



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“ANÁLISIS Y COMPARACIÓN AL DESGASTE DE MATERIAL PÉTREO DE CANTERA BAZAN Y JUANCITO PARA EL USO EN ACCESOS MINEROS, CAJAMARCA 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

Autor:

Br. Coronel Campos Jaime  
Br. Ruiz Montoya Ricardo Fidel

Asesor:

Ing. Oscar Arturo Vásquez Mendoza

Cajamarca - Perú

2018

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Oscar Arturo Vásquez Mendoza, docente de la Universidad privada del Norte, Facultad de Ingeniería INGENIERIA DE MINAS, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Coronel Campos, Jaime
- Ruiz Montoya, Ricardo Fidel

Por cuanto, CONSIDERA que la tesis titulada: “ANÁLISIS Y COMPARACIÓN AL DESGASTE DE MATERIAL PÉTREO DE CANTERA BAZÁN Y JUANCITO PARA EL USO EN ACCESOS MINEROS, CAJAMARCA 2018”, para aspirar al título profesional de: ingeniero de minas por la universidad privada del norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, autoriza al o a los interesados para su presentación:

:para aspirar al título profesional de:

---

Ing. Oscar Arturo Vásquez Mendoza  
Asesor

## ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: CORONEL CAMPOS JAIME - RUIZ MONTOYA RICARDO FIDEL para aspirar al título profesional con la tesis denominada: “ANÁLISIS Y COMPARACIÓN AL DESGASTE DE MATERIAL PÉTREO DE CANTERA BAZÁN Y JUANCITO PARA EL USO EN ACCESOS MINEROS, CAJAMARCA 2018”

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

**Aprobación por unanimidad**

**Aprobación por mayoría**

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

---

Ing. Rafael Napoleón Ocas Boñón  
Jurado  
Presidente

---

Ing. Víctor Eduardo Álvarez León  
Jurado

---

Ing. Daniel Alejandro Alva Huamán  
Jurado

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la vida y permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los logros obtenidos y los momentos difíciles que he tenido que sobrepasar y me enseñaron a valorar cada día más las cosas.

A mis padres por ser entes de fortalecimiento y apoyo incondicional con sus valerosos consejos durante mi etapa de formación académica y de la vida.

**RICARDO FIDEL RUIZ MONTOYA**

Este trabajo lo dedico a Dios en primer lugar por haberme dado la sabiduría para terminar con mi proyecto de grado y así mismo con mi carrera. A mis padres y hermanos por el apoyo y confianza que me han brindado incondicionalmente y con el cual he logrado una meta en mi vida

**JAIME CORONEL CAMPOS**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a todo el equipo de trabajo para el desarrollo de este proyecto y a nuestro asesor el Ing. Oscar Vásquez Mendoza por guiarnos desde el inicio hasta su etapa final del presente

A toda nuestra familia por apoyarnos económica y moralmente para alcanzar este objetivo.

A mi supervisor Luis Quispe Vega por apoyarme en todo momento en situaciones laborales

A nuestros docentes por ser intermediarios en nuestra formación académica, por la sabiduría que nos supieron transmitir y el tiempo dedicado.

## ÍNDICE GENERAL

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACION DE TESIS .....	2
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS .....	3
DEDICATORIA .....	4
AGRADECIMIENTO.....	6
ÍNDICE GENERAL.....	7
ÍNDICE DE TABLAS .....	9
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
CAPITULO I INTRODUCCIÓN .....	13
1.1 Realidad problemática.....	13
1.2 Formulacion del problema .....	26
1.3 Objetivos .....	26
1.3.1. Objetivo general .....	26
1.3.2. Objetivo específicos .....	26
1.4 Hipótesis.....	26
CAPITULO II METODOLOGÍA .....	27
2.1. Tipo de investigacion.....	27
2.1.1. Nivel de investigacion .....	27
2.1.2. Diseño de la investigacion.....	27
2.1.3. Tipo de investigacion .....	28
2.2. Poblacion y muestra.....	28
2.2.1. Poblacion.....	28
2.1.2. Muestra.....	28
2.1.3. Materiales .....	28
2.1.4. Instrumentos .....	29
2.1.5. operalización de variables .....	30
2.3. Tecnicas enstrumentos de recoleccion de datos .....	31
2.3.1. Recolección y análisis de datos .....	31
2.3.2. Metodos de análisis de gastos .....	31
2.4. Procedimiento .....	32
2.4.1. Masiso rocoso, RQD, RMR, Q (Barton).....	32
2.4.2. Porcentaje al desgaste por frotamiento.....	34

2.4.3. Peso específico y densidad de la roca de cada cantera .....	38
2.4.4. Comparación de resultados .....	40
<b>CAPITULO III RESULTADOS .....</b>	<b>41</b>
3.1. Resultados del maciso rocoso, RQD, RMR, Q .....	41
3.1.1. Maciso rocoso .....	41
3.1.2. RQD .....	42
3.1.3. Q (Barton) .....	43
3.1.4. RMR .....	44
3.1.5. Resistencia a la compresión .....	45
3.2. Porcentaje al desgaste por frotamiento utilizando el equipo micro deval .....	46
3.3. Peso específico y densidad de la roca de cada cantera .....	48
3.4. Comparación de resultados .....	50
<b>CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>51</b>
4.1. Discusión .....	51
4.2. Conclusiones .....	53
Referencias .....	54
Anexos .....	55
Anexo 1 Plano de ubicación de cantera bazán .....	55
Anexo 2 Plano de ubicación de cantera Juancito .....	56
Anexo 3 Zonificación de cantera Bazán .....	57
Anexo 4 Zonificación de cantera Juancito .....	58
Anexo 5 Plano de ubicación de las zonas de estudio .....	59
Anexo 6 Accesibilidad a la cantera Juancito .....	60
Anexo 7 Accesibilidad a la cantera Bazán .....	60
Anexo 8 Secado del material pétreo .....	61
Anexo 9 Secado del material pétreo .....	61
Anexo 10 Tamizado del material .....	62
Anexo 11 Tamizado del material .....	62
Anexo 12 Pesado del material .....	63
Anexo 13 Equipo micro deval .....	63
Anexo 14 Secado de la muestra .....	64
Anexo 15 Porcentaje de desgaste .....	64
Anexo 16 Secado del material de desgaste .....	65
Anexo 17 Pesado del material de desgaste .....	65
Anexo 18 Nivel de rugosidad .....	66
Anexo 19 Dureza de maciso rocoso .....	66
Anexo 20 Mediciones con la brújula .....	67
Anexo 21 Espaciamiento de las rocas .....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Densidad y velocidad de propagación de ondas de compresión .....	23
Tabla 2 Índice de calidad de la roca y valor RQD .....	32
Tabla 3 Pruebas de índices manuales de las rocas .....	33
Tabla 4 Cordenadas de punto de muestreo de cantera Bazan. ....	35
Tabla 5 Accesibilidad a la zona de estudio .....	35
Tabla 6 Coordenadas de punto de muestreo de cantera Juancito .....	36
Tabla 7 Accesibilidad a la zona de estudio .....	37
Tabla 8 Parametros puntuales para la obtencion del RMR de cantera Bazan .....	41
Tabla 9 Parametros puntuales para la obtencion del rmr de cantera juancito .....	41
Tabla 10 Calculo del RQD de cantera Bazan.....	42
Tabla 11 Calculo del RQd de cantera Juancito .....	43
Tabla 12 Calculo del Q (Barton) cantera Bazán.....	43
Tabla 13 Calculo del Q (Barton) cantera Juancito .....	44
Tabla 14 Calculo de RMR de cantera Bazan .....	44
Tabla 15 Calculo de RMR de cantera Juancito .....	45
Tabla 16 Carga puntual de cantera Bazán.....	45
Tabla 17 Carga puntual de cantera Juancito.....	46
Tabla 18 Ensayo de desgaste cantera Bazán .....	46
Tabla 19 Ensayo de desgaste cantera Juancito.....	47
Tabla 20 Analisis de desgaste con respecto al tiempo .....	47
Tabla 21 Calculo del peso específico de cantera Bazán.....	48
Tabla 22 Calculo de la densidad de Cantera Bazán .....	48
Tabla 23 Calculo del peso especifico de cantera juancito.....	49
Tabla 24 Calculo de la densidad de cantera juancito .....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Etapas para la explotación de una cantera .....	18
Figura 2 Imagen satelital georeferenciada del nivel de referencia hacia la cantera Bazán .....	35
Figura 3 Imagen satelital georeferenciada del nivel de referenci hacia la cantera Juancito .....	37
Figura 4 Comparacion del desgaste con respecto al tiempo .....	47

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado: “Análisis y comparación al desgaste de material pétreo de cantera Bazán y Juancito para el uso en accesos mineros, Cajamarca 2018”, su objetivo general es determinar que cantera tiene el mejor material pétreo para el uso en accesos mineros, y como objetivos específicos, el de identificar el tipo de macizo rocoso, RQD, RMR, Q(Burton) de cada una de las canteras ,determinar el porcentaje al desgaste por frotamiento utilizando el equipo Micro Deval ,determinar el peso específico y densidad de la roca de cada cantera y realizar la comparación de resultados para determinar el mejor material para el accesos mineros.

