



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“EVALUACIÓN GEOMECÁNICA Y GEOTÉCNICA PARA  
EL DISEÑO DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA  
CANTERA AGOCUCHO, CAJAMARCA 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero de Minas**

Autores:

Marvin Ivan, Alvarado Marquez

Lázaro, Villanueva Huatay

Asesor:

Ing. Daniel Alejandro Alva Huamán

Cajamarca - Perú

2019

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Ing. Daniel Alejandro Alva Huamán, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA DE MINAS**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Alvarado Marquez, Marvin Ivan
- Villanueva Huatay, Lázaro

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “EVALUACIÓN GEOMECÁNICA Y GEOTECNICA PARA EL DISEÑO Y ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA CANTERA AGOCUCHO, 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.

---

Ing. Daniel Alejandro Alva Huamán

## ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: Marín Ivan Alvarado Marquez y Lázaro Villanueva Huatay; para aspirar al título profesional con la tesis denominada: “EVALUACIÓN GEOMECÁNICA Y GEOTÉCNICA PARA EL DISEÑO Y ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA CANTERA AGOCUCHO, 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 Napoleon Ocas Boñón  
Jurado  
Presidente

---

Ing. Víctor Álvarez León  
Jurado

---

Ing. Oscar Arturo Vasquez  
Mendoza  
Jurado

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo a Dios, a nuestros padres y familiares por enseñarnos a crecer y creer en nosotros mismos, también a nuestros docentes, por su apoyo y guía, por ser las bases que nos ayudaron a llegar hasta aquí.

## **AGRADECIMIENTO**

A La universidad que nos dio la bienvenida al mundo estudiantil como tal, las oportunidades que nos brindaron son incomparables; por tanto, agradecemos a nuestros maestros, compañeros y a la universidad en general por todos los conocimientos que nos otorgaron.

## **TABLA DE CONTENIDOS**

<b>ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS .....</b>	<b>2</b>
<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS .....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO II METODOLOGÍA .....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>24</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>76</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>80</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de las rocas en función del RQD .....	19
Tabla 2: Clasificación de Parámetros de Bieniaswski 1989.....	20
Tabla 3: Corrección del RMR mediante ajuste por orientación de discontinuidades (Bieniawski, 1989). ....	20
Tabla 4: Puntos tomados en Campo.....	24
Tabla 5: Valores de la resistencia de la roca intacta, zona 1.....	25
Tabla 6: Valores de la resistencia de la roca intacta, zona 2.....	25
Tabla 7: Valores de la resistencia de la roca intacta, zona 3.....	26
Tabla 8: Valores del RQD, zona 1. ....	28
Tabla 9: Índice de Calidad de la roca RQD, zona 1. ....	28
Tabla 10: Valores del RQD, zona 2.....	29
Tabla 11: Índice de Calidad de la roca RQD, zona 2.....	29
Tabla 12: Valores del RQD, zona 3.....	30
Tabla 13: Índice de Calidad de la roca RQD, zona 3.....	30
Tabla 14: Valores del espaciado de las discontinuidades, zona 1.....	31
Tabla 15: Valores del espaciado de las discontinuidades, zona 2.....	32
Tabla 16: Valores del espaciado de las discontinuidades, zona 3.....	33
Tabla 17: Valores de la longitud de las discontinuidades, zona 1.....	34
Tabla 18: Valores de la longitud de las discontinuidades, zona 2.....	35
Tabla 19: Valores de la longitud de las discontinuidades, zona 3.....	36
Tabla 20: Valores de la Abertura, zona 1.....	37
Tabla 21: Valores de la Abertura zona 2.....	38
Tabla 22: Valores de la Abertura, zona 3.....	39
Tabla 23: Valores de rigurosidad, zona 1.....	40
Tabla 24: Valores de la rugosidad, zona 2.....	41
Tabla 25: Valores de la rugosidad, zona 3.....	42
Tabla 26: Valores del relleno, zona 1.....	43
Tabla 27: Valores del rellenos, zona 2.....	44
Tabla 28 : Valores del relleno, zona 3.....	45
Tabla 29: Valores de la Alteración, zona 1.....	46
Tabla 30: Valores de la Alteración, zona 2.....	47
Tabla 31: Valores de la Alteración, zona 3.....	48
Tabla 32: Valores de Flujo de agua en las Juntas, zona 1.....	49
Tabla 33: Valores de Flujo de agua en las Juntas, zona 2.....	50
Tabla 34: Valores de Flujo de agua en las Juntas, zona 3.....	51
Tabla 35: Clasificación para la determinación de los buzamientos.....	52
Tabla 35: Valoración para Taludes .....	52
Tabla 37: Clasificación para la determinación de los buzamientos, zona 1.....	53
Tabla 38: Valoración para Taludes, zona 1.....	53
Tabla 39: Clasificación para la determinación de los buzamientos, zona 2.....	54
Tabla 40: Valoración de Taludes, zona 2.....	54
Tabla 41: Clasificación para la determinación de los buzamientos, zona 3.....	55
Tabla 42: Valoración de Taludes, zona 3.....	55
Tabla 43: Valoración del RMR, zona 1.....	56
Tabla 44: Valoración del RMR, zona 2.....	57
Tabla 45: Valoración del RMR, zona 3.....	58
Tabla 46: Cálculo de los parámetros SMR.....	59
Tabla 47: Clases de estabilidad según el SMR.....	60
Tabla 48: Correlación de los métodos de Bieniawski-Romana, zona 1.....	61
Tabla 49: Correlación de los métodos de Bieniawski-Romana, zona 2.....	62
Tabla 50: Correlación de los métodos de Bieniawski-Romana, zona 3.....	63
Tabla 51: Tabla Resumen de Resultados.....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Coordenadas WGS84. ....	21
Fig. 2: Ubicación de cantera Agocucho. ....	22
Fig. 3: Proyección estereográfica. ....	24
Fig. 4: Obtenido con Martillo de Schmidt 14 Mpa, zona 1. ....	27
Fig. 5: Obtenido con Martillo Schmidt 16 Mpa., zona 3. ....	27
Fig. 6: Midiendo y sumando el largo de todos los trozos, zona 1. ....	28
Fig. 7: Midiendo y sumando el largo de todos los trozos, zona 2. ....	29
Fig. 8: Midiendo y sumando el largo de todos los trozos, zona 3. ....	30
Fig. 9: Midiendo las distancias del espaciado discontinuidades, zona 1. ....	31
Fig. 10: Midiendo las distancias del espaciado discontinuidades, zona 2. ....	32
Fig. 11: Midiendo las distancias del espaciado discontinuidades, zona 3. ....	33
Fig. 12: Midiendo la Longitud de las discontinuidades, zona 1. ....	34
Fig. 13: Midiendo la Longitud de las discontinuidades, zona 2. ....	35
Fig. 14: Midiendo la Longitud de las discontinuidades, zona 3. ....	36
Fig. 15: Midiendo la abertura, zona 1. ....	37
Fig. 16: Midiendo la abertura, zona 2. ....	38
Fig. 17: Midiendo la abertura, zona 3. ....	39
Fig. 18: Observando la rugosidad, zona 1. ....	40
Fig. 19: Observando la rugosidad, zona 2. ....	41
Fig. 20: Observando la rugosidad, zona 3. ....	42
Fig. 21: Midiendo el Relleno, zona 1. ....	43
Fig. 22: Midiendo el Relleno, zona 2. ....	44
Fig. 23: Midiendo el Relleno, zona 3. ....	45
Fig. 24: Observando la alteración, zona 1. ....	46
Fig. 25: Observando la alteración, zona 2. ....	47
Fig. 26: Observando la alteración, zona 3. ....	48
Fig. 27: Observando la humedad del macizo, zona 1. ....	49
Fig. 28: Observando la humedad del macizo, zona 2. ....	50
Fig. 29: Observando la humedad del macizo, zona 3. ....	51
Fig. 30: Sacando el rumbo y buzamiento, zona 1. ....	53
Fig. 31: El eje de la excavación es perpendicular a la dirección de los estratos, zona 1. ....	56
Fig. 32: El eje de la excavación es perpendicular a la dirección de los estratos, zona 2. ....	57
Fig. 33: El eje de la excavación es perpendicular a la dirección de los estratos, zona 3. ....	58
Fig. 34: Clasificación geomecánica del GSI. ....	64
Fig. 35: Observando el macizo, zona 1. ....	65
Fig. 36: Observando el macizo, zona 2. ....	66
Fig. 37: Observando el macizo, zona 3. ....	67
Fig. 38: Mapa Geomecánico de la cantera Agocucho. ....	69
Fig. 39: Cantera Agocucho dividido por zonas. ....	70
Fig. 40: Cantera Agocucho. ....	71
Fig. 41: Plataforma de trabajo 60 m. ....	71
Fig. 42: Estado actual de la cantera Agocucho. ....	72
Fig. 43: Propuesta de diseño de la cantera Agocucho. ....	73
Fig. 44: Diseño de berma. ....	74
Fig. 45: Coordenadas WGS84. ....	94
Fig. 46: Cuadrángulo para la evaluación. ....	95
Fig. 47: Arranque. ....	96
Fig. 48: Carguío y Transporte de material en la Cantera Agocucho. ....	97
Fig. 49: Material extraído de la cantera. ....	98
Fig. 50: Proceso de Cernidores de material en la Cantera Agocucho. ....	99
Fig. 51: Traslado de material para el proceso de Comercialización hacia distintos puntos de venta de Cantera Agocucho. ....	100



## RESUMEN

La evaluación geomecánica para la estabilidad de los taludes en obras de ingeniería o de minería es de vital importancia para garantizar un normal, eficaz y seguro desarrollo de los trabajos ingenieriles y mineros.

EL presente trabajo presenta la evaluación geomecánica para la estabilidad de los taludes en un sector de la cantera “Agocucho”, mediante la caracterización geomecánica del macizo rocoso afectado y la determinación del factor de seguridad de los taludes; información que será evaluada mediante mediciones in situ e información existente, para esto se evaluará mediante: RMR, SMR Y GSI y aplicará los softwares Dips v5.103 y Slide.

Con los resultados que se obtienen se puede afirmar que existe estabilidad global en los taludes del macizo, así como mediante un estudio más minucioso se logra precisar que existe inestabilidad local en determinados sectores por causa de desprendimientos y voladuras.

