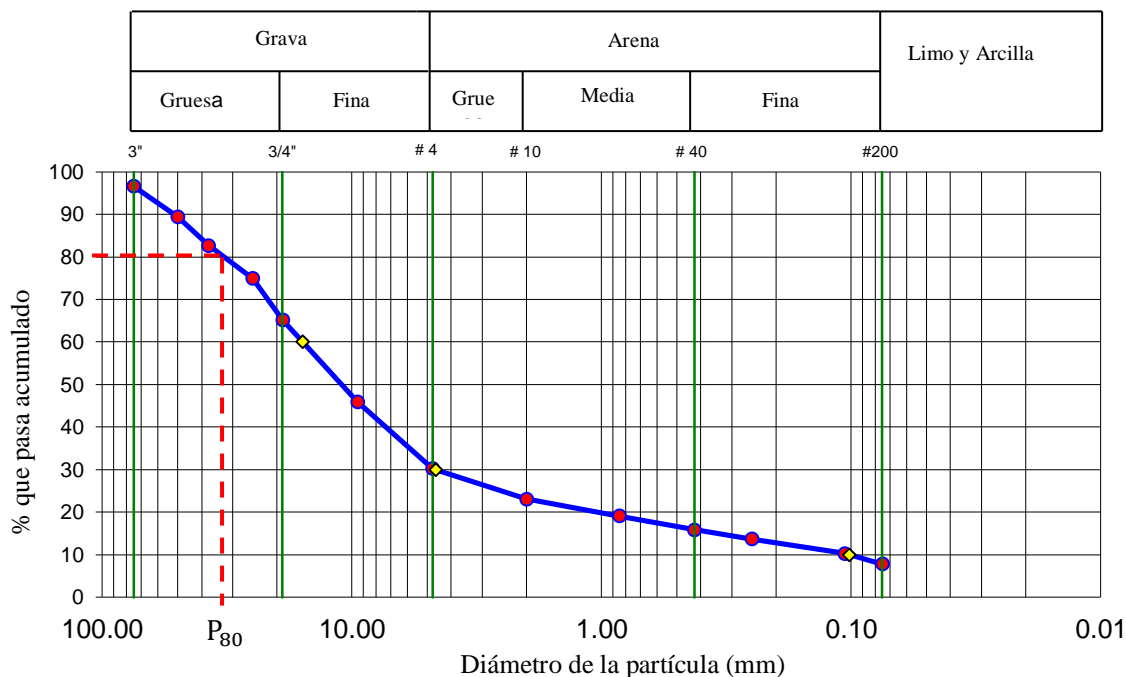


Figura 12. Curva granulométrica de la Muestra 9

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
1 1/2 "	37.500 mm	2699.00	5687.00	20.20	79.80
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	

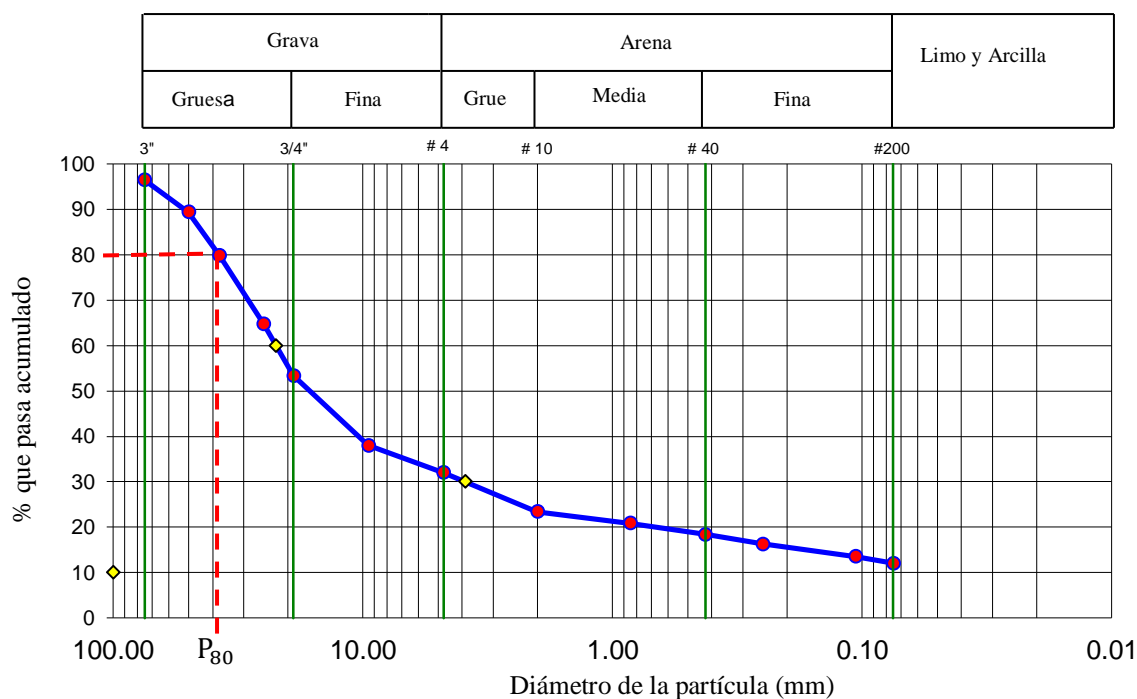


Figura 13. Curva granulométrica de la Muestra 10

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	28.2						
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"	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						
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"	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						
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"	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				
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"	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				
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"	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 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