Con el análisis y comparación de la resistencia al desgaste por frotamiento usando el equipo Micro Deval, logramos determinar que cantera Juancito presenta un factor de 2.6% de desgaste frente a un 2.4% de cantera Bazán, por lo que se concluye que no hay mucha variación con respecto al porcentaje de desgaste de acuerdo a la norma ASTM 1972.

Finalmente, la comparación de resultados influye que el material con menor desgaste es más óptimo para la durabilidad de las vías generando una optimización de costos a largo plazo.

**Palabras clave:** Análisis, desgaste por frotamiento, pétreo, cantera

## ABSTRACT

The present work of investigation titled: "Analysis and comparison to the wear of stone material of quarry Bazán and Juancito for the use in accesses miners, Cajamarca 2018", his general objective is to determine that quarry has the best stony material for the use in mining accesses , and as specific objectives, to identify the type of rock mass, RQD, RMR, Q (Burton) of each of the quarries, determine the percentage to wear by rubbing using the Micro Deval equipment, determine the specific weight and density of the rock of each quarry and perform the comparison of results to determine the best material for mining access.

With the analysis and comparison of wear resistance by rubbing using the Micro Deval equipment, we were able to determine that Juancito quarry presents a 2.6% wear factor compared to a 2.4% of Bazán quarry, so it is concluded that there is not much variation with respect to the percentage of wear according to the ASTM 1972 standard.

Finally, the comparison of results influences that the material with less wear is more optimal for the durability of the tracks generating a long term cost optimization.

Keywords: Analysis, wear by rubbing, stone, quarry

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La realidad problemática identificada en la región de Cajamarca es que las vías de integración entre ciudades ,departamentos y en proyectos mineros o de otra índole no tienen una duración moderada frente a climas mayormente húmedos en épocas de lluvia porque ya sea se toma los materiales gravimétricos que acompañan al corredor de las obras o proyectos pero dejando pasar la calidad y otras características físicas de cada material pétreo a utilizar ,exponiendo obras de gran envergadura ,vías permanentes en proyectos mineros a realizar mantenimientos periódicos más cercanos generando costos mayores y afectando la rentabilidad de cada proyecto

Según Anicama,(2010) quien realizo una investigación sobre ´Estudio experimental del empleo de materiales de desecho de proceso mineros en aplicaciones prácticas con productos cementicos ´´ el estudio consistió en incorporar relave minero en mezclas de concreto con diferentes porcentajes de reemplazo de cemento por relave ,los porcentajes propuestos fueron 10%,15% y 25%, no afectaran las características físicas principales de los concretos convencionales y que las adiciones de relaves mayores al 15% influyen negativamente y reducen las características resistentes de los concretos convencionales.

Por otro lado Llique, (2014) quien realizo una investigación sobre ´´Comparación de la resistencia a compresión del concreto común y otro concreto usando relaves mineros en proporciones del 25% y 50% de la dosificación del agregado fino´´ llegando a la conclusión que la resistencia a la compresión del concreto con 50% de relave minero es mayor que la del concreto con 25% de relave minero en un 6.86% para un diseño de  $210\text{kg}/\text{cm}^2$ , 2.18% para un diseño de  $175\text{kg}/\text{cm}^2$  y 6.04% para un diseño de  $140\text{kg}/\text{cm}^2$ .

HEBERT (2006), Según Morales C.W. (2012), Cantera es el termino genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales ornamentales y de materiales de construcción. En el texto guía en geología aplicada en E.A.P. De Ingeniería Hidráulica de la Universidad Nacional de Cajamarca, una cantera es el conjunto de labores que se llevan a cabo con la finalidad de explotar el material útil en la construcción. En este caso hablamos de recuperar las rocas duras para clasificarlas y transformarlas, En la explotación de una cantera se toma en cuenta la pendiente, el depósito de material pétreo y la cantidad.

Según Herrera H.J. (2006), explotaciones de cantera para áridos y otros materiales de construcción, explotación de cantera métodos de minería a cielo abierto de la Universidad 16 Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas - España, las explotaciones de cantera fueron explotaciones de escaso interés, dado que se consideraba que daban materiales de muy escaso valor económico, de los que había una enorme abundancia de yacimientos en todas partes, había pocos problemas de agotamiento de esos yacimientos y se exigían unos criterios de selección del material muy elementales.

El término "cantera" englobaba antiguamente a aquellas explotaciones superficiales que:

- Tenían un tamaño pequeño, una escasa tecnificación y bajas producciones.
- Tradicionalmente contaban con uno o dos bancos o de banco único de gran altura.
- Eran anárquicas en sus formas y planteamientos.
- Estaban destinadas a suministrar materiales abundantes de origen mineral y de escaso valor económico.
- Explotaban un yacimiento en el que existían pocos problemas de reservas, agotamiento o de selección del material por haber suficientes recursos a escala global o local. El yacimiento tenía una calidad natural adecuada para las exigencias del mercado, de hecho, eran explotaciones que podían satisfacer las necesidades locales de materiales de construcción sin mayores complicaciones, como lo prueba que la realización de cualquier proyecto nuevo, como podía ser la construcción de una nueva carretera, vía de ferrocarril, puerto, etc., suponía la localización y apertura de una nueva cantera (también llamada "préstamo" en el ámbito de la obra

pública), con el fin de suministrar el material necesario para la obra. También se tiende a buscar en profundidad las reservas explotables para no ocupar mayor superficie de terreno que es más caro y difícil de restaurar.

Para Herrera H. J. (2006, p8), el concepto de cantera tiene nuevas perspectivas motivado, por un lado, por las presiones sociales y ambientales y, por otro, por las crecientes especificaciones técnicas que debe cumplir el material. Hoy en día, en el sector de los áridos se está asistiendo a un cambio muy notable, en el que se ha pasado sin solución de continuidad de las mencionadas explotaciones casi totalmente anárquicas en sus formas y planteamientos y en las que bastaba con unas simples autorizaciones para iniciar los trabajos, a un cúmulo de exigencias técnicas, de calidad, medioambientales, sociales, etc., que obligan al cumplimiento simultáneo de múltiples requisitos en el planteamiento y el desarrollo de un proyecto por pequeño que sea. La demanda de productos de cantera tiene, en general, una clara trayectoria ascendente función del crecimiento de la población y de la riqueza por cápita. Ya no es solo que las exigencias técnicas de la explotación se vean fuertemente incrementadas por las obligaciones ecológicas. Ahora, además, las diferentes administraciones sienten la necesidad de contar con los informes favorables de un amplio número de asociaciones, cuya oposición, muchas veces, no tiene gran justificación o solidez técnica, además de imponer el requisito de integrar las labores extractivas dentro de la política de ordenación del territorio para un teórico uso más racional de éste. En el sector de la roca ornamental, se ha observado como la pujanza europea ha basado su internacionalización y crecimiento precisamente en la tecnificación y el mayor valor añadido obtenido a partir de los desarrollos tecnológicos y de calidad. Son muchas las similitudes que existen entre los distintos tipos de empresas (áridos, minerales industriales y roca ornamental), la tecnología de explotación es parecida, la legislación minero ambiental también y la rentabilidad de las inversiones es del mismo orden de magnitud.

## **Tipos de canteras**

Según (CARLOS LOPEZ JIMENO, 1995) En la actualidad, la producción de roca ornamental se obtiene de explotaciones a cielo abierto y subterráneas, a las que genéricamente se las conoce por canteras.

### **Canteras a cielo abierto**

Las explotaciones de superficie están constituidas por excavaciones tridimensionales por banqueo, atendiendo a las características del terreno donde se encuentran.

#### **Canteras en fosa sobre terrenos llanos.**

Cuando la superficie del terreno es prácticamente horizontal todos los trabajos se efectúan en profundidad

Dentro de este grupo se pueden distinguir dos tipos de canteras, dependiendo de cómo se realiza el acceso y extracción de los materiales.

- Canteras en foso y extracción por guías.
- Canteras en foso y rampas de acceso.

#### **Canteras en ladera sobre terrenos en pendiente**

Las canteras ubicadas en terrenos con un relieve montañoso son explotaciones que en términos generales se llevan a cabo en media ladera.

En muchos casos la extracción comienza por los niveles inferiores, lo que implica que el frente activo se desplace hacia el interior del macizo aumentando progresivamente su altura y el número de bancos y teniendo hasta el final de la explotación un carácter temporal.

### **Canteras de nivelación en terrenos montañosos.**

Otro tipo de canteras son aquellas que al estar emplazadas en lo alto de algún cerro o promontorio natural conducen a la nivelación del terreno original, tanto por la propia extracción como por el relleno de vaguadas con los estériles producidos.