Dentro de las recomendaciones que se proponen para la estabilidad están: Corrección Geométrica, Construcción de Bermas, Saneamiento y Control de Voladuras

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

(Ramirez, 2008), señala que *“El aumento de la demanda en el sector de la construcción a nivel nacional durante los últimos años, ha generado un incremento en la extracción de materia prima; son las canteras, ladrilleras, graveras y areneras cercanas a los principales núcleos urbanos, las preferidas para la obtención de material debido a su cercanía”*.

A pesar de que los recursos mineros pétreos que tenemos y los cuales son estratégicos e indispensables para el desarrollo de nuestro país, el diseño adecuado de los taludes de las canteras para su explotación no se está estudiando a cabalidad, de manera que conduzca a una utilización eficiente dentro de su aprovechamiento. (Ramirez, 2008) *“...Contar con un adecuado estudio sería especialmente conveniente para la toma de decisiones con respecto al abastecimiento de materiales de construcción dentro de nuestro país.”*

En la actualidad, en Cajamarca, para la explotación de Yacimientos no Metálicos (Canteras de Agregados) no se cuenta con una adecuada evaluación de los macizos rocosos para el diseño de explotación y Estabilidad taludes, pudiendo originarse deslizamientos, derrumbes que pueden afectar a las viviendas, a los moradores, incluso a los suelos de las zonas aledañas a la explotación.

(Bray, 1974), Señala que *“El macizo rocoso detrás de cada talud es único, no existen recetas normalizadas ni soluciones rutinarias que garanticen una respuesta correcta cada vez que sean aplicadas”*.

*“En el estudio de estabilidad de taludes se abordan fenómenos de estado último o de rotura de masas de suelo. El agente externo responsable de la inestabilidad es una fuerza de masa: el peso y eventualmente los efectos de filtración a los que debe añadirse, generalmente como factor secundario, posibles cargas externas.”*  
(German, 2017)

*“A nivel internacional la cantera Pifo, está ubicada en la provincia de Pichincha, al Sur – Este de la ciudad de Quito, viene explotando material de su mina, en la misma que desarrolla la explotación de a acuerdo al consumo o venta que ella genera, se extrae la roca andesita, la misma que es utilizada como agregado para el hormigón o material para base y sub-base. El avance de explotación se lo hace tomando en cuenta la estabilidad del macizo rocoso.”* (Recalde, 2009)

A nivel nacional *“La mina LOURDES en Tacna, explota recursos no metálicos por el método de Canteras a Cielo Abierto, ocasionando grandes modificaciones al perfil original del terreno, con el fin de mejorar las explotaciones debe implementar un método de minado superficial por bancos que permita un mejor control de la estabilidad del terreno. Esto implica la necesidad de establecer los parámetros geomecánicos y establecer los dominios geotécnicos del área de la explotación que permitan un diseño seguro de bancos y taludes en roca y en los botaderos de desmonte.”* (Copare & Cabrera, 2003)

En el trabajo de (Valeriano, 2017) , *“Su estudio fue realizado en la cantera Espinal de la ciudad de Juliaca en el departamento de Puno, consiste en determinar los valores de seguridad que rigen la estabilidad o inestabilidad en un talud rocoso; factor de seguridad (FS) o reducción de la resistencia al corte (SRF) y la probabilidad de falla (PF), para lo cual se han utilizado los métodos generales de análisis de estabilidad de taludes en roca; Análisis cinemático y métodos numéricos. Se realizó análisis probabilísticos por el método de estimación de puntos para mayor confiabilidad de los resultados de análisis con métodos numéricos. Teniendo como resultados en el análisis cinemático una probabilidad de plano de deslizamiento por volteo directo de 44.41%, los valores de seguridad promedio dado por los análisis probabilísticos con métodos numéricos en SRF son; para condiciones estáticas FS o SRF 2.27 y PF 0.0% y para condiciones pseudoestáticas FS o SRF 1.21 y PF 2.98%. Por lo cual concluimos que el talud se encuentra estable en condiciones estáticas y pseudoestáticas, tomando en consideración el resultado del análisis cinemático realizado se han observado grietas de tracción en la cresta del talud que fallaran por volteo directo dependiendo a la intensidad de los factores desencadenantes.”*

El siguiente estudio de Osmar García Sánchez, 2010, *“Su estudio nació debido a la necesidad de la Coordinación de canteras de la Planta Pertigalete, ubicada en el kilómetro 6 de la carretera nacional Guanta – Cumaná, de estudiar geotécnicamente el deslizamiento presente en una de sus canteras, específicamente la Cantera Cantil Sur. El estudio geotécnico del área afectada consta de un reconocimiento geológico que permite verificar la litología y estructuras presentes*

*en los taludes desplazados, un levantamiento topográfico para conocer la morfología y dimensiones del deslizamiento, la toma de muestras para identificar las características químicas del material perturbado, una clasificación geomecánica para determinar la calidad de la matriz rocosa presente, la elaboración de secciones geológicas, la estimación de la cantidad de material desplazado, para posteriormente llevar a cabo el análisis de estabilidad retrospectivo y determinar los métodos aplicables para la recuperación del material y estabilidad de la zona afectada hasta los límites de explotación permitidos. Para los análisis de estabilidad fueron usados tres métodos de equilibrio límite, el de Bishop simplificado, Janbu y Fellenius, usando como medio de verificación el programa de análisis de estabilidad de taludes denominado Slide 5.0. Llegando a la conclusión de que en el área afectada se presenta el posible contacto transicional entre las Formaciones Cantil y Barranquin, evidenciado por el cambio litológico entre calizas macizas e intercalaciones de areniscas y lutitas negras, con un total de 171888,5 m<sup>3</sup> de material desplazado, de calidad de roca mala, resultando inestable para una superficie de rotura compuesta de factor de seguridad menor a los 1.3, de acuerdo a los rangos denominados estables para canteras a cielo abierto de matriz rocosa. Proponiendo la corrección del deslizamiento mediante el uso de métodos técnicos y rentables como la extracción y relocalización de material, abatimiento de taludes, diseño de sistemas de drenajes superficiales, uso de explosivos, y generación de nuevos bancos”.*

El presente trabajo de (Merchán Pesántez & Sánchez Molina, 2013), *“Presenta la evaluación de la estabilidad de los taludes en un sector de la cantera “Las Victorias”, ubicado en Cuenca – Ecuador, mediante la caracterización geomecánica del macizo rocoso afectado y la determinación del factor de seguridad de los taludes; información que será evaluada mediante mediciones in situ e información existente, para esto se aplica: Método del círculo de fricción, Método de Markland y los software Dips v5.103 y GEO5. Con los resultados que se obtienen se puede afirmar que existe estabilidad global en los taludes del macizo, así como mediante un estudio más minucioso se logra precisar que existe inestabilidad local en determinados sectores por causa de desprendimientos y voladuras. Dentro de las recomendaciones que se proponen para la estabilidad están: Corrección Geométrica, Construcción de Bermas, Saneamiento y Control de Voladuras”*.

Hebert Sotelo Aedo, 2005, en su trabajo *“Sistemas de evaluación de la Estabilidad de Taludes”* donde utiliza la clasificación geotécnica de Beniawski (1989) y su aplicación a taludes realizada por Romana en 1985, obteniendo el Grado de Estabilidad o la condición de talud y permite clasificar a los taludes en Estables, Normalmente estables, inestables y críticos, así mismo, permite definir el sistema de sostenimiento preliminar de talud”.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el diseño más eficiente de estabilidad de taludes al realizar la evaluación geomecánica y geotécnica de los macizos rocosos de la cantera Agocucho?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Proponer el diseño de estabilidad de taludes de la cantera Agocucho al hacer una evaluación geomecánica y geotécnica

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- ✓ Determinar la concentración de esfuerzos con Software Dips.
- ✓ Determinar el valor del RMR, SMR y GSI del macizo rocoso en la Cantera Agocucho.
- ✓ Determinar el factor de seguridad antes y después de aplicar un diseño eficiente.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

Al realizar la evaluación geomecánica y geotécnica de los macizos rocosos, se podrá realizar el diseño y estabilidad de taludes eficiente de la cantera Agocucho.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- ✓ La concentración de esfuerzos según el Software Dips está al Sur-oeste.
- ✓ El valor del RMR, SMR y GSI del macizo rocoso en la cantera Agocucho es de calidad regular.
- ✓ El factor de seguridad se incrementará al aplicar la propuesta de diseño y estabilidad de taludes



## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

La presente investigación es APLICADA, por la razón que la unidad de análisis establecida se van a aplicar conocimientos obtenidos en las investigaciones básicas.

“El nivel de estudio es DESCRIPTIVO, ya que el propósito del investigador es describir situación y evento. Esto es, decir como es y se manifiesta determinado fenómeno, porque buscan especificar las propiedades importantes de un fenómeno que es sometido a análisis y miden o evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar”. (Hernández. Fernández y Baptista, 2010). De acuerdo a lo mencionado se tomaron datos geomecánicos, se hizo un análisis y una descripción de las variables relacionadas a la investigación. De igual forma los resultados que se obtuvieron a partir de la caracterización geomecanica sirvieron para el desarrollo del diseño de los parámetros geométricos estables de la cantera Agocucho.

### 2.2. Variables

- **Variable Independiente**

Características geomecánicas y geotécnicas de la cantera Agocucho

- **Variable dependiente**

Diseño y Estabilidad de Taludes de la cantera Agocucho.

### 2.3. Diseño de investigación

“Es de carácter NO EXPERIMENTAL, ya que se observa el fenómeno tal como se da en su contexto natural para después analizarlos, no se manipulan deliberadamente o intencionalmente las variables independientes”. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

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

**2.4.1. Población:** Está dado por todas las canteras de Cajamarca

**2.4.2. Muestra:** La cantera Agocucho.

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

La recolección de información se hará directamente sobre el macizo rocoso de la cantera, donde se estudiará las discontinuidades, espaciamiento, rugosidad, persistencia, apertura, presencia de agua, estructuras del macizo rocoso, etc. Se usó instrumentos portátiles como brújula, picota, martillo Schmidt, GPS, wincha, libreta de campo, tablas geomecánicas. También se realizarán ensayos de laboratorio de testigos del macizo rocoso recuperados en campo. La evaluación se realizará directamente en campo sobre el macizo rocoso y en laboratorio para los ensayos de resistencia de la roca tanto uniaxial como de carga puntual, se utilizará además el software Slide para el diseño de estabilidad de taludes.