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>

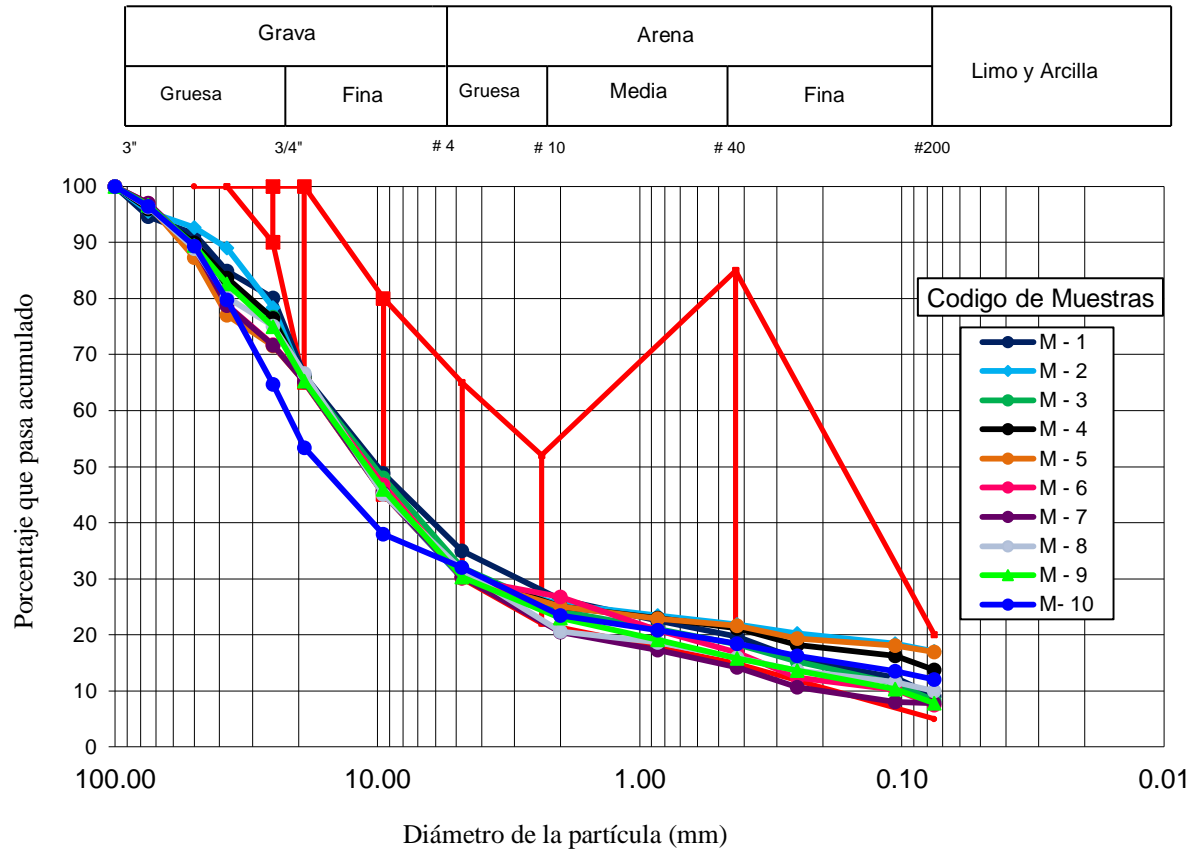
Suárez, L. O. (2010). Comportamiento mecánico del macizo rocoso del complejo subterráneo de Porce III. 39 - 54. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3856594>

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	Nombre del Proyecto	25.00.20
ID Laboratorio	987654321	Responsable Del Proyecto	Richard Tazilla Juárez
Muestra	9876	Fecha de Muestreo	24.06.20
Ubicación	Alto Perú	Humedad Por	0.07 %
Ext. o Característica Muestra	70.00.20	Analizado Por	Superficial
	82.00.20	Profundidad	

Tipo de Resultado: <u>TIPO / 60 % / Analítico</u>	
---	--

Tamizadora	Area Total (987654321) (mm²)	Area Por el Tamizado (mm²)	% Granos Retenidos	% Que pasa Ajustada
4.75	39.81	39.81	100.00	100.00
7.5	15.00	12.00	80.00	95.55
15	3.60	3.60	100.00	99.11
30	0.90	0.90	100.00	99.99
60	0.225	0.225	100.00	100.00
105	0.08	0.08	100.00	100.00
150	0.04	0.04	100.00	100.00
210	0.02	0.02	100.00	100.00
250	0.01	0.01	100.00	100.00
300	0.01	0.01	100.00	100.00
350	0.01	0.01	100.00	100.00
425	0.01	0.01	100.00	100.00
600	0.01	0.01	100.00	100.00
750	0.01	0.01	100.00	100.00
1050	0.01	0.01	100.00	100.00
1500	0.01	0.01	100.00	100.00
2000	0.01	0.01	100.00	100.00

Clase # 4.75	12.00.00 gr
Clase # 7.5	3.00.00 gr
Clase # 15	0.00.00 gr
Clase # 30	0.00.00 gr
Clase # 60	0.00.00 gr
Clase # 105	0.00.00 gr
Clase # 150	0.00.00 gr
Clase # 210	0.00.00 gr
Clase # 250	0.00.00 gr
Clase # 300	0.00.00 gr
Clase # 350	0.00.00 gr
Clase # 425	0.00.00 gr
Clase # 600	0.00.00 gr
Clase # 750	0.00.00 gr
Clase # 1050	0.00.00 gr
Clase # 1500	0.00.00 gr
Clase # 2000	0.00.00 gr

Clase # 2000 y Mayor (Gravímetro)	
Gravímetro	0.00.00 gr
Clase # 2000 y Mayor (Gravímetro)	0.00.00 gr
Gravímetro	0.00.00 gr
Clase # 2000 y Mayor (Gravímetro)	0.00.00 gr
Gravímetro	0.00.00 gr
Clase # 2000 y Mayor (Gravímetro)	0.00.00 gr
Gravímetro	0.00.00 gr
Clase # 2000 y Mayor (Gravímetro)	0.00.00 gr
Gravímetro	0.00.00 gr

Límite: 4.45 % Gravas: 85.48 % Arcilla: 10.07 % Límite: 17 %



Jefe de Laboratorio

QC COMBAYO

Richard Tazilla Juárez

Richard Tazilla Juárez
Jefe de laboratorio

Supervisor de Calidad


QC COMBAYO

Ing. Wilson Chávez Chillon

Ing. Wilson Chávez Chillon
Jefe de proyecto
CIP: 230383

Aguilar Asca J., Robles Maquera R.