### **Canteras subterráneas.**

La explotación subterránea de rocas ornamentales se está aplicando cada vez más, debido principalmente a tres razones.

#### **Económicas.**

Las formaciones canterables se encuentran en ocasiones en terrenos abruptos que exigen en los diferentes avances labores preparatorias muy importantes, o que presentan recubrimientos de estériles o materiales alternados muy potentes, que se traducen en un movimiento voluminoso con el consiguiente gasto económico.

#### **Medioambientales.**

La apertura de canteras a cielo abierto en áreas de alto valor ecológico está cada vez más restringida, por lo que la extracción por interior constituye una buena alternativa.

#### **Climatológicas.**

Las labores extractivas de interior no se ven afectadas por las condiciones climatológicas externas, que pueden presentarse en diferentes épocas del año y que provocan `paradas frecuentes o, al menos, bajadas de rendimiento.

Existen actualmente canteras subterráneas de piedra natural en diversos países como Italia, Francia y España encontrándose algunos enclaves más importantes en Candoglia.

Figura 1 Etapas para la explotación de una cantera.



Fuente: Morales C.W. (2012).

### **Materiales de origen natural**

(Monge, 2014) En mecánica de rocas los materiales con los que se trabaja no pueden ser elegidos, sino ensayados, analizados y utilizados en la mejor manera posible para los fines deseados. Debido a su origen natural, estos materiales no tienen por qué ser homogéneos y constantes en sus propiedades y compartimientos.

### **Roca**

Según (Oyanguren, 2004) se define como un agregado sólido, formado por uno o varios minerales que se encuentran ocupando grandes extensiones de la corteza terrestre.

### **Fractura de roca**

Monge (2004) define a la rotura de los materiales más comunes en ingeniería industrial y de la construcción, como el acero y el hormigón, se produce al estar sometidos a tracción. Sin embargo, los campos tensionales que actúan comúnmente en el ámbito de la mecánica de rocas se encuentran predominantemente en el domicilio de la

comprensión, por lo que las teorías desarrolladas para los materiales anteriores no son directamente aplicables a los macizos rocosos.

### **Macizo rocoso**

Se define como a la forma en la que se presentan las rocas en el medio natural. Así pues, un macizo rocoso estará definido por la roca y la estructura, que a su vez contendrá planos de estratificación, fallas, juntas, pliegues y otros caracteres estructurales. Los macizos rocosos son por tanto discontinuos y pueden presentar propiedades heterogéneas y anisótropas.

### **Meteorización**

Según (Monge, 2004) puede ser definida como la alteración físico-químicas de las rocas en superficie, debido a las reacciones con soluciones atmosféricas líquidas o gaseosas. Además una roca sometida a un elevado grado de meteorización se convertirá finalmente en un material desagregado o poco cementado que se conoce por suelo, de forma que a medida que un macizo rocoso se va meteorizando tenderá a parecerse a este tipo de materiales.

### **Suelo**

Se define como un material formado por partículas sólidas y poros rellenos de agua o aire, sin cementación o poco cementado, originado por la alteración de las rocas y sobre el que se desarrolla la mayor parte de la actividad humana y biológica.

### **Clasificación geomecánica de las rocas**

Según (Monge, 2004) indica que las rocas se han originado de la siguiente forma.

- Primero se formó una corteza sólida con los materiales procedentes de zonas más profundas de la tierra. Estos materiales, que consisten en una masa fluida en la que coexistían fases sólidas, líquidas y gaseosas, se denominan magmas. Cuando los

magma ascienden a zonas superiores se solidifican. Esta solidificación puede producirse en superficie, la solidificación tiene lugar de manera brusca y no se forman cristales grandes, a veces la roca queda vitrificada, así se originan las rocas volcánicas o efusivas como los basaltos. Cuando la solidificación se produce a profundidad el enfriamiento es lento; así se forman las rocas intrusivas o plutónicas, como los granitos. El conjunto de rocas volcánicas e intrusivas constituye las rocas ígneas.

- Las rocas quedan expuestas a la erosión, sus componentes son alterados y transportados en disolución o en suspensión por las aguas superficiales hasta el mar o los lagos, donde sedimentan.
- Las rocas detríticas que están formadas por partículas de otras rocas como, por ejemplo: las areniscas y las rocas arcillosas (lutitas).
- Las rocas físico-químicas y las de origen biológico que provienen de la acción de los seres vivos, como las rocas carbonatadas y las salinas.

En ciertas zonas, al acumularse los sedimentos, se produce un hundimiento del fondo marino, con el consiguiente aumento de presión y temperatura de los mismos. Como consecuencia, los minerales, que en superficie están en equilibrio pasan a ser inestables a medida que van ganando profundidad, produciéndose recristalizaciones. Este proceso origina las rocas metamórficas, que se caracterizan por la orientación de los minerales, que les da con frecuencia un aspecto foliado o esquistoso. Las rocas magmáticas pueden también verse sometidas a un proceso similar. Las rocas más comunes dentro de este grupo son los esquistos y los gneises.

Como se acaba de exponer, según su génesis, las rocas se dividen en tres grupos: ígneas, sedimentarias y metamórficas. Sin embargo, desde el punto de vista de su comportamiento mecánico es mejor agruparlas en los cuatro grupos siguientes.

- Rocas cristalinas, por ejemplo: granito, basalto, gneiss, caliza, dolomía, mármol, sal común, etc.

- Rocas clásticas, como, por ejemplo: areniscas con varios cementos.
- Rocas de grano muy fino, por ejemplo: argilitas, limolitas, margas, etc.
  
- Rocas orgánicas, por ejemplo: lignito, hulla, antracita, pizarras bituminosas, etc.

Las rocas cristalinas consisten en cristales imbricados de silicatos, carbonatos, sulfatos u otras sales.

Las rocas clásticas consisten en granos o conjuntos minerales de otras rocas unidos mediante un cemento.

En las rocas de grano fino los componentes fundamentales son el limo y la arcilla. Las principales rocas orgánicas son los carbones, las antracitas y las hullas son en general, relativamente resistentes, pero suelen tener fisuras.

### **Características físicas de la roca.**

Las rocas, como la mayoría de los sólidos, pueden ser caracterizados mediante una serie de propiedades básicas, entre las cuales las más comunes son: densidad, humedad, porosidad, grado de saturación y permeabilidad.

### **Densidad**

En función de cómo se encuentra la roca, se puede distinguir la densidad natural y la densidad seca.

La denominada densidad natural o húmeda es la relación entre la masa de una muestra de roca en su estado natural, o sea, con un cierto contenido de humedad, y el volumen que ocupa:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde,

$\rho$  = densidad natural

M = masa de la muestra

V = volumen de la muestra

Cuando la muestra de roca se ha secado previamente en una estufa a una temperatura de 110°C, su densidad se denomina seca:

$$\rho_s = \frac{m_s}{v_s}$$

Donde

$\rho_s$  = densidad seca

$m_s$  = masa seca

$v_s$  = volumen seco

El volumen natural o seco de una muestra de roca es la suma del volumen que ocupan las partículas sólidas más el de los poros, por este motivo tiene sentido hablar de la densidad de las partículas (granos o cristales) de la roca, que está claramente relacionada con su composición mineralógica. Para determinarla es necesario moler una determinada masa de roca y medir, con la ayuda de un picnómetro el volumen ocupado de las partículas:

$$\rho_p = \frac{m_p}{v_p}$$

Donde

$\rho_p$  = densidad de las partículas

$m_p$  = masa de la muestra de roca

$v_p$  = volumen de las partículas

Tabla 1 Densidad y velocidad de propagación de ondas de compresión de algunos minerales.

Mineral	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Vp (m/s)
Anfíboles	2980-3200	7200
Augita	3200-3400	7200
Biotita	2900	5130
Calcita	2710	6660
Dolomita	2870	7900
Magnetita	5170-5180	7410
Moscovita	2830	5810
Oligoclasa	2640-2670	6260
Olivino	3250-3400	8400
Ortosa	2570	5690
Cuarzo	2650	6050

Fuente: (Monge, 2004)

### Peso específico

Según (MOTT, 2006) el peso específico es la cantidad de peso por unidad de volumen de una sustancia Si se denota el peso específico con la letra griega  $\gamma$  (gamma), entonces:

$$\gamma = \frac{w}{v}$$

Dónde: V es el volumen de una sustancia que tiene peso w. Las unidades del peso específico son los newtons sobre metro cúbico (N/m<sup>3</sup>) en el SI, y libras sobre pie cúbico (Ib./ pie<sup>3</sup>) en el Sistema tradicional de Estados Unidos. Conviene, con frecuencia, indicar el peso específico o la densidad de un fluido en términos de su relación con el peso específico o la densidad de un fluido común.

Según (LLANO, 1975) se designa por  $\gamma$  el peso específico del suelo in situ no sumergido, es decir el peso de la muestra que ocupa el volumen unitario. Implica particularmente el agua comprendida naturalmente entre sus partículas solidas

### **Peso específico seco $\gamma_d$**

Se designa por  $\gamma_d$  el peso de materias secas comprendidas en una muestra que ocupa en el estado natural el volumen unitario, es decir el peso que subsiste de esta muestra tras la pérdida de toda su agua intersticial, pero no del agua que entra en la composición química de las partículas.