### **2.5.1. Consideraciones**

- Evaluación geomecánica y geotécnica de la calidad.
- Evaluación del RQD a partir de la fórmula de palmstrom, el RQD “Rock Quality Designation”, (Palmstrom, 1982), es un índice de estimación de la calidad del macizo rocoso a partir de perforaciones rotativas con extracción de testigos, pero al no contar con sondeos se puede calcular con la siguiente expresión dada por Palmstrom:  $RQD = 115 - 3.3J_V$ , (Deere, 1982).

Tabla 1

Clasificación de las rocas en función del RQD

Valores de RQD en %	Calidad de la roca
25	Muy mala
De 25 a 50	Mala
De 50 a 75	Normal
De 75 a 90	Buena
De 90 a 100	Muy buena

Fuente: (Bieniawski, 1989).

- **Clasificación de Bieniawski (1989)**

En ella el valor del RMR “Rock Mass Rating” se obtiene por la suma de 5 parámetros en vez de los 8 considerados en 1973 con una reducción que se establece en función de la disposición de las juntas, (Bieniawski, 1979).

En realidad, la diferencia entre las dos clasificaciones (1973 y 1979) estriba, en que se ha agrupado en uno, tres de los parámetros correspondientes al estado de las diaclasas, y se han asignado valores negativos a la disposición de las mismas, excepto en el caso de “muy favorables”.

Los valores asignados a los distintos parámetros se han retocado, y se han definido de forma cuantitativa los adjetivos utilizados para la disposición de las juntas, (ver Tabla 1).

**Tabla 2**

*Clasificación de Parámetros de Bieniaswski 1989*

Parámetro		Rango de valores							
1	Resistencia de la roca intacta	Ensayo carga puntual	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa			
		Compresión simple	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	< 1 MPa
	valor	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			
	valor	20	17	13	8	3			
3	Espaciado de las discontinuidades	> 2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	6-20 cm	< 6 cm			
	valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1 – 3 m	3 – 10 m	10 – 20 m	> 20 m		
		Valor	6	4	2	1	0		
	Abertura	Nada	< 0.1 mm	0.1 – 1.0 mm	1 – 5 mm	> 5 mm			
	Valor	6	5	3	1	0			
	Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave			
	Valor	6	5	3	1	0			
	Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm			
	Valor	6	4	2	2	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relación Pagua / Pprinc	0	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5		
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente húmedas	Húmedas	Goteando	Agua fluyendo		
	valor	15	10	7	4	0			

Fuente: (Bieniawski, 1989).

*Tabla 3*

*Corrección del RMR mediante ajuste por orientación de discontinuidades (Bieniawski, 1989).*

Orientación de rumbo y buzamiento de las discontinuidades	Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
	Túneles y minas	0	-2	-5	-10
Valores					
Fundaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Fuente: (Bieniawski, 1989).

## 2.6. Procedimiento

El desarrollo metodológico para el presente estudio tiene dos etapas:

### 2.6.1. Etapa preliminar de gabinete:

- En esta etapa se busca la compilación literaria, principalmente de libros de Mecánica de rocas, Geotecnia, Estabilidad de taludes.
- Redacción del proyecto, ubicación de la cantera Agocucho con coordenadas UTM: ESTE 0775497 - NORTE 9202512, se realizará el análisis del comportamiento de las discontinuidades a través del programa Dips.



*Fig. 1. Coordenadas WGS84.*

*Fuente Propia.*

### 2.6.2. Etapa de Campo:

Se estudiará la cantera, identificando las fallas, fracturas, descripción básica del macizo rocoso.

## UBICACIÓN

Se encuentra a 2950 m.s.n.m., al sur este de la ciudad, al costado derecho de la carretera Cajamarca – San Juan. Tiene una extensión aproximada de 5 hectáreas.

## ACCESIBILIDAD:

Esta cantera tiene una buena accesibilidad y comunicación con Cajamarca y con los distritos de esta ciudad lo cual es fácil transporte de los agregados y se encuentra a una distancia de 9 Km de la ciudad de Cajamarca.



Fig. 2: Ubicación de cantera Agocucho.

Fuente Propia.

## FORMACIONES GEOLOGICAS:

La zona en estudio está conformada por unidades litológicas sedimentarias, representadas por el cretáceo superior perteneciente al grupo GOY LLARISQUISGA, formación CHIMÙ.

## CARACTERISTICAS LITOLOGICAS:

Presenta una alternancia de areniscas cuarzosas en la parte inferior y cuarcitas blancas en bancos gruesos en la parte superior.

La roca se encuentra muy fracturada por diatrofismo.

Su textura es de grano fino y grueso, su color vario del blanco al rojizo, esto se debe a la presencia de oxidaciones de fierro  $Fe_2O_3$  lo que da el color característico se encuentra en estratos potentes.

#### **TEXTURA:**

La roca de la cantera Agocucho es de grano fino y grueso constituida por gravas, gravillas y arenas en forma angular.

#### **ESTRUCTURA:**

El suelo tiene una textura granular simple, encontrándose estratos muy densos.

#### **METEORIZACION:**

El agente predominante que interviene en la descomposición de las rocas es un agente químico que es la oxidación lo que implica que hubo adición de iones de oxígeno al mineral hierro, lo cual le da un color característico a la roca.

El viento es un agente de meteorización muy importante ya que no solo transporta materiales de roca meteorizada, sino también pretende erosionar las rocas existentes.

#### **EXPLOTACION DE LA CANTERA EN ESTUDIO:**

Se extrae dos tipos de materiales para diferentes usos en el campo de la construcción. Las explotaciones de los materiales se realizan a cielo abierto, siendo la forma actual de explotación no muy adecuada y peligrosa.

El material extraído para la elaboración del concreto, la explotación se realiza con personal no calificado y sin método racional empleando picos, palas, barretas.

El material para afirmado, es extraído mediando el uso de maquinaria, valiéndose del empleo de rampas.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

#### Análisis con el Software Dips

Para este análisis se suele trabajar con los polos de los planos, es decir, con la proyección estereográfica de la recta normal al plano, de manera de facilitar la definición de sets estructurales (orientaciones preferenciales de estructuras y planos), el software se encarga de proyectar planos y estructuras tomando como base los datos de sus orientaciones respectivas.

Se presenta el gráfico del agrietamiento en un plano bidimensional, por proyección estereográfica mediante la aplicación del software Dips v5.103

Tabla 4

Puntos tomados en Campo

PUNTO	DIP	DIP DIR
P1	46	12
P2	45	10
P3	40	17
P4	56	26
P5	54	25
P6	31	24
P7	46	19
P8	56	25
P9	48	19
P10	36	28
P11	44	30
P12	46	31
P13	40	29
P14	38	30
P15	42	13

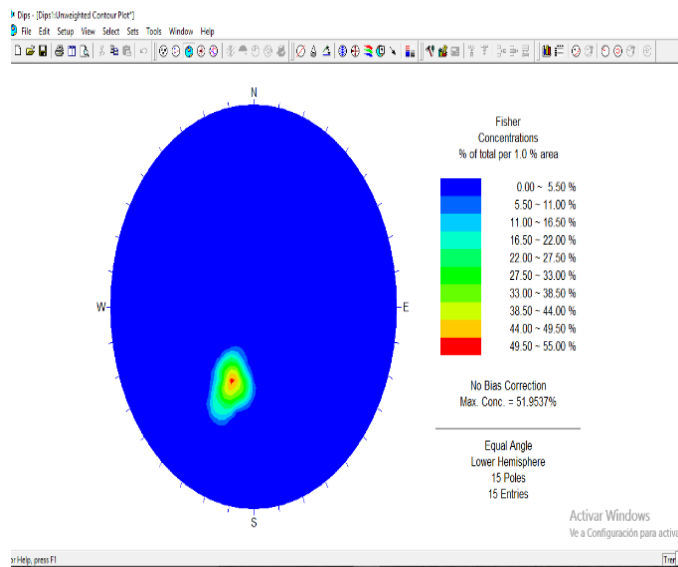


Fig. 3: Proyección estereográfica.

Fuente Propia.

Se puede observar que la concentración de esfuerzos se encuentra al Sur Oeste.



### 3.1. PRIMER PARAMETRO: Resistencia de la roca intacta

3.1.1. En el ensayo de carga puntual de laboratorio se obtuvo una resistencia de 4.3 Mpa.

Lo cual tiene una valoración de 12.

Tabla 5

Valores de la resistencia de la roca intacta, zona 1.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE								
ZONA 1								
RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA	ENSAYO CARGA PUNTUAL DIGITAL SERIE N°:12011940	<10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	COMPRESION SIMPLE (MPa)		
	VALOR		15	12	7	4	2	1
REVISADO POR: Ing. Oscar Arturo Vasquez Mendoza						firma y sello		

Fuente: (Bieniawski, 1989).

- En el ensayo de carga puntual de laboratorio de la zona 2, se obtuvo una resistencia de 4.8 Mpa, lo cual tiene una valoración de 12.

Tabla 6

Valores de la resistencia de la roca intacta, zona 2.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE								
ZONA 2								
RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA	ENSAYO CARGA PUNTUAL DIGITAL SERIE N°: 12011940	<10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	COMPRESION SIMPLE (MPa)		
	VALOR		15	12	7	4	2	1
REVISADO POR: Ing. Oscar Arturo Vasquez Mendoza						firma y sello		

Fuente: (Bieniawski, 1989).

- En el ensayo de carga puntual de laboratorio de la zona 3, se obtuvo una resistencia de 4.1 Mpa, lo cual tiene una valoración de 12.

*Tabla 7*

*Valores de la resistencia de la roca intacta, zona 3.*

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE								
ZONA 3								
RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA	ENSAYO CARGA PUNTUAL DIGITAL SERIE Nº:12011940	<10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	COMPRESION SIMPLE (MPa)		
	VALOR	15	12	7	4	2	1	0
REVISADO POR: Ing. Oscar Arturo Vasquez Mendoza						firma y sello		

Fuente: (Bieniawski, 1989).

### 3.1.2. RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA CON MARTILLO SCHMIDT

#### - ZONA 1



*Fig. 4: Obtenido con Martillo de Schmidt 14 Mpa, zona 1*

*Fuente Propia.*

#### - ZONA 3



*Fig. 5: Obtenido con Martillo Schmidt 16 Mpa., zona 3.*

*Fuente Propia.*

### 3.2. SEGUNDO PARAMETRO: RQD

- RQD (ZONA 1), tiene un valor de 42.4%. Lo cual equivale a una valoración de 6.