Pág. 75



Análisis Granulométrico por Tamizado

457M D-422 - 63-58

OBJETO DE OBRAS	
ID Laboratorio	Fecha de Entrega
Nombre	Operador Por
Categoría	Fecha de Muestreo
Ext. o Coordenada	Intensidad Por
Material	Profundidad

FECHA	
18 Jun 20	
Operador Por	Richard Tasilla Juárez
Fecha de Muestreo	18 Jun 20
Intensidad Por	HR - AA
Profundidad	Superficial

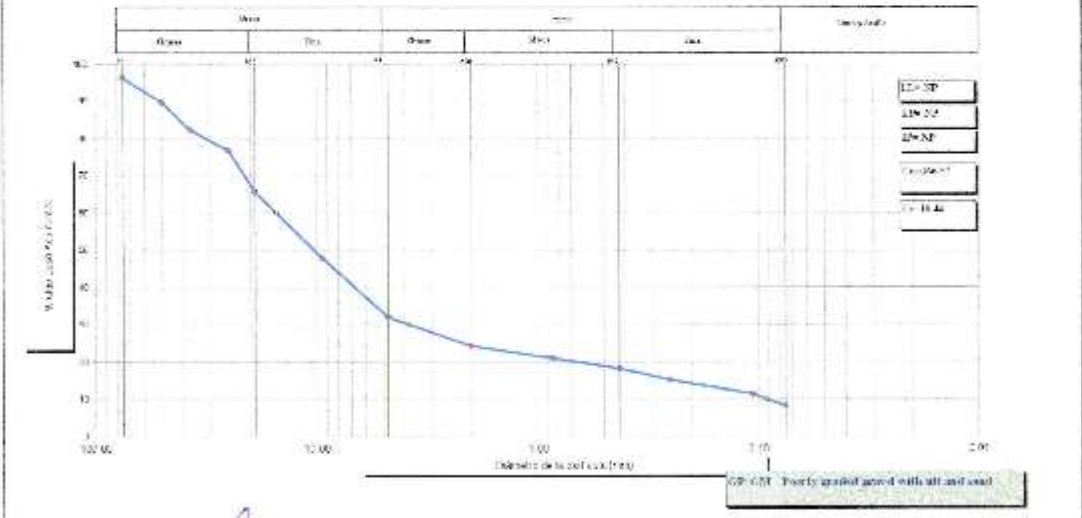
Temperatura de Secado: 110°C / 60% U_m ambiente

Tamizosa	Peso Pasa (g)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Cumulado	% Caudal
4.75	120.00	10.00	8.33	8.33	100.00
7.5	110.00	20.00	16.67	25.00	91.67
15	80.00	40.00	33.33	58.33	83.33
25	50.00	60.00	50.00	83.33	75.00
42.5	20.00	80.00	66.67	91.67	66.67
75	10.00	70.00	83.33	95.00	60.00
150	5.00	65.00	91.67	96.67	55.00
300	2.00	63.00	96.67	98.33	50.00
600	1.00	62.00	98.33	99.33	45.00
1250	0.50	61.50	99.17	99.83	40.00
2500	0.20	61.80	99.67	99.97	35.00
5000	0.10	61.90	99.83	99.99	30.00
10000	0.05	61.95	99.92	99.99	25.00
20000	0.02	61.98	99.97	99.99	20.00
40000	0.01	61.99	99.99	99.99	15.00
80000	0.00	61.99	99.99	99.99	10.00
150000	0.00	61.99	99.99	99.99	5.00
300000	0.00	61.99	99.99	99.99	0.00

Peso Total	
4.75	17.0000 gr
7.5	8.5000 gr
15	30.1400 gr
25	28.1100 gr
42.5	60.7000 gr
75	10.0000 gr
150	1.0000 gr
300	0.5000 gr
600	0.2000 gr
1250	0.1000 gr
2500	0.0500 gr
5000	0.0200 gr
10000	0.0100 gr
20000	0.0050 gr
40000	0.0020 gr
80000	0.0010 gr
150000	0.0005 gr
300000	0.0002 gr
600000	0.0001 gr
1200000	0.0000 gr

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

GRANULOMETRÍA



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

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

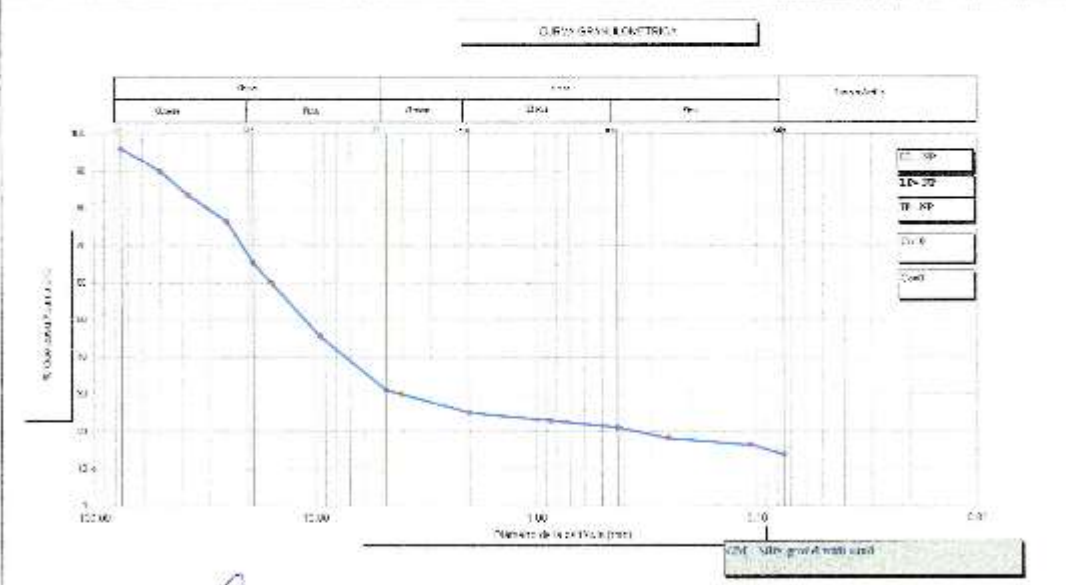
Proyecto ID Laboratorio Maquina Ubicación Km. a Universidad Material	PROYECTO DE OBRAS	Fecha de Empeño Empleado Por Fecha de Abandono Abandonado Por Estado Por Disponibilidad	20 Jun 20 Wilson Chávez 24 Jun 20 BR / AA Superficie
---	--------------------------	--	--

Tiempo de Secado: 770°C / 60 N° - 4edificios

Tamiz	Apertura (mm)	Peso Asa (g)	Peso Asa (g)	% Retenido (g)	% Que Pasa (g)
5	75.00	1123.50	1123.50	40.8	59.2
10	150.00	627.75	511.25	17.15	82.85
20	300.00	1113.01	387.81	13.47	86.53
40	750.00	2642.27	1259.83	27.25	72.75
75	1500.00	2669.23	997.83	24.27	75.73
150	3000.00	3113.01	1214.56	14.19	85.81
300	4750.00	4844.57	1528.08	14.82	85.18
600	7400.00	4945.00	2018.00	17.01	82.99
1000	9500.00	5745.00	2148.00	17.65	82.35
2000	11250.00	7145.00	2483.00	18.85	81.15
4000	13750.00	7745.00	2580.00	19.24	80.76
7500	15000.00	8045.00	2633.00	19.72	80.28
15000	15000.00	8045.00	2633.00	19.72	80.28