### **Peso específico saturado $\gamma_{sat}$**

Se designa por  $\gamma_{sat}$  el peso total de la muestra que ocupa el volumen unitario, después de su saturación con agua (esta notación no figura actualmente en la terminología internacional).

### **Humedad**

Según (Monge, 2004) define la humedad de una muestra como la relación, expresada en porcentaje, entre la masa de agua contenida en la roca que se evapora a 110° de temperatura y la masa de la muestra seca.

$$H = \frac{m_H}{m_S} \cdot 100$$

Donde

H= tanto por ciento de humedad

$m_H$ =masa de agua contenida en la muestra

$m_S$ =masa de roca seca

### **Dureza.**

(MORENO) La dureza es la oposición que realiza un material a ser penetrado, hendido o rayado. Para medir la dureza de un material se utiliza el durómetro o micro durómetro y consiste en medir la huella que se produce en el material al ser penetrado por un inventador duro. Lo contrario de duro es blando y en este caso la huella será más grande.

### **Resistencia al desgaste.**

(MORENO, 2014) El desgaste de un material es la pérdida de estructura superficial del mismo. El desgaste puede ser de origen mecánico, debido al raspado de la superficie por sustancias abrasivas (desgaste abrasivo) o a tensiones intermitentes o microtraumatismos (desgaste por fatiga) y de origen químico por disolución o corrosión (desgaste erosivo).

### **Compresibilidad**

Según (MOTT, 2006) La compresibilidad se refiere al cambio de volumen (V) que sufre una sustancia cuando se le sujeta a un cambio de presión. La cantidad usual que se emplea para medir este fenómeno es el módulo volumétrico de elasticidad, o sencillamente módulo volumétrico, (E).

$$E = \frac{-\Delta p}{\frac{(\Delta V)}{V}}$$

### **El R.Q.D. (Rock Quality Designation)**

Según (Oyangüiren) es un factor de recuperación modificado, en el cual se anotan todos los trozos de testigos de longitud superior a 10 cm y se expresan como porcentaje de la longitud total perforada. Se descuentan los trozos más pequeños, procedentes de juntas muy próximas, fallas o meteorización.

## **EL R.M.R. (Rock Mass Rating)**

Según (H. Pérez-Acebo) es el índice que evalúa la competencia del macizo rocoso.

$$RMR = 9. \ln Q + 44 \pm 18$$

### **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo el análisis y comparación al desgaste de material pétreo de la cantera Bazán y Juancito influyen en el uso de accesos mineros, Cajamarca 2018?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar que cantera tiene el mejor material pétreo para el uso en accesos mineros.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Identificar el tipo de macizo rocoso, RQD, RMR, Q(Burton) de cada una de las canteras
- Determinar el porcentaje al desgaste por frotamiento utilizando el equipo Micro Deval.
- Determinar el peso específico y densidad de la roca de cada cantera.
- Realizar la comparación de resultados y determinar el mejor material para accesos mineros.

### **1.4. Hipótesis**

Mediante el estudio de resistencia al desgaste podremos identificar el mejor material para ser utilizado en el uso de accesos mineros.

## CAPÍTULO II. METODOLOGIA

### 2.1. Tipo de investigación

#### 2.1.1. Nivel de Investigación:

La investigación tiene un nivel explicativo, dado que se establecerá las causas de los eventos o sucesos de porque se debe Realizar los análisis y comparación al desgaste de material pétreo de cantera Bazán y Juancito para el uso en accesos mineros, Cajamarca 2018.

#### 2.1.2. Diseño de la Investigación:

Según (Hernandez, Fernandez, & Babtista, 2014), la investigación es No experimental, pues no se manipulan las variables, solamente se observan los fenómenos tal y como se dan en un contexto natural para después analizarlos. Es de tipo aplicada ya que según el autor (Valderrama, 2013) esta estrechadamente asociada con la investigación de carácter básico, debido que va depender de sus aportes teóricos y de sus descubrimientos para efectuar la solución de problemas, con el fin de fomentar el bienestar hacia la sociedad. Así mismo es longitudinal ya que en los datos se recolectan los detalles e información en distintos tiempos. Busca explicar variables y analizar su interrelación e incidencia en un momento específico. El nivel de investigación es explicativo casual, porque trata de explicar el motivo de ocurrencia de un fenómeno y las condiciones en las que se manifiesta, o porque se relacionan las variables

### **2.1.3. Tipo de la Investigación**

El Tipo de estudio es de tipo Cuantitativo ya que se realizará mediciones utilizando cuadros comparativos de resultados de, ANÁLISIS Y COMPARACIÓN AL DESGASTE DE MATERIAL PETREO DE CANTERA BAZAN Y JUANCITO PARA EL USO EN ACCESOS MINEROS, CAJAMARCA 2018.

## **2.2. Población y muestra**

### **2.2.1. Población**

Material pétreo de las 40 canteras de Cajamarca según la sectorización entre formales, en proceso de formalización y constituidas como empresa de transportes.

### **2.2.2. Muestra**

01 kg de material pétreo de ½ pulg de cantera Bazán.

01 kg de material pétreo de ½ pulg de cantera Juancito.

### **2.2.3. Materiales**

- 06 galones de agua destilada
- Bandejas de 15 Cm por 12 Cm
- Balanza electrónica
- Probeta graduada de 1000 MI
- Juego de tamiz
- Estufa de secado
- Libreta de notas
- Lápiz
- Cámara fotográfica

#### 2.2.4. Instrumentos

- 01 Brújula
- 01 GPS
- 01 Martillo Schmidt
- Peine de Barton
- Picota
- Flexómetro
- Wincha
- Micro deval

### 2.2.5. Operalización de variables

VARIABLES	CONCEPTO	DIMENSIONES	INDICADORES
<b><u>Independiente</u></b>			
Desgaste de material pétreo.	(Moreno 2014) es el daño por la acción de partículas sólidas presentes en la zona de rozamiento. En los agregados una de las propiedades físicas en las cuales su importancia y su conocimiento es indispensable en el diseño de las mezclas es la resistencia a la abrasión o desgaste de los agregados.	-Desgaste.  -Resistencia  tamizado	-Porcentaje  Mpa/RQD/RMR/ Q(barton)  -1/2 pulgada
<b><u>Dependiente</u></b>			
Calidad del material para vías	Según olivera (1994), estas pruebas se realizan para conocer las características de los materiales. Las pruebas pueden ser de clasificación, de control y calidad de un proyecto. Con las pruebas de control se verifica que la obra cumpla con la estructuración racional de la sección transversal	-Tiempo de duración	-Días/Meses

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

### **2.3.1. Recolección y análisis de datos**

#### **a) La Observación.**

Se observó la problemática y el constante tiempo de durabilidad en vías de acceso tantas públicas como privadas, es por ello que se requirió a un análisis de las canteras que son proporcionadoras del material de interés, tomando como muestra a dos canteras de diferente ubicación para ver la diferencia de desgastes que presenta a través del método por frotamiento.

#### **b) La ficha de Observación**

Se utilizó fichas de observación estructuradas para recolección de datos, tal es el caso de las tablas geomecánicas de bieniawski 1989 para la determinación de RMR y otras características físicas del macizo rocoso, el equipo micro deval para obtener el desgaste del material pétreo. Se utilizó fichas de observación no estructuradas como libreta de notas, cámaras fotográficas que nos ayudan a recolectar la información de una manera abierta sin necesidad de linearse a ciertos parámetros.

### **2.3.2. Métodos de análisis de datos**

Con la información recolectada mediante las fichas de observación estructuradas y no estructuradas se empleó un método anatómico ya que se presenta planos planimétricos y geológicos para la determinación y delimitación de las áreas de estudio

#### **Programas para análisis de la información.**

Microsoft Excel

Auto cad

Word

## 2.4. Procedimiento

Se procedió a especificar cada una de las características geomecánicas de cada una de las canteras (cantera Juancito) y (cantera Bazán)

### 2.4.1. Macizo rocoso, RQD, RMR, Q(Barton) de cada una de las canteras

#### Macizó rocoso

La caracterización de un macizo rocoso constituye la fase inicial en todo estudio geológico-geotécnico e implica la descripción de las características particulares que intervienen y que juegan un papel importante en el comportamiento geo mecánico del macizo frente a procesos de desestabilización, es por ello que se tomó los siguientes parámetros por separado

#### RQD

El RQD asigna un porcentaje de calificación al macizo rocoso, de 100% (el más competente) a 0% (el menos competente)

Tabla 2 Índice de calidad de la roca y valor RQD

Descripción del índice de calidad de roca	Valor del RQD
Muy pobre	0 - 25
Pobre	25 - 50
Regular	50 - 75
Buena	75 - 90
Excelente	90 - 100

Interpretación de valores de RQD (Deere, 1964)

## Q (Barton)

Para encontrar el Q (Burton) se analizó el grado de fractura miento y conjunto de familias para obtener la calidad del macizo rocoso y se consideró los siguientes parámetros.