Tabla 8

Valores del RQD, zona 1.

RQD	90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	<25%
VALOR	20	17	13	6	3

Fuente: (Bieniawski, 1989).

Se utilizó la fórmula  $RQD = 115 - 3.3 (J_v)$

En donde:

$J_v$  = número de fisuras por metro lineal

$RQD = 115 - 3.3 (22)$

**$RQD = 42.4\%$  Calidad es Mala.**

Tabla 9

Índice de Calidad de la roca RQD, zona 1.

INDICE DE CALIDAD R.Q.D (%)	CALIDAD
0-25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Regular
75-90	Buena
90-100	Excelente

Fuente: (Bieniawski, 1989).



Fig. 6: Midiendo y sumando el largo de todos los trozos, zona 1.

Fuente Propia.

- RQD (ZONA 2), tiene un valor de 45.7%. Lo cual equivale a una valoración de 6.

Tabla 10

Valores del RQD, zona 2.

RQD	90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	<25%
VALOR	20	17	13	6	3

Fuente: (Bieniawski, 1989).

Se utilizó la fórmula  $RQD = 115 - 3.3 (J_v)$

En donde:

$J_v$  = número de fisuras por metro lineal

$RQD = 115 - 3.3 (21)$

**RQD = 45.7% Calidad es Mala.**

Tabla 11

Índice de Calidad de la roca RQD, zona 2.

INDICE DE CALIDAD R.Q.D (%)	CALIDAD
0-25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Regular
75-90	Buena
90-100	Excelente

Fuente: (Bieniawski, 1989).



Fig. 7: Midiendo y sumando el largo de todos los trozos, zona 2.

Fuente Propia.

- RQD (ZONA 3), tiene un valor de 39.1%. Lo cual equivale a una valoración de 6.

Tabla 12

Valores del RQD, zona 3.

RQD	90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	<25%
VALOR	20	17	13	6	3

Fuente: (Bieniawski, 1989).

Se utilizó la fórmula  $RQD = 115 - 3.3 (J_v)$

En donde:

$J_v$  = número de fisuras por metro lineal

$$RQD = 115 - 3.3 (23)$$

**RQD = 39.1% Calidad es Mala.**

Tabla 13

Índice de Calidad de la roca RQD, zona 3.

INDICE DE CALIDAD R.Q.D (%)	CALIDAD
0-25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Regular
75-90	Buena
90-100	Excelente

Fuente: (Bieniawski, 1989).



Fig. 8: Midiendo y sumando el largo de todos los trozos, zona 3.

Fuente Propia.

### 3.3. TERCER PARAMETRO: Espaciado de las discontinuidades.

- **ZONA 1. Espaciado de discontinuidades está en un valor de 8.**

Tabla 14

Valores del espaciado de las discontinuidades, zona 1.

ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES	>2 m	0,6 – 2 m	0,2 – 0,6 m	6 – 20 cm	<6 cm
VALOR	20	15	10	8	5

Fuente: (Bieniawski, 1989).



Fig. 9: Midiendo las distancias del espaciado discontinuidades, zona 1.

Fuente Propia.

- **ZONA 2. Espaciado de discontinuidades está en un valor de 8.**

*Tabla 15*

*Valores del espaciado de las discontinuidades, zona 2.*

ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES	>2 m	0,6 – 2 m	0,2 – 0,6 m	6 – 20 cm	<6 cm
VALOR	20	15	10	8	5

Fuente:(Bieniawski, 1989).



*Fig. 10: Midiendo las distancias del espaciado discontinuidades, zona 2.*

*Fuente Propia.*



- **ZONA 3. Espaciado de discontinuidades está en un valor de 8.**

*Tabla 16*

*Valores del espaciado de las discontinuidades, zona 3.*

ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES	>2 m	0,6 – 2 m	0,2 – 0,6 m	6 – 20 cm	<6 cm
VALOR	20	15	10	8	5

Fuente:(Bieniawski, 1989).



*Fig. 11: Midiendo las distancias del espaciado discontinuidades, zona 3.*

*Fuente Propia.*

### 3.4. CUARTO PARAMETRO: Estado de las discontinuidades.

- **ZONA 1. Longitud de la discontinuidad: 2**

*Tabla 17*

*Valores de la longitud de las discontinuidades, zona 1.*

LONGITUD DE DISCONTINUIDAD	>1 m	1 – 3 m	3 – 10 m	10 – 20 m	>20 m
VALOR	6	4	2	1	0

Fuente: (Bieniawski, 1989).



*Fig. 12: Midiendo la Longitud de las discontinuidades, zona 1.*

*Fuente Propia.*

- **ZONA 2. Longitud de la discontinuidad: 0**

*Tabla 18*

*Valores de la longitud de las discontinuidades, zona 2.*

LONGITUD DE DISCONTINUIDAD	>1 m	1 – 3 m	3 – 10 m	10 – 20 m	>20 m
VALOR	6	4	2	1	0

Fuente: (Bieniawski, 1989).



*Fig. 13: Midiendo la Longitud de las discontinuidades, zona 2.*

*Fuente Propia.*

- **ZONA 3. Longitud de la discontinuidad: 2**

*Tabla 19*

*Valores de la longitud de las discontinuidades, zona 3.*

LONGITUD DE DISCONTINUIDAD	>1 m	1 – 3 m	3 – 10 m	10 – 20 m	>20 m
VALOR	6	4	2	1	0

Fuente: (Bieniawski, 1989).



*Fig. 14: Midiendo la Longitud de las discontinuidades, zona 3.*

*Fuente Propia.*

- **ZONA 1. Abertura: 3**

*Tabla 20*

*Valores de la Abertura, zona 1.*

ABERTURA	Nada	<0.1 mm	0.1 – 1.0 mm	1 – 5 mm	>5 mm
VALOR	6	5	3	1	0

Fuente: (Bieniawski, 1989).



*Fig. 15: Midiendo la abertura, zona 1.*

*Fuente Propia.*

- **ZONA 2. Abertura: 3**

*Tabla 21*

*Valores de la Abertura zona 2.*

ABERTURA	Nada	<0.1 mm	0.1 – 1.0 mm	1 – 5 mm	>5 mm
VALOR	6	5	3	1	0

Fuente: (Bieniawski, 1989).



*Fig. 16: Midiendo la abertura, zona 2.*

*Fuente Propia.*

- **ZONA 3. Abertura: 3**

Tabla 22:

Valores de la Abertura, zona 3.

ABERTURA	Nada	<0.1 mm	0.1 – 1.0 mm	1 – 5 mm	>5 mm
VALOR	6	5	3	1	0

Fuente: (Bieniawski, 1989).

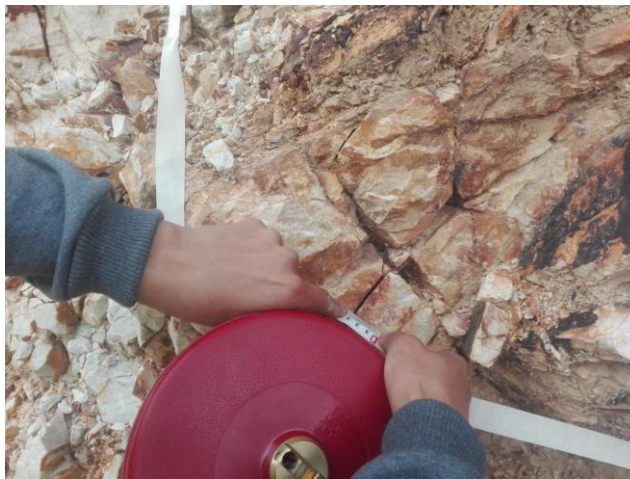


Fig. 17: Midiendo la abertura, zona 3.

Fuente Propia.

• **ZONA 1. Rugosidad: 3**

Tabla 23:

Valores de rigurosidad, zona 1.

RUGOSIDAD	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave
VALOR	6	5	3	1	0

Fuente: (Bieniawski, 1989).










Descripción	Perfil	Jr	JRC	JRC
			200mm	1 m
Rugoso		4	20	11
Liso		3	14	9
Espejo de falla	 escalonado	2	11	8
Rugoso		3	14	9
Liso		2	11	8
Espejo de falla	 ondulado	1.5	7	6
Rugoso		1.5	2.5	2.3
Liso		1.0	1.5	0.9
Espejo de falla	 planar	0.5	0.5	0.4

Fig. 18: Observando la rugosidad, zona 1.

Fuente Propia.



- **ZONA 2. Rugosidad: 5**

Tabla 24

Valores de la rugosidad, zona 2.

RUGOSIDAD	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave
VALOR	6	5	3	1	0

Fuente: (Bieniawski, 1989).

	Descripción	Perfil	Jr	JRC 200mm	JRC 1 m
	Rugoso			4	20
Liso			3	14	9
Espejo de falla		 escalonado	2	11	8
Rugoso			3	14	9
Liso			2	11	8
Espejo de falla		 ondulado	1.5	7	6
Rugoso			1.5	2.5	2.3
Liso			1.0	1.5	0.9
Espejo de falla		 planar	0.5	0.5	0.4

Fig. 19: Observando la rugosidad, zona 2.

Fuente Propia.


• **ZONA 3. Rugosidad: 3**

Tabla 25

Valores de la rugosidad, zona 3.

RUGOSIDAD	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave
VALOR	6	5	3	1	0

Fuente: (Bieniawski, 1989).



Descripción	Perfil	Jr	JRC 200mm	JRC 1 m
Rugoso		4	20	11
Liso		3	14	9
Espejo de falla		2	11	8
Rugoso		3	14	9
Liso		2	11	8
Espejo de falla		1.5	7	6
Rugoso		1.5	2.5	2.3
Liso		1.0	1.5	0.9
Espejo de falla		0.5	0.5	0.4

Fig. 20: Observando la rugosidad, zona 3.

Fuente Propia.

- **ZONA 1. Relleno: 2**

**Tabla 26:** *Valores del relleno, zona 1.*

RELLENO	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm
VALOR	6	4	2	2	0

Fuente: (Bieniawski, 1989).



*Fig. 21: Midiendo el Relleno, zona 1.*

*Fuente Propia.*

- **ZONA 2. Relleno: 2**

*Tabla 27*

*Valores del rellenos, zona 2.*

RELLENO	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm
VALOR	6	4	2	2	0

Fuente: (Bieniawski, 1989).