0.075 mm	10.2500 gr
0.15 mm	8.8750 gr
0.3 mm	27.9400 gr
0.6 mm	812.0000 gr
1.18 mm	164.0000 gr
2.5 mm	164.0000 gr
4.75 mm	164.0000 gr
7.5 mm	164.0000 gr
15.0 mm	164.0000 gr
30.0 mm	164.0000 gr
60.0 mm	164.0000 gr
100.0 mm	164.0000 gr
200.0 mm	164.0000 gr
400.0 mm	164.0000 gr
750.0 mm	164.0000 gr
1500.0 mm	164.0000 gr
3000.0 mm	164.0000 gr
6000.0 mm	164.0000 gr
15000.0 mm	164.0000 gr

Grav: 4.02 % Grava: 64.83 % Arena: 17.55 % Fines: 13.52 %



GRUPO GRANULOMÉTRICO

JEFE DEL LABORATORIO QC COMBAYO Richard Pasika Juárez Jefe de Laboratorio	SUPERVISOR DE CALIDAD QC COMBAYO Ing. Wilson Chávez Chlón Jefe de Proyecto CIP. 230363
---	---



Análisis Granulométrico por Tamizado

ASTM D 422 - 63.99

Proyecto: PROYECTO DE TRAZO

OP / Laboratorio: M-00

Muestra: M-00

Ubicación: M-00

Est. y Coordenada: 75084.84 7523244.88 1285.30

Materia:

Fecha de Inicio:

Finalizado Por:

Fecha de Fin:

Muestreo Por:

Revisado Por:

Observador:

OP / OP:

Richard Tasilia Juárez

OP / OP:

M-00 / M-00

Revisado Por:

Revisado Por:

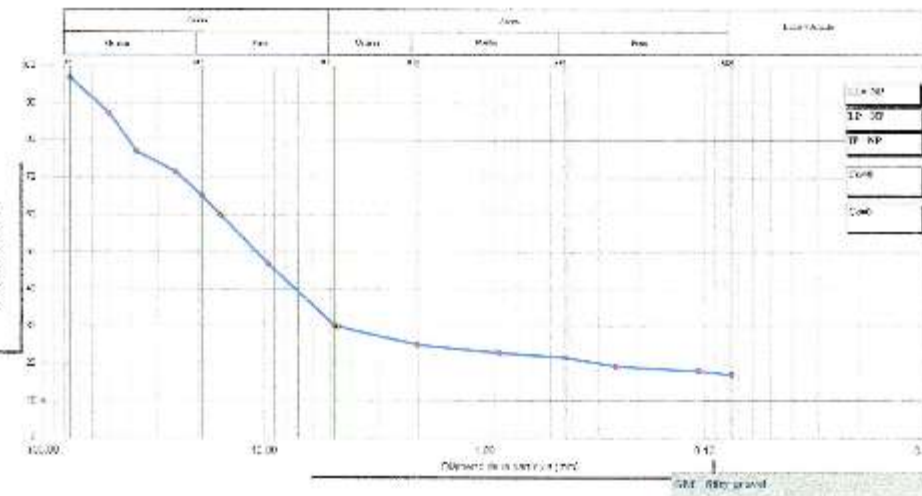
Torno de Secado: 110°C / 60°C / Ambiente

Tamizaje	Peso Part. Retenido (g)	Peso Agua Retenido (g)	% Retenido Gravel	% Retenido Fines
1"	10000.00			100.00
3/4"	55.00	87.00	0.55	36.52
3/8"	110.00	262.00	1.10	67.20
1/2"	275.00	698.00	2.75	75.30
3/16"	25.00	130.00	0.25	71.01
1/4"	5.00	15.00	0.05	25.15
Nº 20	0.85	10.00	0.0085	61.71
Nº 40	0.425	10.00	0.00425	65.89
Nº 60	0.25	10.00	0.0025	74.29
Nº 80	0.18	10.00	0.0018	25.02
Nº 100	0.15	10.00	0.0015	25.91
Nº 150	0.10	10.00	0.0010	71.01
Nº 200	0.075	10.00	0.00075	13.30
Nº 250	0.06	10.00	0.0006	13.34
Nº 300	0.05	10.00	0.0005	14.91

Gravel: 0.85% Fines: 84.12% Arena: 14.91% Lodo: 34.92%


% Retenido en el Tamizado	
Nº 20	61.71
Nº 40	65.89
Nº 60	74.29
Nº 80	25.02
Nº 100	25.91
Nº 150	71.01
Nº 200	13.30
Nº 250	13.34
Nº 300	14.91
Nº Ret. Fines	14.92

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



Análisis Granulométrico por Tamizado

ASTM D 422 - 63/98

Proyecto	PROYECTO DE TRAM	
ID Laboratorio		
Muestra	M 14	
Ubicación	Alto Perú	
Usuario	Sociedad	
Muestra		

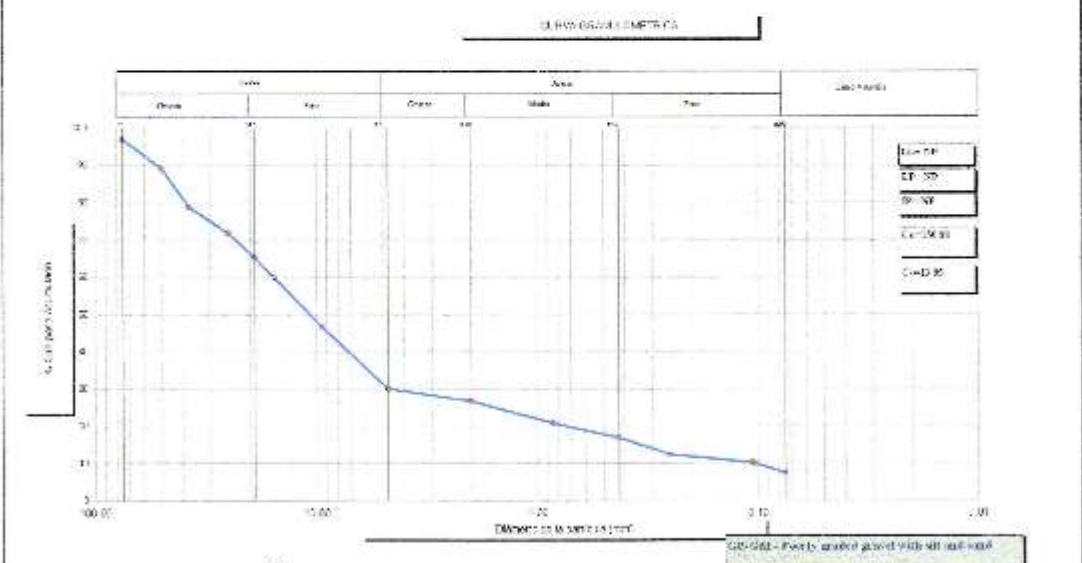
Fecha de Envío	28 Jun 20
Envío por	Richard Tassila Juárez
Fecha de Retorno	24 Jun 20
Recepción por	RSJ As
Revisado por	
Profundidad	Superficie