Tabla 3 Pruebas de índices manuales de las rocas

Descripción	Q
Roca Excepcionalmente Mala	0.001 – 0.01
Roca Extremadamente Mala	0.01-0.1
Roca Muy Mala	0.1-1
Roca Mala	1-4
Roca Regular	4-10
Roca Buena	10-40
Roca Muy Buena	40-100
Roca Extremadamente Buena	100-400
Roca Excepcionalmente Buena	400-1000

Interpretación del índice Q (Barton, 1974)

RQD = Índice de calidad de la roca

Jn = Parámetro basado en el número de familias de discontinuidades

Jr = Parámetro basado en la rugosidad de las discontinuidades

Ja = Parámetro basado en la alteración de las discontinuidades

Jw = Parámetro basado en la presencia de agua

SRF= Factor de reducción de esfuerzos

## RMR

Se procedió a identificar una zona de estudio donde aflora la dirección de la estratigrafía, discontinuidades geológicas, grado de meteorización dentro de las cuales la estructura es homogénea.

$$RMR = 9. \ln Q + 44 \pm 18$$

### **Resistencia a la compresión**

Se tomó cinco muestras representativas de cada cantera para ser sometidas a una carga puntual y determinar su grado de dureza en Mpa y Kn utilizando el equipo de carga puntual digital, llegando a obtener un promedio de dureza con respecto a cada cantera.

$\Sigma$  de las muestras/N° de las muestras = Resultado

### **2.4.2. Porcentaje al desgaste por frotamiento utilizando el equipo Micro Deval.**

#### **Cantera Bazán**

#### **Ubicación del punto de muestreo**

Ubicación Geográfica: el proyecto minero no metálico “BAZAN” se encuentra en el km 2.91 de la carretera Cajamarca- Bambamarca, en el margen izquierdo al NE de la ciudad de Cajamarca.

#### **Accesibilidad:**

Tiene como vía de acceso la carretera pavimentada Cajamarca - Bambamarca, por donde se transporta el agregado de la cantera en explotación "zona B".

Zona A: Lugar de donde se extrae el agregado fino tiene una arena bien graduada, esta se puede utilizar en obras de construcción.

Principalmente es una arena silicosa, la misma que se usa en la elaboración de diferentes concretos.

Zona B: Predomina el material grueso (grava bien graduada). También tiene de acceso la vía que mencionamos anteriormente, la roca predominante de la zona es la arenisca cuarzosa y de forma angulosa respectivamente.

Tabla 4 Coordenadas de punto de muestreo cantera Bazán

Puntos que limitan el estudio	Coordenadas		Altitud (msnm)
	WGS84 – 17S		
	Norte(N)	Este(E)	
2	9210579	0773386	2616

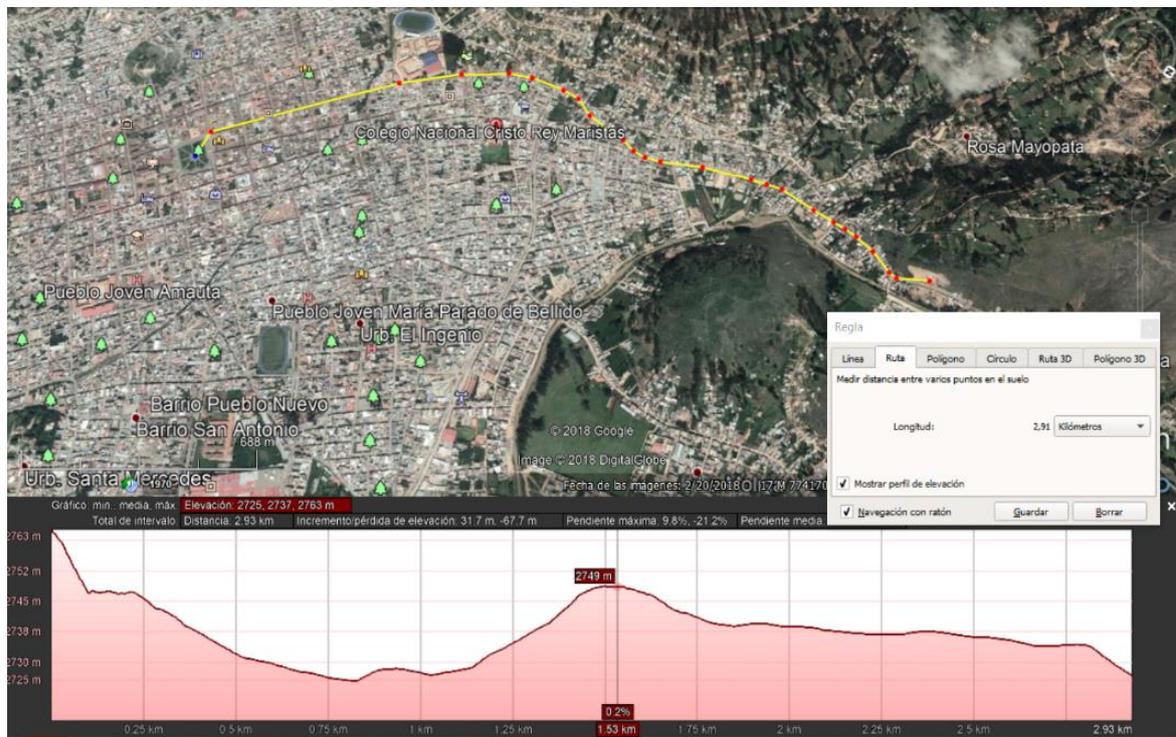
Nota: Elaboración Propia

Tabla 5 Accesibilidad a la zona de estudio

Tramo	Tipo de vía	Tiempo(min)
Cajamarca – Salida Bambamarca	Asfalto	15 min
Bambamarca - Cajamarca	Asfalto	3 h

Nota: Elaboración Propia

Figura 2 Imagen satelital georreferenciada del nivel de referencia regional hacia la cantera Bazán



Fuente: Google heart

Luego se procedió a realizar el siguiente ensayo obteniendo lo siguiente

- Se recogió 15kg de material gravimétrico para ser secado por el lapso de 72 horas continuas a una temperatura ambiente.

- Se tamizó en un juego de mallas completo.
- Se escogió el retenido en el tamiz de ½ pulg la cual sirvió para realizar el ensayo.
- Se pesó 500gr de material para cada una de las celdas del equipo micro deval.
- Se agregó 5 litros de agua destilada para cada celda para iniciar el ensayo por frotamiento.
- Se puso en funcionamiento el equipo a una revolución de 20 rpm por lapso de 2 horas continuas.
- Posteriormente se extrae la muestra y se coloca en el horno de secado a 105 °c por un tiempo de 12 horas continuas.
- Se repite el procedimiento por tres días continuos.
- Se procede a pesar el sedimento producto del desgaste por frotamiento realizado en el ensayo en el equipo micro deval

### Cantera Juancito

#### Ubicación del punto de muestreo

La zona de estudio se encuentra localizada al NW del Perú; al SW de la ciudad de Cajamarca aproximadamente a 13,48 km. La extensión de la zona que tiene como punto central las siguientes coordenadas:

#### Accesibilidad:

Su vía principal de acceso al departamento de estudio es por dos vías, tanto aérea como terrestre.

Vía de acceso principal a la zona de estudio

Tabla 6 Coordenadas de punto de muestreo de cantera Juancito

Puntos que limitan el estudio	Coordenadas		Altitud (msnm)
	WGS84 - 17S		
	Norte(N)	Este(E)	
2	91991114	0779034	3225