*Fig. 22: Midiendo el Relleno, zona 2.*

*Fuente Propia.*

- **ZONA 3. Relleno: 2**

Tabla 28

Valores del relleno, zona 3.

RELLENO	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm
VALOR	6	4	2	2	0

Fuente: (Bieniawski, 1989).



Fig. 23: Midiendo el Relleno, zona 3.

Fuente Propia.

- **ZONA 1. Alteración: 3**

*Tabla 29*

*Valores de la Alteración, zona 1.*

ALTERACION	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta
VALOR	6	5	3	1	0

Fuente: (Bieniawski, 1989).



*Fig. 24: Observando la alteración, zona 1.*

*Fuente Propia.*

- **ZONA 2. Alteración: 1**

*Tabla 30*

*Valores de la Alteración, zona 2.*

ALTERACION	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta
VALOR	6	5	3	1	0

Fuente: (Bieniawski, 1989).



*Fig. 25: Observando la alteración, zona 2.*

*Fuente Propia.*

- **ZONA 3. Alteración: 3**

*Tabla 31*

*Valores de la Alteración, zona 3.*

ALTERACION	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta
VALOR	6	5	3	1	0

Fuente: (Bieniawski, 1989).



*Fig. 26: Observando la alteración, zona 3.*

*Fuente Propia.*

**Zona 1:** Suma Total del cuarto parámetro (estado de las discontinuidades) es 13.

**Zona 2:** Suma Total del cuarto parámetro (estado de las discontinuidades) es 11.

**Zona 3:** Suma Total del cuarto parámetro (estado de las discontinuidades) es 13.



### 3.5. QUINTO PARAMETRO: Flujo de agua de las juntas

- ZONA 1. Flujo de agua en las juntas 7 (húmedo).

Tabla 32

Valores de Flujo de agua en las Juntas, zona 1.

Flujo de Agua En las Juntas	RELACION	0	0 – 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,5	>0,5
	Condiciones generales	Completamente secas	Ligeramente húmedas	Húmedas	Goteando	Agua fluyendo
VALOR		15	10	7	4	0

Fuente: (Bieniawski, 1989).



Fig. 27: Observando la humedad del macizo, zona 1.

Fuente Propia.

- **ZONA 2. Flujo de agua en las juntas 7 (húmedo).**

*Tabla 33*

*Valores de Flujo de agua en las Juntas, zona 2.*

Flujo de Agua En las Juntas	RELACION	0	0 – 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,5	>0,5
	Condiciones generales	Completamente secas	Ligeramente húmedas	Húmedas	Goteando	Agua fluyendo
VALOR		15	10	7	4	0

Fuente: (Bieniawski, 1989).



*Fig. 28: Observando la humedad del macizo, zona 2.*

*Fuente Propia.*

- **ZONA 3. Flujo de agua en las juntas 7 (húmedo).**

Tabla 34

Valores de Flujo de agua en las Juntas, zona 3.

Flujo de Agua En las juntas	RELACION	0	0 – 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,5	>0,5
	Condiciones generales	Completamente secas	Ligeramente húmedas	Húmedas	Goteando	Agua fluyendo
VALOR		15	10	7	4	0

Fuente: (Bieniawski, 1989).



Fig. 29: Observando la humedad del macizo, zona 3.

Fuente Propia.

### 3.6. TABLA DE CLASIFICACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS BUZAMIENTOS CON RESPECTO AL EFECTO RELATIVO CON RELACIÓN AL EJE DE LA OBRA.

Tabla 35

Clasificación para la determinación de los buzamientos.

Dirección Perpendicular al Eje de la obra				Dirección Paralelo al Eje de la obra		Buzamiento 0 – 20° Cualquier dirección
Excav. Con buzamiento		Excav. Contra buzamiento		Buz	Buz	
Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	
<b>Muy favorable</b>	<b>Favorable</b>	<b>Medio</b>	<b>Desfavorable</b>	<b>Muy desfavorable</b>	<b>Medio</b>	<b>Desfavorable</b>

Fuente: (Bieniawski, 1989).

Tabla 36

Valoración para Taludes

Calificativo	Valoración
Muy favorable	0
Favorable	-5
Medio	-25
Desfavorable	-50
Muy desfavorable	-60

Fuente: (Bieniawski, 1989).

- **Zona 1. Ajuste por orientación de discontinuidades para taludes = -25**

Tabla 37

Clasificación para la determinación de los buzamientos, zona 1.

Dirección Perpendicular al Eje de la obra				Dirección Paralelo al Eje de la obra		Buzamiento 0 – 20° Cualquier dirección
Excav. Con buzamiento		Excav. Contra buzamiento		Buz	Buz	
Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	
<b>Muy favorable</b>	<b>Favorable</b>	<b>Medio</b>	<b>Desfavorable</b>	<b>Muy desfavorable</b>	<b>Medio</b>	<b>Desfavorable</b>

Fuente: (Bieniawski, 1989).

Tabla 38

Valoración para Taludes, zona 1.

Calificativo	Valoración
Muy favorable	0
Favorable	-5
<b>Medio</b>	<b>-25</b>
Desfavorable	-50
Muy desfavorable	-60

Fuente: (Bieniawski, 1989).

- El eje de la excavación es perpendicular a la dirección de los estratos.
- La excavación es en contra del buzamiento.
- Buzamiento es de 55.



Fig. 30: Sacando el rumbo y buzamiento, zona 1.

Fuente Propia.

- **Zona 2. Ajuste por orientación de discontinuidades para taludes = -25**

Tabla 39

Clasificación para la determinación de los buzamientos, zona 2.

Dirección Perpendicular al Eje de la obra				Dirección Paralelo al Eje de la obra		Buzamiento 0 – 20° Cualquier dirección
Excav. Con buzamiento		Excav. Contra buzamiento				
Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	
<b>Muy favorable</b>	<b>Favorable</b>	<b>Medio</b>	<b>Desfavorable</b>	<b>Muy desfavorable</b>	<b>Medio</b>	<b>Desfavorable</b>

Fuente: (Bieniawski, 1989).

Tabla 40

Valoración de Taludes, zona 2.

CALIFICATIVO	VALORACIÓN
Muy favorable	0
Favorable	-5
<b>Medio</b>	<b>-25</b>
Desfavorable	-50
Muy desfavorable	-60

Fuente: (Bieniawski, 1989).

- ✓ El eje de la excavación es paralelo a la dirección de los estratos.
- ✓ Buzamiento es de 27°

- **Zona 3. Ajuste por orientación de discontinuidades para taludes = -5**

Tabla 41

Clasificación para la determinación de los buzamientos, zona 3.

Dirección Perpendicular al Eje de la obra		Excav. Contra buzamiento		Dirección Paralelo al Eje de la obra		Buzamiento 0 – 20° Cualquier dirección
Excav. Con buzamiento		Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	
Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy desfavorable	Medio	Desfavorable

Fuente: (Bieniawski, 1989).

Tabla 42

Valoración de Taludes, zona 3.

Calificativo	Valoración
Muy Favorable	0
Favorable	-5
Medio	-25
Desfavorable	-50
Muy desfavorable	-60

Fuente: (Bieniawski, 1989).

- ✓ El eje de la excavación es perpendicular a la dirección de los estratos.
- ✓ La excavación es a favor del buzamiento
- ✓ Buzamiento es de 43°.

### 3.7. SUMATORIA DEL RMR.

#### ZONA 1.

$$\text{RMR} = (12) + (6) + (8) + (13) + (7) + (-25)$$

$$\text{RMR Básico} = 46$$

$$\text{RMR AJUSTADO} = 21$$

Tabla 43

Valoración del RMR, zona 1.

Grado	Característica	RMR
I	Roca muy buena	entre 81 y 100
II	Roca buena	entre 61 y 80
III	Roca media	entre 41 y 60
IV	Roca mala	entre 21 y 40
V	Roca muy mala	menor que 20

Fuente: (Bieniawski, 1989).

El valor del **RMR=46**, nos da una calidad del macizo correspondiente a Grado III con la característica de **Roca media**.



Fig. 31: El eje de la excavación es perpendicular a la dirección de los estratos, zona 1.

Fuente Propia.



**ZONA 2.**

$$\text{RMR} = (12) + (6) + (8) + (11) + (7) + (-25)$$

**RMR Básico = 44**

**RMR AJUSTADO = 19**

*Tabla 44:*

*Valoración del RMR, zona 2.*

<b>Grado</b>	<b>Característica</b>	<b>RMR</b>
I	Roca muy buena	entre 81 y 100
II	Roca buena	entre 61 y 80
III	Roca media	entre 41 y 60
IV	Roca mala	entre 21 y 40
V	Roca muy mala	menor que 20

Fuente: (Bieniawski, 1989).

El valor del **RMR= 44**, nos da una calidad del macizo correspondiente a Grado III con la característica de **Roca media**.



*Fig. 32: El eje de la excavación es perpendicular a la dirección de los estratos, zona 2.*

*Fuente Propia.*

**ZONA 3.**

$$\text{RMR} = (12) + (6) + (8) + (13) + (7) + (-5)$$

**RMR Básico = 46**

**RMR AJUSTADO = 41**

*Tabla 45*

*Valoración del RMR, zona 3.*

<b>Grado</b>	<b>Característica</b>	<b>RMR</b>
I	Roca muy buena	entre 81 y 100
II	Roca buena	entre 61 y 80
III	Roca media	entre 41 y 60
IV	Roca mala	entre 21 y 40
V	Roca muy mala	menor que 20

Fuente: (Bieniawski, 1989).

El valor del **RMR=46**, nos da una calidad del macizo correspondiente a Grado III con la característica de **Roca media**.



*Fig. 33: El eje de la excavación es perpendicular a la dirección de los estratos, zona 3.*

*Fuente Propia.*

### 3.8. Evaluación de SMR

La clasificación de Romana (1992), considera las condiciones de yacencia del talud y las familias de discontinuidades, el SMR “Slope Mass Rating” y el Método de Excavación. Los parámetros considerados son:

- F1: relación entre el rumbo del talud y el rumbo de las discontinuidades
- F2: dependiente del buzamiento de las discontinuidades, se supone rotura planar
- F3: relación entre el buzamiento del talud y el buzamiento de las discontinuidades
- F4: factor empírico que depende del método de arranque empleado.