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

Tamiz	Diámetro (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Acum. Retenido (g)	% Retenido Acumulado	% Pasado Acumulado
4"	100.00				0.00
2"	50.00	855.10	855.10	3.02	96.98
1 1/2"	37.50	274.98	1130.08	10.82	89.18
1 1/4"	30.00	228.80	1358.88	11.21	88.79
1"	25.00	128.00	1486.88	25.24	74.76
3/4"	18.75	287.00	1773.88	31.72	68.28
3/8"	12.50	278.00	2051.88	39.14	60.86
20 # 4	8.50	475.00	2526.88	48.89	51.11
30 # 10	6.00	93.20	2620.08	73.57	26.43
40 # 20	4.75	55.80	2675.88	79.91	20.09
60 # 25	3.00	50.00	2725.88	87.13	12.87
80 # 30	2.50	28.20	2754.08	89.81	10.19
100 # 40	1.75	22.00	2776.08	92.55	7.45
200 # 75	0.75	22.00	2798.08	97.55	2.45

Grava: 2.01 % - Arenas: 68.97 % - Arcillas: 28.98 % - Fines: 5.04 %

Grava > 2.00 mm (Fracción)	2.01
Grava > 4.75 mm (Fracción)	2.02
Grava > 7.5 mm (Fracción)	2.02
Grava > 12.5 mm (Fracción)	2.02
Grava > 25 mm (Fracción)	2.02
Grava > 47.5 mm (Fracción)	2.02
Grava > 75 mm (Fracción)	2.02
Grava > 150 mm (Fracción)	2.02
Grava > 300 mm (Fracción)	2.02
Grava > 600 mm (Fracción)	2.02
Grava > 1200 mm (Fracción)	2.02



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 - 63/99

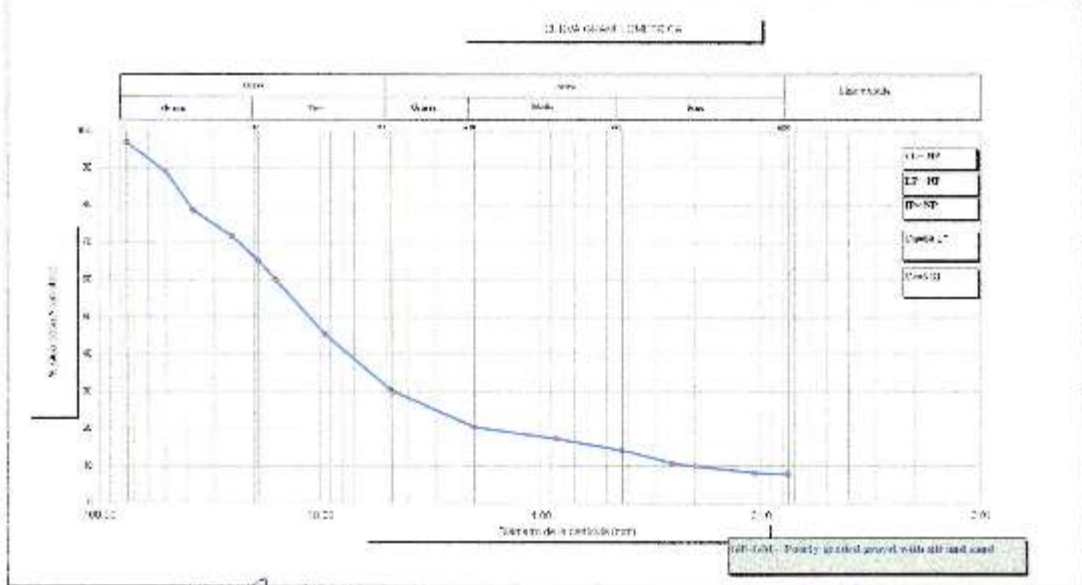
Proyecto	PROYECTO DE TRAZO	Fecha de Inicio	28 Jun 20
ID Laboratorio		Analizado Por	Richard Tazilia Juárez
Nombre	M-01	Fecha de Muestreo	20 Jun 20
Ubicación	Alto Perú	Muestreado Por	DMC-AB
Ed. o Condensado	704480.00 0232177.00 1595.00	Muestreado Por	
Materia		Profundidad	Superficie

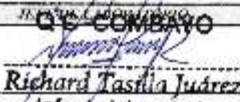

Temperatura de Secado: 110°C / 60 °C / Ambiente


Tamiz	Retenido (g)	Retenido (%)	% Menor de 75 µm	% Mayor de 75 µm
4"	100.00	0.15	99.85	0.15
12"	45.00	6.30	93.70	6.30
20"	224.00	31.20	68.80	31.20
75 µm	2951.00	41.10	58.90	41.10
150 µm	1000.00	13.80	45.10	54.90
300 µm	1822.00	25.40	74.60	25.40
600 µm	5996.00	83.10	16.90	83.10
1.18 mm	875.00	12.00	88.00	12.00
2.0 mm	750.00	10.30	89.70	10.30
4.75 mm	46.00	0.63	99.37	0.63
7.5 mm	642.00	8.80	91.20	8.80
12.5 mm	35.00	0.48	99.52	0.48
25.0 mm	30.00	0.41	99.59	0.41
50.0 mm	2.00	0.03	99.97	0.03

Retenido en 200 µm y Mayor	
200 µm	1722.00
75 µm - 200 µm	1229.00
150 µm - 75 µm	827.00
300 µm - 150 µm	742.00
600 µm - 300 µm	218.00
1.18 mm - 600 µm	243.00
2.0 mm - 1.18 mm	77.00

Clasificación: **U**



 Richard Tazilia Juárez Jefe de laboratorio	 Ing. Wilson Chávez Chilón Jefe de proyecto CIP. 230383
---	---