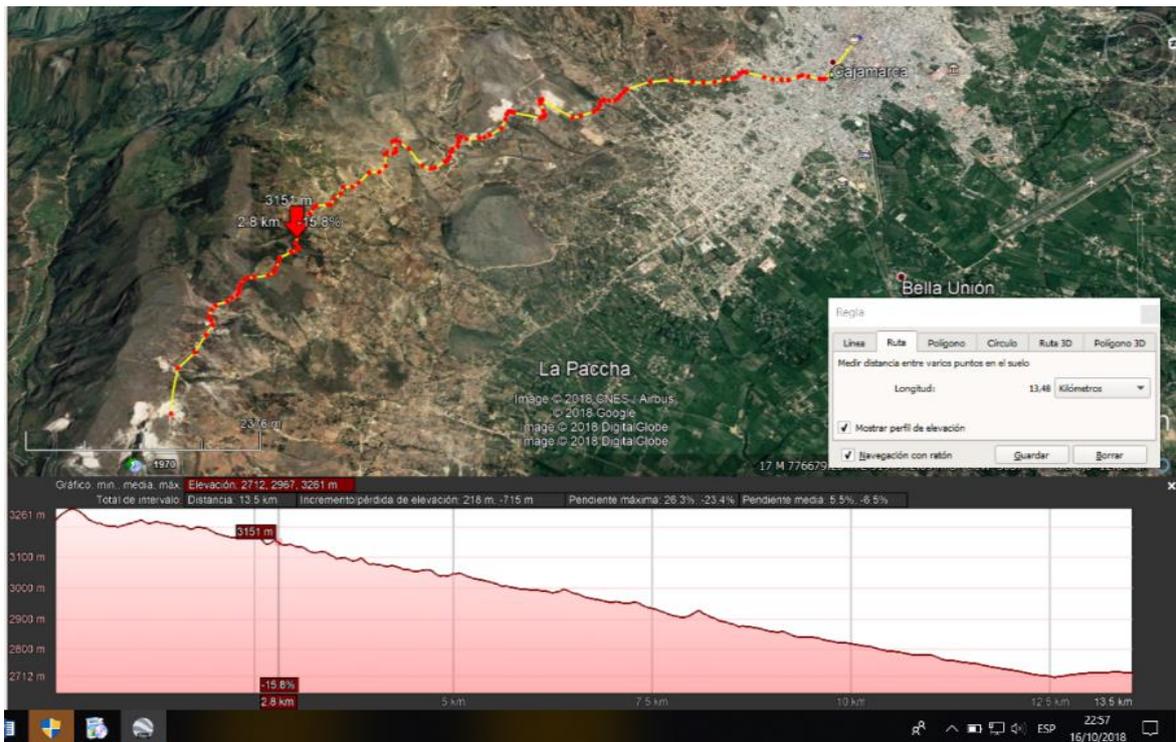
Nota: Elaboración Propia

Tabla 7 Accesibilidad a la zona de estudio

Tramo	Tipo de vía	Tiempo(min)
Cajamarca – Guitarrero	Asfaltado	25
Lima – Cajamarca	Aérea	1 h
Lima - Cajamarca	Terrestre	14 h

Nota: Elaboración Propia

Imagen 3 Imagen satelital georreferenciada del nivel de referencia regional hacia la cantera Juancito



Fuente: Google heart

Luego Procedimos a realizar el siguiente ensayo obteniendo lo siguiente

- Se recogió 15kg de material gravimétrico para ser secado por el lapso de 72 horas continuas a una temperatura ambiente.
- Se tamizo en un juego de mallas completo.
- Se escogió el retenido en el tamiz de ½ pulg la cual sirvió para realizar el ensayo.
- Se pesó 500gr de material para cada una de las celdas del equipo micro deval.
- Se agregó 5 litros de agua destilada para cada celda para iniciar el ensayo por frotamiento.

- Se puso en funcionamiento el equipo a una revolución de 20 rpm por lapso de 2 horas continuas.
- Posteriormente se extrae la muestra y se coloca en el horno de secado a 105 °c por un tiempo de 12 horas continuas.
- Se repite el procedimiento por tres días continuos.
- Se procede a pesar el sedimento producto del desgaste por frotamiento realizado en el ensayo en el equipo micro deval.

### **2.4.3. Peso específico y densidad de la roca de cada cantera.**

#### **Peso específico**

##### **Cantera Bazán**

- Para calcular el peso específico se pesó 1 kilogramo de material pétreo de ½ pulg.
- Para obtener el volumen se utilizó una probeta graduada de 1000ml,
- Unas ves aforado la probeta se sumerge el material pétreo obteniendo un volumen de 1400ml.
- Posteriormente se utiliza la fórmula para calcular el peso específico.

$$\gamma = \frac{w}{v}$$

- Se obtuvo un resultado de 7.01 de peso específico.

##### **Cantera Juancito**

- Para calcular el peso específico se pesó 1 kilogramo de material pétreo de ½ pulg.
- Para obtener el volumen se utilizó una probeta graduada de 1000ml,
- Unas ves aforado la probeta se sumerge el material pétreo obteniendo un volumen de 1400ml.

- Posteriormente se utiliza la fórmula para calcular el peso específico.

$$\gamma = \frac{w}{v}$$

- Se obtuvo un resultado de 7.11 de peso específico.

## **Densidad**

### **Cantera Bazán**

- Con datos referenciales adquiridos para obtener el peso específico se procedió a calcular la densidad del material.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

- Se obtuvo un resultado de 2.5 de densidad

### **Cantera Juancito**

- Con datos referenciales adquiridos para obtener el peso específico se procedió a calcular la densidad del material.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

- Se obtuvo un resultado de 2.63 de densidad

#### **2.4.4. Comparación de resultados**

Al concluir con los ensayos y calcular el porcentaje de desgaste de cada una de las canteras se procedió a identificar que cantera presenta mayor desgaste por frotamiento en el equipo micro deval.

## CAPÍTULO III. RESULTADO

### 3.1. Resultados del macizo rocoso, RQD, RMR, Q (Burton) de cada una de las canteras.

#### 3.1.1. Macizo rocoso

##### Cantera Bazán

*Tabla 8 Parámetros puntuales para la obtención del RMR de cantera Bazán*

Parámetro	Valor
RQD	17
Espaciado	8
Persistencia	2
Separación(abertura)	1
Rugosidad	4
Relleno	3
Meteorización	3
Aguas subterránea	1

Fuente: Fuente propia

##### Cantera Juancito

*Tabla 9 Parámetros puntuales para la obtención del RMR de cantera Juancito*

Parámetro	Valor
RQD	13
Espaciado	8
Persistencia	2
Separación(abertura)	1
Rugosidad	3
Relleno	2
Meteorización	3
Aguas subterránea	1

Fuente: Fuente propia

### 3.1.2. RQD

#### Cantera Bazán

Espaciamiento y número de juntas:

- Familia 1:  $E = 24 - 38 - 39 - 32 = 133/4 = 33.25$

$$J1 = 3$$

- Familia 2:  $E = 13 - 19 - 23 - 25 = 80/4 = 20$

$$J2 = 4$$

- Familia 3:  $E = 13 - 23 - 20 - 14 = 70/4 = 17.5$

$$J3 = 6$$

Tabla 10 Calculo del RQD de cantera Bazán

<b>RQD</b>	
Sumatoria de juntas	Total 13
RQD = $110 - 2,5(13)$	77,5

Desarrollo de la formula actualizada de Bieniawski

Fuente: Elaboración propia

#### Cantera Juancito

Espaciamiento y número de juntas:

- Familia 1:  $E = 15 - 19 - 13 - 14 = 61/4 = 15.25$

$$J1 = 6$$

- Familia 2:  $E = 8 - 10 - 6 - 4 = 28/4 = 7$

$$J2 = 7$$

- Familia 3:  $E = 15 - 19 - 16 - 17 = 67/4 = 16.75$   
 $J3 = 5$

Tabla 11 Calculo del RQD de cantera Juancito

<b>RQD</b>	
	total
Sumatoria de juntas	18
RQD = $110 - 2,5(18)$	65

Desarrollo de la formula actualizada de Bieniawski

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.3. Q (BARTON)

#### Cantera Bazán

Tabla 12 Calculo del Q (Barton) cantera Bazán

<b>Q(Barton)</b>	
	Total
RQD	77,5
Jn	6
Jr	3
Ja	3
Jw	1
SRF	2,5
$Q = RQD/Jn*Jr/Ja*Jw/SRF=$	5,16

Datos recolectados en muestreo de campo y desarrollo de Q

Fuente: Elaboración propia

### Cantera Juancito

Tabla 13 Calculo del Q (Barton) de cantera Juancito

<b>Q(Barton)</b>	
	<b>Total</b>
RQD	65
Jn	6
Jr	2
Ja	4
Jw	1
SRF	2,5
$Q = RQD/Jn*Jr/Ja*Jw/SRF=$	
	2,16

Datos recolectados en muestreo de campo y desarrollo de Q

Fuente: Elaboración propia

#### 3.1.4. RMR

### Cantera Bazán

Tabla 14 cálculo de RMR de cantera Bazán

<b>RMR</b>	
	<b>total</b>
Q (barton)	5,16
$RMR = 10,5LnQ + 42$	
	59.22
RMR (Bieniawski)	56

Obtención de RMR mediante el Q (barton) y la relación según Bieniawski. Según el puntaje obtenido el tipo de roca es de clase IIIa y de denominación media; por lo cual se sugiere un soporte mediante cunetas y/o Muro de pie en periodos de precipitación.

Fuente: Elaboración propia

### Cantera Juancito

Tabla 15 cálculo de RMR de cantera Juancito

RMR	
	total
Q ( barton)	2.16
RMR = $10,5\text{Ln}Q + 42$	50,08
RMR (Bieniawski)	50

Obtención de RMR mediante el Q (barton) y la relación según Bieniawski. Según el puntaje obtenido el tipo de roca es de clase iiib y de denominación media; por lo cual se sugiere un soporte mediante cunetas y/o Malla de pie en periodos de precipitación.