Su cálculo está definido por la expresión:

$$SMR = RMR + (F1 * F2 * F3) + F4$$

Tabla 46

Cálculo de los parámetros SMR

Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
<b>P</b>	$ \alpha_j - \alpha_s $	$>30^\circ$	$30-20^\circ$	$20-10^\circ$	$10-5^\circ$	$5^\circ$
<b>T</b>	$ ( \alpha_j - \alpha_s ) - 180^\circ $					
<b>P/T</b>	<b>F1</b>	0.15	0.40	0.70	0.85	1
<b>P</b>	$ B_j $	$<20^\circ$	$20-30^\circ$	$30-35^\circ$	$35-45^\circ$	$45^\circ$
<b>P</b>	<b>F2</b>	0.15	0.40	0.70	0.85	1
<b>T</b>	<b>F2</b>	1	1	1	1	1
<b>P</b>	$B_j - B_s$	$>10^\circ$	$10-0^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$ a $-10^\circ$	$<-10^\circ$
<b>T</b>	$B_j + B_s$	$<110^\circ$	$110-120^\circ$	$>120^\circ$	-	-
<b>P/T</b>	<b>F3</b>	0	-6	-25	-50	-60
<b>Método</b>		<b>Talud natural</b>	<b>Precorte</b>	<b>Voladura a suave</b>	<b>Voladura o mecánico</b>	<b>Voladura deficiente</b>
<b>F4</b>		15	10	8	0	-8

Fuente: (Romana, 1992)

En donde:

- P: rotura plana
- T: rotura por vuelco
- Bj: buzamiento de las juntas = 40°
- Bs: buzamiento del talud = 70°
- oj: dirección de buzamiento de las juntas = 150°
- os: dirección de buzamiento del talud = 160°

Para la clasificación de la estabilidad según el SMR se utiliza la Tabla 47.

Tabla 47

Clases de estabilidad según el SMR.

<b>CLASES DE ESTABILIDAD SEGÚN EL SMR</b>					
<b>Clase n°</b>	V	IV	III	II	I
<b>SMR</b>	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
<b>Descripción</b>	Muy malo	Malo	Normal	Bueno	Muy bueno
<b>Estabilidad</b>	Totalmente inestable	Inestable	Parcialmente Estable	Estable	Totalmente estable
<b>Roturas</b>	Grandes roturas por planos continuos o por la masa	Juntas o grandes cuñas	Algunas juntas o Muchas cuñas	Algunos bloques	Ninguna
<b>Tratamiento</b>	Reexcavación	Corrección	Sistemático	Ocasional	Ninguno

Fuente: (Romana, 1992)

## ZONA 1.

$$SMR = RMR + (F1 * F2 * F3) + F4$$

$$SMR = 46 + [1 * 0.15 * (-50)] + 0$$

$$SMR = 38.5$$

El valor del SMR=38.8 nos da Clase N° IV de macizo rocoso correspondiente a una Descripción de Malo y una Estabilidad de Inestable.

Aplicando las dos metodologías que evalúan el agrietamiento y analizan como éste influye en la calidad de las rocas, se obtuvo que la roca es de calidad buena, aspecto que coincide con la valoración visual de la misma.

Aplicando los métodos de Bieniawski y Romana se puede observar que existe correlación en los resultados, ya que por Bieniawski la calidad del macizo representada por el RMR=46 es Media y por Romana la calidad del macizo representada por el SMR = 38.5 es inestable como se lo indica en la Tabla 45.

*Tabla 48*

*Correlación de los métodos de Bieniawski-Romana, zona 1.*

MÉTODO	VALORACIÓN	CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO
Bieniawski	RMR=46	Media
Romana	SMR=38.5	Inestable

Fuente: (Bieniawski-Romana)

## ZONA 2.

$$SMR = RMR + (F1 * F2 * F3) + F4$$

$$SMR = 44 + [1 * 1 * (-25)] + 8$$

$$SMR = 27$$

El valor del SMR=27 nos da Clase N° IV de macizo rocoso correspondiente a una Descripción de Malo y una Estabilidad de Inestable.

Aplicando las dos metodologías que evalúan el agrietamiento y analizan como éste influye en la calidad de las rocas, se obtuvo que la roca es de calidad buena, aspecto que coincide con la valoración visual de la misma.

Aplicando los métodos de Bieniawski y Romana se puede observar que existe correlación en los resultados, ya que por Bieniawski la calidad del macizo representada por el RMR=44 es Media y por Romana la calidad del macizo representada por el SMR = 27 es inestable como se lo indica en la Tabla 45.

*Tabla 49*

*Correlación de los métodos de Bieniawski-Romana, zona 2.*

MÉTODO	VALORACIÓN	CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO
Bieniawski	RMR=44	Media
Romana	SMR=27	Inestable

Fuente: (Bieniawski-Romana)

### ZONA 3.

$$SMR = RMR + (F1 * F2 * F3) + F4$$

$$SMR = 46 + [1 * 0.15 * (-50)] + 0$$

$$SMR = 38.5$$

El valor del SMR=38,5 nos da Clase n° IV de macizo rocoso correspondiente a una Descripción de Malo y una Estabilidad de Inestable.

Aplicando las dos metodologías que evalúan el agrietamiento y analizan como éste influye en la calidad de las rocas, se obtuvo que la roca es de calidad buena, aspecto que coincide con la valoración visual de la misma.

Aplicando los métodos de Bieniawski y Romana se puede observar que existe correlación en los resultados, ya que por Bieniawski la calidad del macizo representada por el RMR=46 es Media y por Romana la calidad del macizo representada por el SMR = 38,5 es inestable como se lo indica en la Tabla 45

*Tabla 50*

*Correlación de los métodos de Bieniawski-Romana, zona 3.*

MÉTODO	VALORACIÓN	CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO
Bieniawski	RMR=46	Media
Romana	SMR=38,5	Inestable

Fuente: (Bieniawski-Romana)

### 3.9. EVALUACION DE GSI.







<b>INDICE DE ESFUERZO GEOLOGICO PARA ROCAS UNIDAS (HOEK &amp; MARINOS, 2000)</b> Desde la litología, estructura y condiciones de superficie de las discontinuidades, se estima el valor promedio del GSI. No intentar ser muy preciso. Un rango de 33 a 37 es mas real que tomar un GSI de 35. Note que la tabla no aplica a fallas controladas estructuralmente. Donde planos estructurales debiles estan presentes en una direccion desfavorable con respecto a la excavacion, estos dominaran el comportamiento del macizo rocoso. Las zonas de falla son propensas a la alteracion como resultado de cambios de humedad que puede reducirse cuando el agua esta presente. Cuando trabajamos en roca regular o mala calidad cambian las condiciones por el cambio de humedad. La presion del agua es tratada por analisis de esfuerzos efectivos.		CONDICIONES DE SUPERFICIE				
ESTRUCTURA		DECRECE LA CALIDAD DE LA SUPERFICIE →				
 <b>INTACTA O MASIVA</b> Rocas intactas o masivas in-situ, rocas con discontinuidades amplias y espaciadas		MUY BUENA Superficie muy rugosa, no meteorizadas, frescas	BUENA Superficies rugosas, ligeramente meteorizadas, manchadas con hierro	REGULAR Superficies lisas, moderadamente meteorizadas y alteradas	POBRE Superficie con espejos de falla, alto grado de meteorización y rellenos compactos.	MUY POBRE Superficie con espejos de falla, alto grado de meteorización y rellenos de arcillas suaves.
 <b>FRACTURADA</b> Macizo rocos con bloques enclavados, bloques cubicos formados tres intersecciones de sistemas de dicontinuidades		90	80	70	N/A	N/A
 <b>MUY FRACTURADA</b> Macizo perturbado con bloques entabados y angulares formados por la interseccion de 4 o mas sistemas			60	50		
 <b>FRACTURADA/PERTURBADA/SORDIDA</b> Macizo plegado formado por bloques angulares productos de la interseccion de varios sistemas de discontinuidades. Persistencia de los planos de estratificacion				40		
 <b>DISGREGADO</b> Pobremente enclavado, macizo altamente fracturado con mezcla de fragmentos angulares y redondeados					30	20
 <b>LAMINADA/FOLIADA</b> Se carece de bloques debido al debil material en los planos de esquistocidad y cizalla		N/A	N/A			10
		← DECRECE EL ENCAJAMIENTO DE LOS BLOQUES				

Fig. 34: Clasificación geomecánica del GSI.

Fuente: (Hoek y Marinos, 2000).



**ZONA1:** La evaluación del SGI tiene un valor de 40



*Fig. 35: Observando el macizo, zona 1.*

*Fuente propia.*

Por lo tanto, obtenemos:

- **Según su estructura tenemos que es Muy Fracturada:** macizo perturbado con bloques entabados y angulares formados por la intersección de 4 o más sistemas.
- **Según la condición de superficie es Regular:** superficies lisas, moderadamente meteorizadas y alteras.

**ZONA 2:** La evaluación del SGI tiene un valor de 30



*Fig. 36: Observando el macizo, zona 2.*

*Fuente propia.*

Por lo tanto, obtenemos:

- **Según su estructura tenemos que es Fracturada/Perturbada/Sordida:** macizo plegado formado por bloques angulares productos de la intersección de varios sistemas de discontinuidades.  
Persistencia de los planos de estratificación.
- **Según la condición de superficie es Pobre:** superficies con espejos de falla, alto grado de meteorización y rellenos compactos.

**ZONA 3:** La evaluación del SGI tiene un valor de 34



*Fig. 37: Observando el macizo, zona 3.*

*Fuente propia.*

Por lo tanto, obtenemos:

- **Según su estructura tenemos que es Fracturada/Perturbada/Sordida:** macizo plegado formado por bloques angulares productos de la intersección de varios sistemas de discontinuidades.  
Persistencia de los planos de estratificación.
- **Según la condición de superficie es Pobre:** superficies con espejos de falla, alto grado de meteorización y rellenos compactos.

### 3.10. RESUMEN DE RESULTADOS

*Tabla 51*

*Tabla Resumen de Resultados*

ANÁLISIS	RESULTADO	DESCRIPCIÓN		
		ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
<b>RQD</b>	Calidad de la roca MALA	42.4%	45.7%	39.1%
<b>RMR</b>	Calidad del Macizo MEDIA	RMR: 46	RMR: 44	RMR: 46
<b>SGI</b>	Según su Estructura: MUY FRACTURADA Según la Condición de Superficie: REGULAR			
<b>SMR</b>	Calidad del Macizo INESTABLE	SMR: 38.5	SMR: 27	SMR:38.5

Fuente Propia.