Analisis Granométrico por Tamizado


ASTM D 422 - 63/06

Proyecto	PROYECTO 2020 - 1993	Fecha del Análisis	28-Jun-20
D. Laboratorio		Operador Por	Richard Tasilla Juarez
Muestra	30-85	Fecha de Muestreo	31-jun-20
Ubicación	Alto Perú	Afirmado Por	MRI/AA
Car. e. Caracterizada	75.071.00	Revisado Por	
Materia	85.264.00	Definido Por	Supe/Instal

Temp. de Secado: 110°C / 60°C / ambiente	
--	--

Tamaño	Peso Original (g)	Peso Retenido (g)	% Retenido Acumulado	% Cda. masa Acumulado
75	120.040			100.00
75	20.462	139.578	1.163	98.837
75	90.808	29.232	24.350	74.487
75	25.500	244.100	20.310	78.177
75	10.000	354.100	29.310	75.167
75	4.750	405.250	34.060	70.417
75	2.500	604.250	50.010	59.983
75	1.250	811.250	66.820	53.163
75	625	1008.250	83.630	46.837
75	312.5	1220.750	101.670	40.163
75	156.25	1377.000	114.000	35.837
75	78.125	1455.125	121.870	33.163
75	39.0625	1494.1875	125.730	31.163
75	19.53125	1513.71875	127.260	30.163
75	9.765625	1523.484375	128.230	29.163
75	4.8828125	1528.3671875	128.710	28.163
75	2.44140625	1530.80859375	128.910	27.163
75	1.220703125	1532.029296875	129.000	26.163
75	0.6103515625	1532.640000000	129.050	25.163
75	0.30517578125	1532.945175781	129.070	24.163
75	0.152587890625	1533.097762937	129.080	23.163
75	0.0762939453125	1533.173500000	129.085	22.163

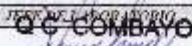
75 < 425µ	19.274 00 g
75 > 425µ	9.675 00 gr
Peso total Seco	28.949 00 gr
Retenido en el Tamizado 75µm	26.133 00 gr
Peso Retenido Tamizado 75µm	26.92 00 gr



Curva Granométrica

Gráfico de la curva granométrica que muestra el porcentaje de masa retenida versus el tamaño de partícula en micrómetros. La curva comienza en 100% para tamaños grandes y disminuye a medida que el tamaño de partícula se reduce, estabilizándose en aproximadamente 23% para tamaños inferiores a 75 micrómetros.


INSTRUMENTAL LABORATORIO



Richard Tasilla Juarez
Jefe de laboratorio

Número: H.1606 / 2020


INSTRUMENTAL LABORATORIO



Ing. Wilson Chávez Chilón
Jefe de proyecto

Número: H.1606 / 2020

CIP: 230363



Análisis Granulométrico por Tamizado

ASTM D 422 - 63/98

<p>Proyecto ID Laboratorio Muestra Categoría Ant. o Coordenada Materia</p>	<p>PROYECTO DE TESIS</p> <p>Fecha de Análisis: _____ Realizado Por: _____ Validado Mañana: _____ Monitoreo Por: _____ Verificado Por: _____</p>	<p>20-Jan-20 Richard Tasilla Juárez 20-Jan-20 WILSON CHAVEZ Reporte No. _____</p>
---	--	---

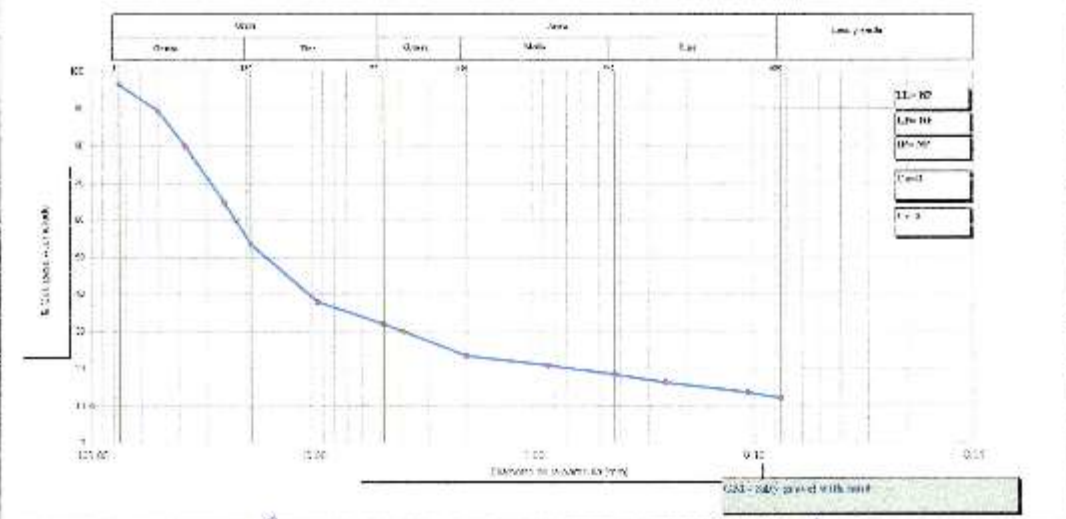
Temp. de Secado: 110°C / 50°C / Ambiente

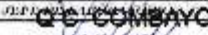

TAMIZ	Tamaño (mm)	MSO - PASA (g)	MSO - RETENIDO (g)	% PASA (MSO)	% RETENIDO (MSO)
75	3.000 mm	162.00	1025.00	7.60	92.40
75	3.000 mm	1753.00	1000.00	16.21	83.79
150	6.000 mm	249.00	940.00	11.51	88.49
300	12.500 mm	176.00	784.00	8.44	91.56
600	25.000 mm	208.00	652.00	11.07	88.93
1200	50.000 mm	227.00	593.00	12.02	87.98
2400	100.000 mm	315.00	505.00	16.00	84.00
4800	200.000 mm	111.00	399.00	7.51	92.49
9600	400.000 mm	22.00	280.00	1.51	98.49
19200	800.000 mm	2.00	278.00	0.15	99.85
38400	1600.000 mm	0.00	278.00	0.00	100.00
76800	3200.000 mm	0.00	278.00	0.00	100.00
153600	6400.000 mm	0.00	278.00	0.00	100.00

Muestra # 0001404 Tamizado	
Muestra	7.60 g
Peso de la Muestra	1000.00 g
Peso de la Muestra + Placa	3000.00 g
Peso de la Placa	2000.00 g
Peso de la Muestra	1000.00 g
Peso de la Muestra	1000.00 g
Peso de la Muestra	1000.00 g
Peso de la Muestra	1000.00 g
Peso de la Muestra	1000.00 g
Peso de la Muestra	1000.00 g