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.5. Resistencia a la compresión

#### Cantera Bazán

Tabla 16 Carga puntual de cantera Bazán

Muestra	MPA	KN
01	3.67	36.71
02	3.57	35.73
03	2.21	17.53
04	2.32	23.24
Total	$13/4 = 2.94$	$113.21/4 = 28.30$

Calculo de la carga puntual con respecto a 4 muestras obteniendo el promedio de estas

Nota: Elaboración propia

### Cantera Juancito

Tabla 17 Carga puntual de cantera Juancito

Muestra	MPA	KN
01	0.52	5.26
02	0.85	8.53
03	0.40	3.4
04	0.30	2.91
Total	$2.07/4 = 0.517$	$20.1/4 = 5.025$

Calculo de la carga puntual con respecto a 4 muestras obteniendo el promedio de estas

Fuente: Elaboración propia

### 3.2. Porcentaje al desgaste por frotamiento utilizando el equipo Micro Deval.

#### Cantera Bazán

Tabla 18 Ensayo de desgaste cantera Bazán

ENSAYO DE PORCENTAJE DE DESGASTE			
	GRAMOS	HORAS	VELOCIDAD
Peso inicial	1000		
Peso final	975,65		
Tiempo		2	
Rpm			20
$D = 1000 - 975,65 = 24,35 * 100 / 1000 = 2,435\%$			

Calculo del desgaste por el método de frotamiento utilizando el equipo micro deval

Fuente: Elaboración propia

**Cantera Juancito**

Tabla 19 Ensayo de desgaste de cantera Juancito

ENSAYO DE PORCENTAJE DE DESGASTE			
	GRAMOS	HORAS	VELOCIDAD
Peso inicial	1000		
Peso final	973,55		
Tiempo		2	
Rpm			20

$D = 1000 - 973,33 = 26,45 * 100 / 1000 = 2,645\%$

Calculo del desgaste por el método de frotamiento utilizando el equipo micro deval

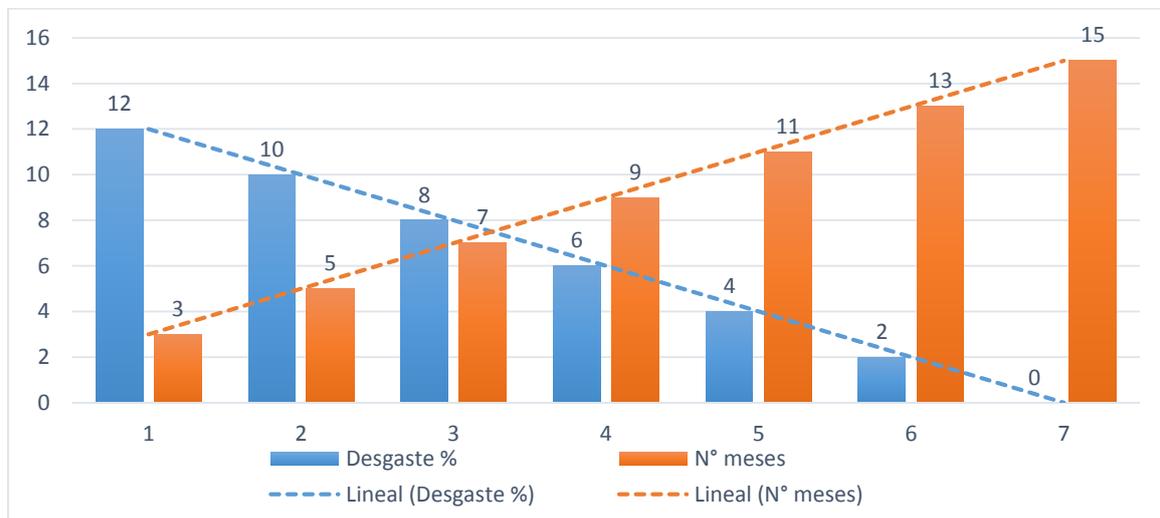
Fuente: Elaboración propia

Tabla 20 Análisis de desgaste con respecto al tiempo de duración

% de desgaste	12%	10%	8%	6%	4%	2%	0%
N° de meses	3	5	7	9	11	13	15

Fuente: Elaboración propia

Figura 4 comparaciones del desgaste con respecto al tiempo



Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Peso específico y densidad de la roca de cada cantera

#### Cantera Bazán

Tabla 21 Calculo del peso específico de cantera Bazán

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO			
	GRAMOS	M/S	ML
Masa	1000		
Gravedad		9,81	
Volumen			400
$\gamma = m \cdot g / v$		24,535 N/m <sup>3</sup>	

Desarrollo de la fórmula del peso específico

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22 Calculo de la densidad de Cantera Bazán

ENSAYO DE DENCIDAD		
	GRAMOS	cm <sup>3</sup>
Masa	1000	
Volumen		400
$\rho = m / v$		2,5 g/cm <sup>3</sup>

Desarrollo de la fórmula de la densidad

Fuente: Elaboración propia

### Cantera Juancito

Tabla 23 Calculo del peso específico de cantera Juancito

<b>ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO</b>			
	GRAMOS	M/S	ML
Masa	1000		
Gravedad		9,81	
Volumen			380
$\gamma = m \cdot g / v$		25,825 N/m <sup>3</sup>	

Desarrollo de la fórmula del peso específico

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24 Calculo de la densidad de cantera Juancito

<b>ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO</b>		
	GRAMOS	cm <sup>3</sup>
Masa	1000	
Volumen		380
$\rho = m / v$		2,63g/cm <sup>3</sup>

Desarrollo de la fórmula de la densidad

Fuente: Elaboración propia

### 3.4. Comparación de resultados para determinar el mejor material en el uso de accesos minero.

#### Cantera Bazán

ENSAYO DE PORCENTAJE DE DESGASTE			
	GRAMOS	HORAS	VELOCIDAD
Peso inicial	1000		
Peso final	975,65		
Tiempo		2	
Rpm			20
$D = 1000 - 975,65 = 24,35 * 100 / 1000 = 2,435\%$			

#### Cantera Juancito

ENSAYO DE PORCENTAJE DE DESGASTE			
	GRAMOS	HORAS	VELOCIDAD
Peso inicial	1000		
Peso final	973,55		
Tiempo		2	
Rpm			20
$D = 1000 - 973,33 = 26,45 * 100 / 1000 = 2,645\%$			

Se realizó la comparación de resultados de ambas canteras utilizando los mismos parámetros para cada una de ellas, y llegando a obtener un mayor desgaste la cantera Juancito con un factor de 2.6% superando a un factor de 2.4% de cantera Bazán

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Campos (2017) en base a sus resultados señala que las dos canteras escogidas para su investigación son los más comerciales en la construcción en el distrito de Jaén, de formas y texturas bien definidos. Según tablas de la norma británica BS-812 que han sido adoptadas como ciertas por el Instituto del Concreto de 1997, la piedra chancada o triturada tiene forma angular porque tiene bordes bien definidos en las intersecciones de caras que a la vez son aproximadamente planas, y según su textura lo clasifica como ásperas porque sus caras tienen fracturas rugosas. Así mismo clasifica a las gravas de río como agregado de forma redondeada y textura lisa porque son completamente desgastadas por el agua o totalmente formadas por fricción.

RESUMEN DE RESULTADOS		
CANTERA OLANO		
NOMBRE DE ENSAYO	RESULTADO	
	A.F	A.G.
P.U.S.S (KG/M3)	1625.56	1445.68
P.U.S.C. (KG/M3)	1815.55	1606.54
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.50	0.27
P. ESPECIFICO DE MASA (G/CM3)	2.64	2.71
P. ESPECIFICO APARENTE (G/CM3)	2.77	2.79
ABSORCION (%)	1.83	0.96
ABRASION (% DE DESGASTE)		18.90%
% DE MATERIAL FINO QUE PASA LA MALLA N°200	2.72	0.43

RESUMEN DE RESULTADOS		
CANTERA JOSECITO		
NOMBRE DE ENSAYO	RESULTADO	
	A.F	A.G.
P.U.S.S (KG/M3)	1620.08	1466.62
P.U.S.C. (KG/M3)	1919.74	1619.49
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.23	0.57
P. ESPECIFICO DE MASA (G/CM3)	2.56	2.53
P. ESPECIFICO APARENTE (G/CM3)	2.68	2.58
ABSORCION (%)	1.74	0.86
ABRASION (% DE DESGASTE)		18.8.00%
% DE MATERIAL FINO QUE PASA LA MALLA N°200	8.72	0.75

Así mismo Acosta (2017) en base a sus resultados determino de forma rápida y, por tanto, los porcentajes (%) de cada uno de los agregados, estudiando los diferentes tamices y considerando cuál de los agregados controlara la cantidad del material que pasa en un determinado tamiz. Al hacer la combinación de los agregados es deseable, siempre que sea factible, producir una granulometría que se aproxime lo más posible a la media de los límites de las especificaciones., en primer lugar, presto atención a la cantidad que pasa el tamiz N° 50, ya que muchos técnicos del hormigón consideran que esta cantidad ejerce una influencia importante sobre la trabajabilidad del hormigón. En principio, podría considerarse una mezcla 50-50%, dichos resultados difieren a esta investigación debido al distinto tipo de litología y la compactación de la roca, mostrando diferentes parámetros