### 3.11. Estaciones geomecánicas



*Fig. 38: Mapa Geomecánico de la cantera Agocucho.*

*Fuente propia.*

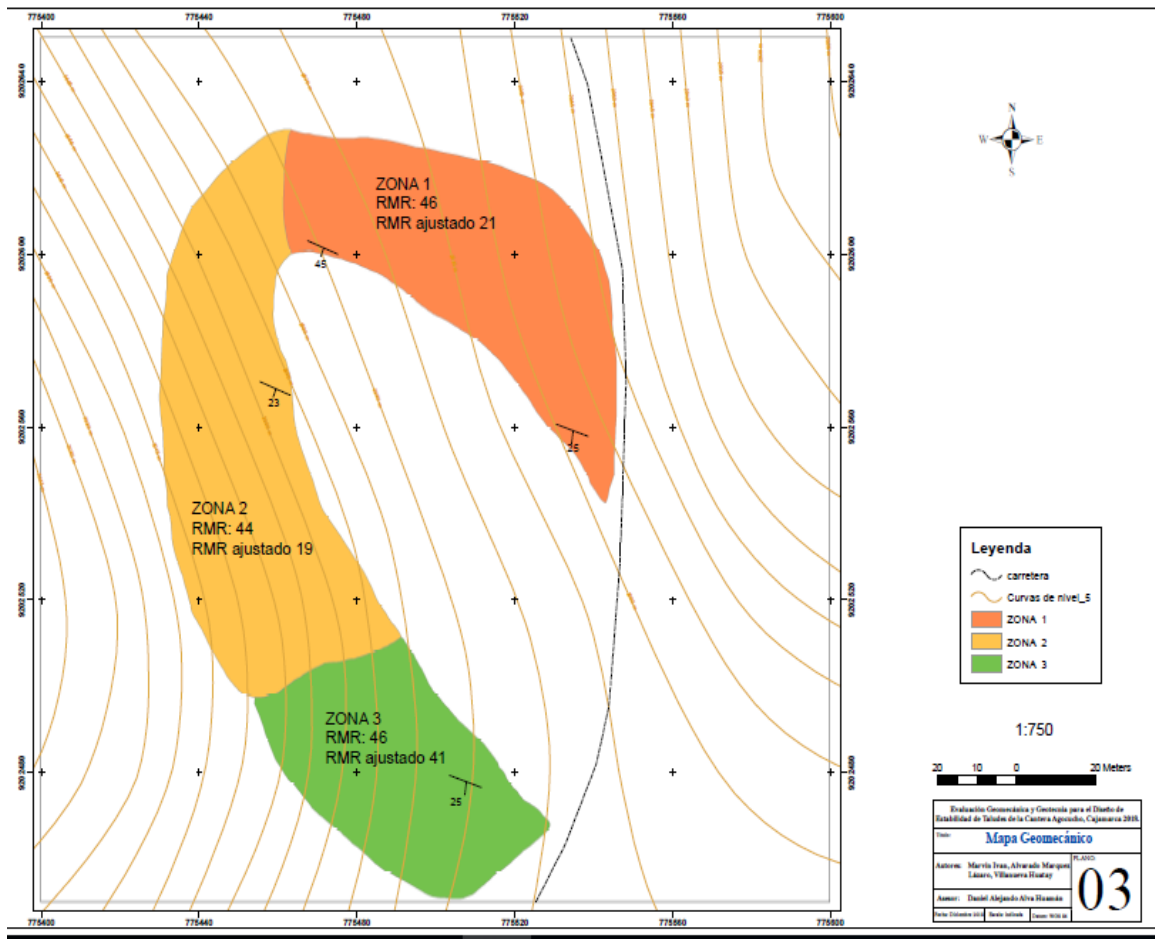


Fig. 39: Cantera Agocucho dividido por zonas.

Fuente propia.

### 3.12. ESTADO ACTUAL DE LA CANTERA AGOCUCHO



*Fig. 40: Cantera Agocucho.*

*Fuente propia.*



*Fig. 41: Plataforma de trabajo 60 m.*

*Fuente propia.*

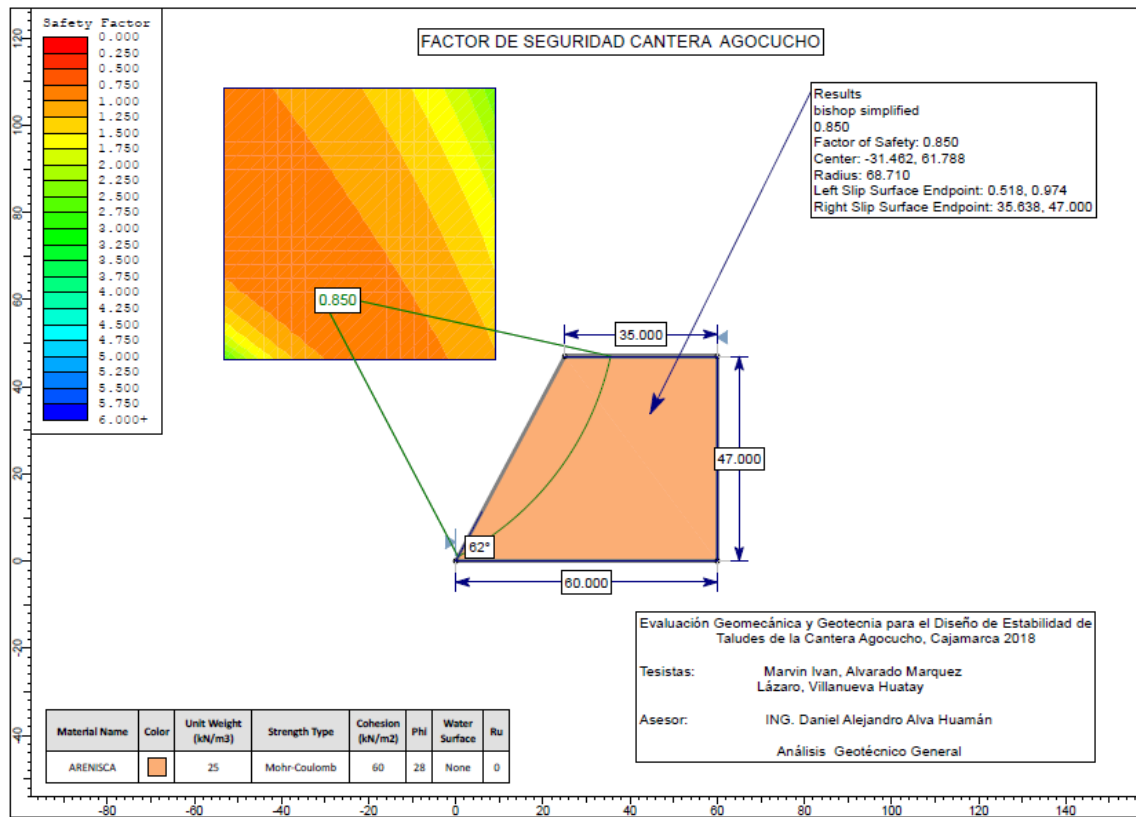


Fig. 42: Estado actual de la cantera Agocucho.

Fuente propia.

Diseño actual de explotación está conformado por los siguientes elementos:

- Altura= 47 m.
- Ángulo de talud de trabajo= 62°
- Berma= 35 m.
- Plataformas de trabajo= 60 m.
- Factor de seguridad= 0.850.



### 3.13. DISEÑO DEL TALUD

Los parámetros que configuran la propuesta de diseño geométrico para cada zona de la cantera, se han desarrollado con el fin de maximizar el aprovechamiento de los recursos pétreos naturales de manera más eficiente y segura.

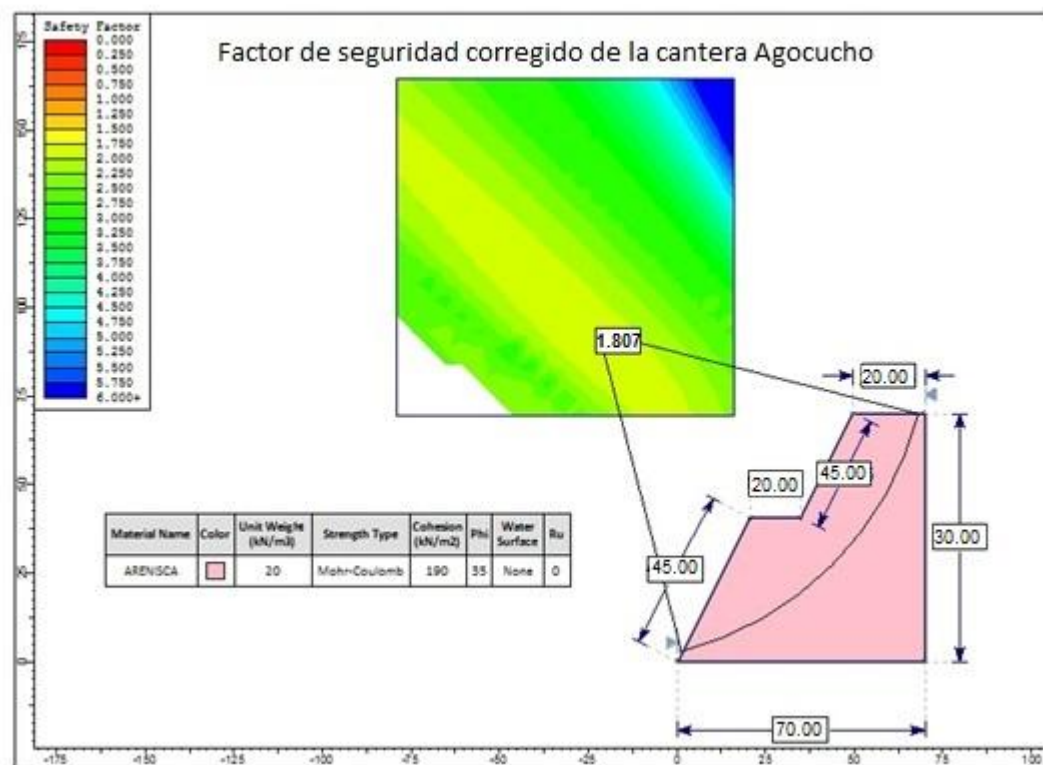


Fig. 43: Propuesta de diseño de la cantera Agocucho.

Fuente propia.

Este diseño está compuesto por:

- 2 bancos de 15 m.
- Bermas= de 20 m.
- Plataformas de trabajo= 70 m.
- Ángulos de los bancos = 45°
- Factor de seguridad= 1.807.