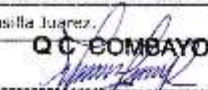
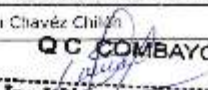
Datos del Análisis Granulométrico: Grava: 15.06% Arena: 84.94%			
--	--	--	--


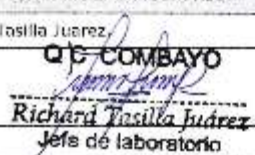

GRUPO GRANULOMETRICO



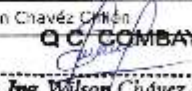



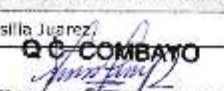
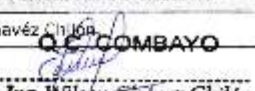
 Richard Tasilla Juárez Jefe de laboratorio	 Ing. Wilson Chávez Chión Jefe de proyecto CIP 230363
Nombre: Richard Tasilla Juárez	Nombre: Wilson Chávez Chión


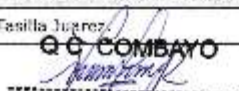

Anexo 4. Reporte de laboratorio respecto a los resultados de abrasión de las 10 muestras analizadas.




		Control de Calidad		QCC.001				
		ABRACION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2") MTC E 207		Versión	Página			
				0	1 de 1			
PROYECTO	: PROYECTO TESIS							
CLIENTE			REGISTRO N°	: M - 1				
Ubicación	: ALTO PERU		Realizado por	: RICHARD TASILLA J.				
Mat. Muestreo	: IN SITU		Color	:				
Fecha de Muestreo	: 24/06/2020		Fecha de Ensayo	: 29/06/2020				
ESTE	: 764209	NORTE	9235145	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	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:								
JEFE DE LABORATORIO					SUPERVISOR DE CALIDAD			
Nombre: Richard Tasilla Juárez					Nombre: Wilson Chávez Chilón			
 QC COMBAYO					 QC COMBAYO			
Firma: Richard Tasilla Juárez Jefe de laboratorio					Firma: Ing. Wilson Chávez Chilón Jefe de proyecto CIP: 230343			



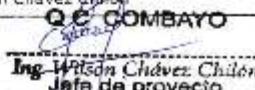
		Control de Calidad		QCC.001					
		ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2") MTC E 207		Versión	Página				
				0	1 de 1				
PROYECTO	: PROYECTO TESIS								
CLIENTE			REGISTRO N°	: M - 2					
Ubicación	: ALTO PERU		Realizado por	: RICHARD TASILLA J.					
Mat. Muestreo	: IN SITU		Color	: Marrón Claro					
Fecha de Muestreo:	24/06/2020		Fecha de Ensayo	: 29/06/2020					
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						
Especificación % menor de									
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						
Observaciones:									
JEFE DE LABORATORIO					SUPERVISOR DE CALIDAD				
Nombre: Richard Tasilla Juárez					Nombre: Wilson Chávez Chión				
 QC COMBAYO Richard Tasilla Juárez Jefe de laboratorio					 QC COMBAYO Ing. Wilson Chávez Chión Jefe de proyecto CIP. 230363				



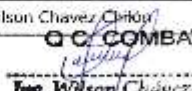
		Control de Calidad		QCC.001					
		ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2") MTC E 207		Versión	Página				
				0	1 de 1				
PROYECTO	: PROYECTO TESIS								
CLIENTE			REGISTRO N°	: M - 3					
Ubicación	: ALTO PERU		Realizado por	: RICHARD TASILLA J.					
Mat. Muestreo	: IN SITU		Color	: Beige					
Fecha de Muestreo	: 24/06/2020		Fecha de Ensayo	: 30/06/2020					
ESTE	: /64155	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								
Especificación % menor de									
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"	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:									
JEFE DE LABORATORIO					SUPERVISOR DE CALIDAD				
Nombre: Richard Tasilla Juárez					Nombre: Wilson Chávez Chilón				
 QC COMBAYO					 QC COMBAYO				
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				




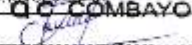

		Control de Calidad		QCC.001					
		ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2") MTC E 207		Versión	Página				
				0	1 de 1				
PROYECTO	: PROYECTO TESIS								
CLIENTE			REGISTRO N°	: M - 4					
Ubicación	: ALTO PERU		Realizado por	: RICHARD TASILLA J.					
Mat. Muestreo	: IN SITU		Color	: Beige					
Fecha de Muestreo	: 24/06/2020		Fecha de Ensayo	: 30/06/2020					
ESTE	: 764132	NORTE	: 9236266	COTA	: 4011				
PRUEBA									
Gradación usada			1						
No de esferas			A						
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			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						
Observaciones:									
JEFE DE LABORATORIO					SUPERVISOR DE CALIDAD				
Nombre: Richard Tasilla Juárez					Nombre: Wilson Chávez Chilón				
 QC COMBAYO Richard Tasilla Juárez Jefe de laboratorio					 QC COMBAYO Ing. Wilson Chávez Chilón Jefe de proyecto CIP: 230383				




		Control de Calidad		QCC.001					
		ABRASIÓN LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2") MTC E 207		Versión	Página				
				0	1 de 1				
PROYECTO	: PROYECTO TESIS								
CLIENTE			REGISTRO N°	: M - 5					
Ubicación	: ALTO PERU		Realizado por	: RICHARD TASILLA J.					
Mat. Muestreo	: IN SITU		Color	: Beige					
Fecha de Muestreo:	24/06/2020		Fecha de Ensayo	: 30/06/2020					
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						
Especificación % menor de									
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						
Observaciones:									
JEFE DE LABORATORIO					SUPERVISOR DE CALIDAD				
Nombre: Richard Tasilla Juárez					Nombre: Wilson Chávez Chilón				
 QC COMBAYO					 QC COMBAYO				
Firma: Richard Tasilla Juárez Jefe de laboratorio					Firma: Ing. Wilson Chávez Chilón Jefe de proyecto CIP. 230383				

		Control de Calidad		QCC.001					
		ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2") MTC E 207		Versión	Página				
				0	1 de 1				
PROYECTO	: PROYECTO TESIS								
CLIENTE			REGISTRO N°	: M - 6					
Ubicación	: ALTO PERU		Realizado por	: RICHARD TASILLA J.					
Mat. Muestreo	: IN SITU		Color	: Beige					
Fecha de Muestreo:	24/06/2020		Fecha de Ensayo	: 31/06/2020					
ESTE	: 764008	NORTE	: 9236434	COTA	: 3981				
PRUEBA	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								
No de esferas			12						
No de revoluciones			500						
Observaciones:									
JEFE DE LABORATORIO					SUPERVISOR DE CALIDAD				
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				