<b>AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA)</b>		
<b>PROPIEDAD MECÁNICA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
Tamaño Nominal Máximo	plg.	3/4"
Peso Unitario Suelto	gr./cm <sup>3</sup>	1.31
Peso Unitario Compactado	gr./cm <sup>3</sup>	1.50
Peso Específico	gr./cm <sup>3</sup>	2.65
Capacidad de Absorción	%	0.86
Contenido de Humedad	%	2.10
Abrasión	%	39.50%
Módulo de Finura	-	7.4
<b>AGREGADO FINO (ARENA)</b>		
<b>PROPIEDAD MECÁNICA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
Módulo de Finura	-	3.02
Peso Unitario Suelto	gr./cm <sup>3</sup>	1.63
Peso Unitario Compactado	gr./cm <sup>3</sup>	1.79
Peso Específico	gr./cm <sup>3</sup>	1.62
Capacidad de Absorción	%	5.38
Contenido de Humedad	%	10.46
% que pasa la malla N° (<0.5%)	%	0.81

## 4.2. Conclusiones

- Se determinó un porcentaje de 2.6% de desgaste para cantera Juancito y un porcentaje de 2.4% de desgaste para cantera Bazán de una muestra de 01 Kg.
- Se determinó un peso específico de  $24.535 \text{ N/m}^3$  y una densidad de  $2.5 \text{ g/cm}^3$  para cantera Bazán y un peso específico de  $25.825 \text{ N/m}^3$  y una densidad de  $2.6 \text{ g/cm}^3$  para cantera Juancito.
- Según la caracterización del Macizo rocoso se obtuvo valores de RMR similares los cuales son de clase III y de denominación media; debido a que las 02 canteras se encuentran en la misma unida litoestratigráfica o Formación; dichos valores indican la permanencia y mantenimiento de cunetas o muros para el caso de la cantera Bazán con la finalidad de evitar accidentes u obstrucción de la vía, ya que dicha cantera es colindante con la berma de tránsito y la vía interprovincial.
- Según el cuadro de comparación de resultados se obtuvo que cantera Bazán presenta un menor desgaste, considerando que es el material más resistente para los accesos en minería.

## REFERENCIAS

- (CARLOS LOPEZ JIMENO, 1995) Manual de rocas
- (HEBERT, 2006)
- (MOTT.ROBERT, 2006) Mecánica de fluidos
- (LLANO, 1975) Fundamentos de mecánica del suelo proyecto de muros y cimentación
- (MORENO, 2014) física
- (Monge, 2004) Fundamentos e ingeniería de taludes
- (VIDAL, 2016) Análisis de la degradación de los agregados pétreos a causa de la compactación por impactos canteras mitricol y doble a ingeniería
- (Osinergmin, 2017) Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas
- (CAJAMARCA, 2012) Tablas geomecánicas
- (ING. CECILIA ARIAGNO ING. DANIEL MORENO , 2014) física-elasticidad
- (SILVA, 2016) Caracterización geomecánica del macizo rocoso del área del contrato 01-068-96 “cooperativa cooprocarbon sugamuxi” municipio de gámeza boyacá.
- (Toroverero, 2014) Evaluación geotécnica de los taludes de la carretera cruz blanca-el gavilán.
- (Quispe, 2015) “Efecto de la energía de compactación en la densidad seca máxima y contenido óptimo de humedad del suelo granular de la cantera el gavilán, 2015”
- (ASTM international) Standard Test Method for Resistance of Coarse Aggregate to Degradation by Abrasion in the Micro-Deval Apparatus
- (INVIAS) Determinación de la resistencia del agregado grueso al desgaste por abrasión utilizando el aparato micro-deval
- (MTC, 2006) Reglamento nacional de gestión de infraestructura vial.
- (AASHTO, 2014) Standard specifications for highway bridges”

## **ANEXOS**

### **ANEXO 1 PLANO DE UBICACIÓN DE CANTERA BAZÁN**

## **ANEXO 2 PLANO DE UBICACIÓN DE CANTERA JUANCITO**

### **ANEXO 3 ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA DE CANTERA BAZÁN**

## **ANEXO 4 ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA DE CANTERA JUANCITO**

## **ANEXO 5 PLANO DE UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUFIO**

Anexo 6 Acceso a la cantera Juancito



Acceso a la Cantera Juancito para recolección de las muestras para sus posteriores análisis

Anexo 7 Acceso a la cantera Bázan



Acceso a la Cantera B para recolección de las muestras para sus posteriores análisis

Anexo 8 Secado del material pétreo



En esta imagen podemos observar el secado del material pétreo de cantera Bazán y Juancito

Anexo 9 Secado del material pétreo



En esta imagen podemos observar el secado del material pétreo de cantera Bazán y Juancito Por segundo día consecutivo.

Anexo 10 Tamizado del material



Tamizado de las muestras para obtención del material pétreo de ½ pulg

Anexo 11 Tamizado del material



Tamizado de las muestras para obtención del material pétreo de ½ pulg.

#### Anexo 12 Pesado del material



Pesado de la muestra de ½ pulg para el ensayo de frotamiento en la maquina micro deval.

#### Anexo 13 Equipo micro deval



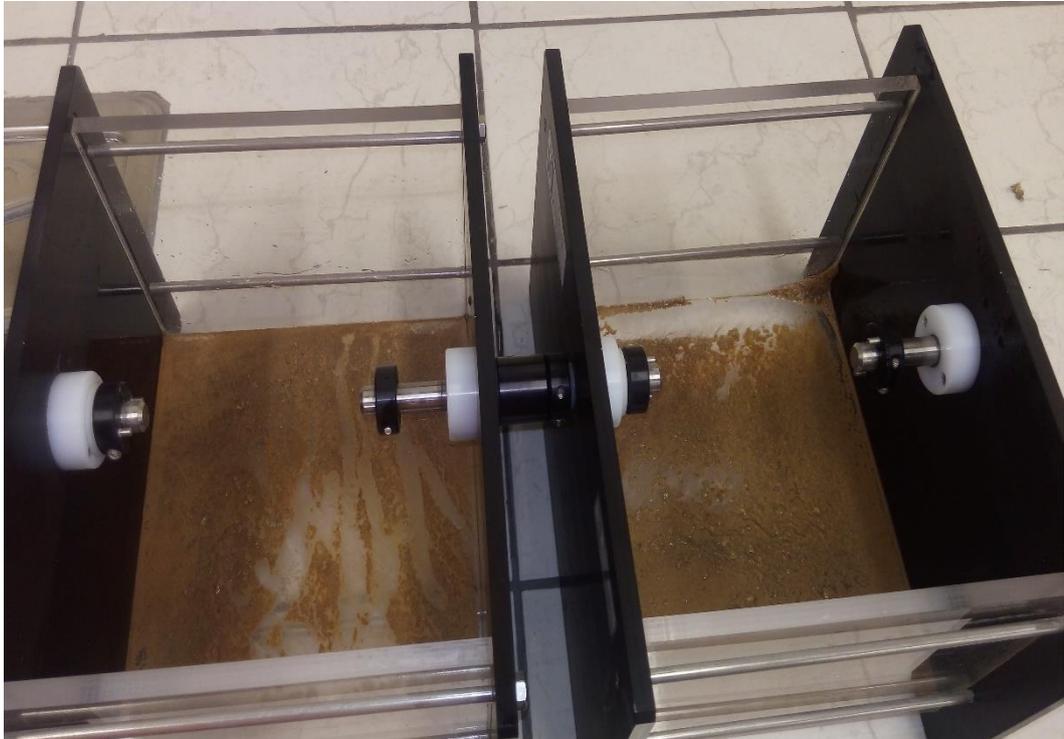
Separación de 500 gr de muestra para cada celda en el equipo micro deval y así proceder con el ensayo de desgaste por frotamiento por dos días consecutivos basados en la norma ASTM 1976.

#### Anexo 14 Secado de la muestra



Secado de la muestra a una temperatura 105°C por 12 horas continuas repitiendo el procedimiento durante dos días.

#### Anexos 15 Porcentaje de desgaste



Porcentaje de sedimentación de desgaste del material pétreo.

Anexo 16 Secado del material de desgaste



Muestra de sedimentación secado.

Anexo 17 Pesado del material de desgaste



Pesado de sedimento seco.

Anexo 18 Nivel de rugosidad



Medición del nivel de rugosidad con el peine de barton

Anexo 19 Dureza de macizo rocoso



Medición de dureza del macizo rocoso con el martillo de schmidt

Anexo 20 Mediciones con brújula



Medición del rumbo, buzamiento y dip direction de la estratificación del macizo rocoso

Anexo 21 Espaciamiento de las rocas



Medición del espaciamiento de las discontinuidades