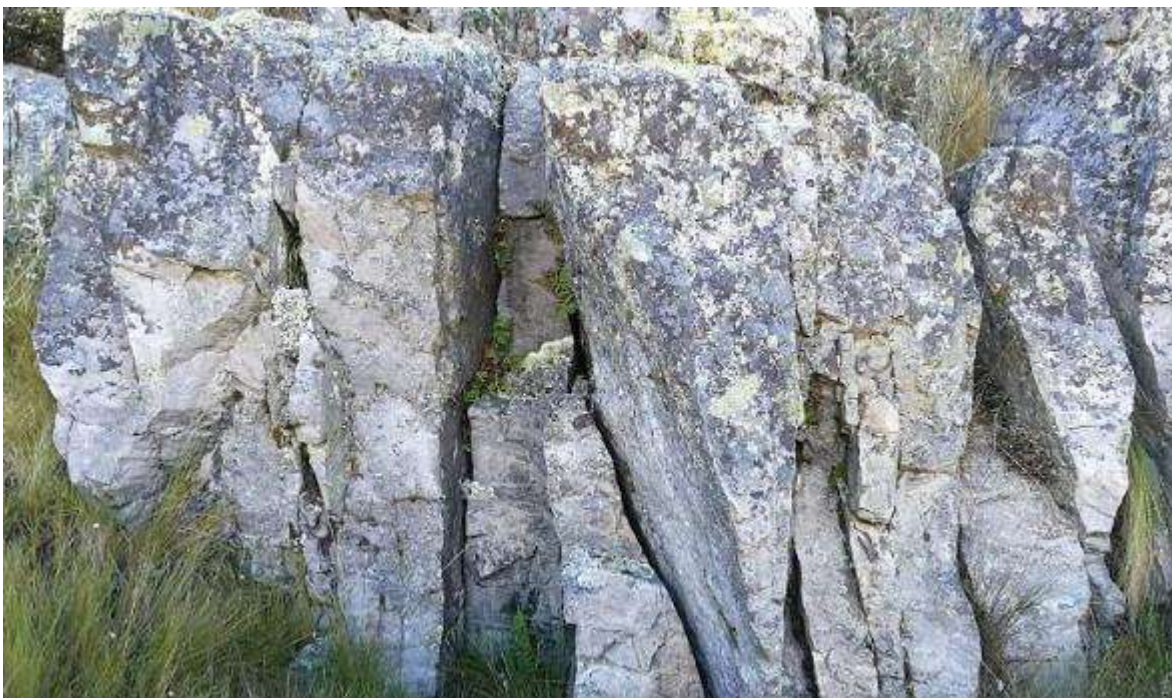
		Control de Calidad		Q.C.001					
		ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2") MTC E 207		Versión	Página				
				0	1 de 1				
PROYECTO	: PROYECTO TESIS								
CLIENTE			REGISTRO N°	: M - 7					
Ubicación	: ALTO PERU		Realizado por	: RICHARD TASILLA J.					
Mat. Muestreo	: IN SITU		Color	: Marmol Claro					
Fecha de Muestreo	: 24/06/2020		Fecha de Ensayo	: 31/06/2020					
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)	3477.0								
Pérdida (g)	1633.0								
% de desgaste	32.3								
Especificación % menor de									
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"		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						
Observaciones:									
JEFE DE LABORATORIO					SUPERVISOR DE CALIDAD				
Nombre: Richard Tasilla Juárez.					Nombre: Wilson Chávez Chilón				
 Q.C. COMBAYO					 Q.C. COMBAYO				
Firma: <u>Richard Tasilla Juárez</u> Jefe de laboratorio					Firma: <u>Ing. Wilson Chávez Chilón</u> Jefe de proyecto CIP. 230363				

		Control de Calidad		QCC.001					
		ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2") MTC E 207		Versión	Página				
				0	1 de 1				
PROYECTO	: PROYECTO TESIS								
CLIENTE			REGISTRO N°	: M - 8					
Ubicación	: ALTO PERU		Realizado por	: RICHARD TASILLA J.					
Mat. Muestreo	: IN SITU		Color	:					
Fecha de Muestreo	: 24/06/2020		Fecha de Ensayo	: 31/06/2020					
ESTE	: 764474	NORTE	: 9236114	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							
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"		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:									
JEFE DE LABORATORIO					SUPERVISOR DE CALIDAD				
Nombre: Richard Tasilla Juárez					Nombre: Wilson Chavez Chilon				
 QCC COMBAYO					 QCC COMBAYO				
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					
		ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2") MTC E 207		Versión	Página				
				0	1 de 1				
PROYECTO	: PROYECTO TESIS								
CLIENTE			REGISTRO N°	: M - 9					
Ubicación	: ALTO PERU		Realizado por	: RICHARD TASILLA J.					
Mat. Muestreo	: IN SITU		Color	: Beige					
Fecha de Muestreo	: 24/06/2020		Fecha de Ensayo	: 31/06/2020					
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								
Especificación % menor de									
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"		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:									
JEFE DE LABORATORIO					SUPERVISOR DE CALIDAD				
Nombre: Richard Tasilla Juarez					Nombre: Wilson Chávez Chillon				
 Firma:  Richard Tasilla Juárez Jefe de laboratorio					 Firma:  Ing. Wilson Chávez Chillon Jefe de proyecto CIP. 230383				

		Control de Calidad		QCC.001						
		ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2") MTC E 207		Versión	Página					
				0	1 de 1					
PROYECTO	: PROYECTO TESIS									
CLIENTE			REGISTRO N°	: M - 10						
Ubicación	: ALTO PERU		Realizado por	: RICHARD TASILLA J.						
Mat. Muestreo	: IN SITU		Color	: Beige						
Fecha de Muestreo:	24/06/2020		Fecha de Ensayo	: 31/06/2020						
ESTE	: 764393	NORTE	: 9236536	COTA	: 4033					
PRUEBA										
Gradación usada					1					
No de esferas					A					
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					27.6					
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"	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	
Observaciones:										
JEFE DE LABORATORIO					SUPERVISOR DE CALIDAD					
Nombre: Richard Tasilla Juárez.					Nombre: Wilson Chérrez Chilón					
 QC COMBAYO Richard Tasilla Juárez Jefe de laboratorio					 QC COMBAYO 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”