### 3.14. MEDIDAS DE ESTABILIZACIÓN

El talud analizado tiene un factor de seguridad 0.57, debido a 1 familia de discontinuidades que fueron medidas y catalogadas. Después de realizar el estudio geomecánico y el análisis de estabilidad de los taludes de la cantera “Agocucho”, dado que el talud analizado es el talud base de la cantera, el cual, puede ser inestable, y se esperan desprendimientos debido a factores geológicos naturales.

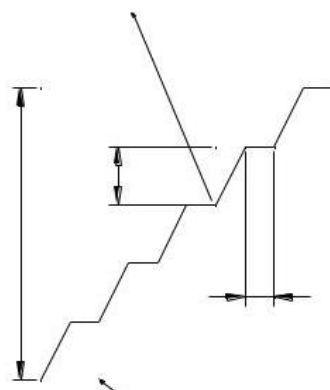
### 3.15. Para evitar que esto ocurra se proponen las siguientes medidas de estabilización:

#### 3.15.1. Corrección de la Geometría de los Taludes.

El talud analizado posee un ángulo y una altura diferente. Aspecto que produce inestabilidad de pequeños bloques. Por lo que se realizó un análisis y se confirmó los parámetros geométricos.

#### 3.15.2. Construcción de Bermas Intermedias de Seguridad.

La construcción de bermas es una medida preventiva más no correctiva hasta que se conforme el talud adecuadamente, con las mismas condiciones geométricas y de diseño.



*Fig. 44: Diseño de berma.*

*Fuente propia.*

Se debe considerar a la berma seguridad, una pendiente invertida para permitir el drenaje del agua y evitar que la misma corra por la cresta del talud hacia otras bermas y produzca la erosión del macizo y la formación de grietas o cárcavas.

Por lo que esta medida impide además la acumulación del agua en las plataformas de trabajo, (parte superior del talud).

### **3.15.3. Saneo Sistemático y Efectivo de Materiales Suelos, Potencialmente**

#### **Peligrosos por la Posibilidad de Caída.**

Se propone el adecuado saneo de los frentes y taludes excavados para su conservación en perfectas condiciones y la prevención de la aparición de problemas de mayor gravedad.

Para lo cual después de una parada y antes de comenzar los trabajos es necesario inspeccionar los frentes de explotación, asegurándose de que no existen masas de rocas inestables y ordenándose, en caso necesario su saneo por parte de personal adecuadamente formado para estas labores y utilizando, preferentemente, medios mecánicos.

Se recomienda realizar la observación in situ para determinar los bloques potencialmente más vulnerables a desprenderse, de esta forma se puede inferir manualmente mediante barras de acero la caída artificial de los bloques.

Las inspecciones y los saneos deben realizarse de forma sistemática en los siguientes casos:

- Después de lluvias o heladas.
- Cuando se haya producido el desprendimiento de masas considerables de roca.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

De acuerdo al estudio realizado en la Concesión Minera no metálica “Agocucho”, se identificó que la explotación de materiales pétreos se la realiza de manera anti-técnica.

Mediante la evaluación geomecánica, aplicando los métodos de Bieniawski y Romana se puede observar que existe correlación en los resultados, ya que por Bieniawski la calidad del macizo representada por el  $RMR = 46$  es Media y por Romana la calidad del macizo representada por el  $SMR = 38.5$  macizo rocoso correspondiente a una **Descripción de Mala** y una **Estabilidad Inestable**.

La explotación se la ha realizado en la parte superficial, quedando visible la parte masiva, cuyo análisis geomecánico arrojó una calidad de roca que va de Media a Mala, por este motivo es que la extracción se realiza con retroexcavadora pequeña, ya que no se utiliza métodos de perforación y voladura, ya que son caros.

Por lo expuesto anteriormente se propone un diseño de explotación técnica (Ver Anexo) que consiste en formar bancos descendentes que permitan el máximo aprovechamiento de los materiales pétreos naturales y remediar los trabajos de extracción anti-técnicos que se han venido realizando. Este diseño está compuesto por dos bancos con alturas de 15m, bermas de 15m, plataformas de trabajo de 60m y ángulos de los bancos de  $45^\circ$  que permiten una estabilidad temporal durante la operación.

## 4.2. Conclusiones

- Las mayores concentraciones de esfuerzo vienen del sur Oeste.
- La caracterización geomecánica realizada por el Método de Bieniawski (1989) determinó que los macizos rocosos de la cantera Agocucho son de clase III (Media) a clase IV (Mala).
- Mediante el empleo del Método Romana SMR (1985), las zonas analizadas se consideran Inestables.
- La evaluación del GSI, según su estructura los macizos rocosos son de clase Muy Fracturada, Perturbada, y según las condiciones de superficie es Regular y Pobre.
- Al evaluar la estabilidad de los taludes, se obtiene un factor de seguridad de 0.580 lo cual nos dice que es inestable, y al aplicar el nuevo diseño el factor de seguridad es 1.926 lo cual nos indica que es estable.
- Según los resultados de la evaluación el diseño presenta los siguientes parámetros geométricos: 2 bancos de 15 m, altura total =30m, ángulo de inclinación de cada banco de la cantera=45°, bermas =15m y plataforma de trabajo=60m que permiten una estabilidad temporal durante la operación.

## REFERENCIAS

- Bray, H. y. (1974). ASPECTOS GENÉRICOS DE INGENIERÍA DE TALUDES EN ROCA/MECANICA DE SUELOS APLICADA.
- Campbell, C. y. (2014). Metodología de Pesquisa Científica. viernes, 10 de octubre de 2014.
- Copare, J. D., & Cabrera, D. U. (2003). EVALUACION DE LA ESTABILIDAD DE TALUES. TACNA.
- German, M. (2017). ESTABILIDAD DE TALUDES Y ROTURA CIRCULAR. ECUADOR.
- Merchán Pesántez, J. B., & Sánchez Molina, D. R. (2013). Evaluación de la estabilidad de los taludes en un sector de la cantera de materiales pétreos "Las Victorias". cuenca.
- Ramirez. (2008). Marco Teorico - Canteras. Medellin.
- Recalde, E. (2009). Metodología de planificación minera a corto plazo y diseño minero a mediano plazo en la cantera Pífo. Quito- Papallacta.
- Valeriano, F. A. (2017). Análisis de Estabilidad Probabilístico del Talud de la Cantera Espinal . Puno.
- BIENIAWSKI, Z.T. 1989. "Engineering rock mass classifications": a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering. Wiley-Interscience. pp. 40-47
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2010) Metodología de la Investigación. 5ta Edición. México D.F.: Editorial McGraw Hill.
- Alberto Martínez Vargas, 2008 - Evaluación Geotécnica de los taludes. la microcuenca de Quirio – Chosica.
- Alonso, Eduardo (1989). Análisis de la estabilidad de taludes. Casos simples. En Corominas, J. (editor), "Estabilidad de Taludes y Laderas Naturales", Monografía nº 3, Sociedad Española de Geomorfología, pp. 97–118.
- Alonso, Eduardo (1989). Métodos generales de equilibrio límite. En Corominas, J. (editor), "Estabilidad de Taludes y Laderas Naturales", Monografía nº 3, Sociedad Española de Geomorfología, pp. 119–166.
- Bañon Blázquez, Luis – José Bevia García (2008). Manual de Diseño y estabilidad de Taludes.
- De Matteis (2003). Geología y geotecnia. Universidad Nacional de Rosario.
- Hebert Sotelo Aedo, 2005. "Sistemas de evaluación de la Estabilidad de Taludes" - Jefe del Departamento de Geotecnia CESEL S.A.
- J. Suarez (2003). "Deslizamientos y estabilidad de Taludes en zonas tropicales". Limusa.

J. Armas (2004). “Análisis de Estabilidad de Taludes”. México

Pérez E. (2005). Estabilidad de Taludes.

P. Klose (1984). “Comparación de métodos de análisis de estabilidad de taludes”. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.

GAVILANES, H; ANDRADE, B. (2004) “Introducción a la Ingeniería de Túneles” Editorial de la Asociación de Ingenieros de minas de Ecuador (A.I.M.E). Quito-Ecuador.

# ANEXOS



## **ANEXO 1**

El área donde se realizará el estudio lleva por nombre cantera Agocucho. Ubicada al sur oeste a 9 km de distancia de la ciudad de Cajamarca.

## **ANEXO 2**

## ANEXO 3

## **ANEXO 4**

## **ANEXO 5**

## ANEXO 6

## **ANEXO 7**

## **ANEXO 8**



## ANEXO 9

## **ANEXO 10**

## **ANEXO 11**

## **ANEXO 12**

## **ANEXO 13**

## ANEXO 14

Coordenadas WGS84: ESTE 0775497 - NORTE 9202512 de la Cantera Agocucho.



*Fig. 45: Coordenadas WGS84.*

*Fuente propia.*

## ANEXO 15



*Fig. 46: Cuadrángulo para la evaluación.*

*Fuente propia.*

## ANEXO 16

ARRANQUE: En el caso de las rocas suaves, el arranque realiza de manera directa, para lo cual se utiliza excavadores que disgregan la roca para luego sea cargado hasta los volquetes.



*Fig. 47: Arranque.*

*Fuente propia.*



## ANEXO 17

TRANSPORTE INTERNO: El material heterogéneo dispuesto en la plataforma de trabajo, con la ayuda de la retro cargadora, es alimentado a los camiones, los cuales llevan hasta la zaranda, que se encuentra ubicada fuera o dentro del área de la concesión, para su respectiva clasificación.



*Fig. 48: Carguío y Transporte de material en la Cantera Agocucho*

*Fuente propia.*

## ANEXO 18

El material extraído (agregados para construcción) son fragmentos de roca arenisca. Para la presente investigación se necesita tener un conocimiento eficiente de los factores que influyen la inestabilidad de un talud, para ello debemos tener en cuenta que las condiciones geomecánicas del macizo rocoso que contiene a los taludes, son elementos determinantes en este tipo de trabajos.



*Fig. 49: Material extraído de la cantera.*

*Fuente propia.*

## ANEXO 19

CLASIFICACION DEL MATERIAL: El material suave obtenido de laboreo mediante la excavadora es llevado hasta las zarandas estacionarias en las cuales se obtienen diferentes productos como: arena, agregados finos, gruesos, etc. Los cuáles serán comercializados.



*Fig. 50: Proceso de Cernidores de material en la Cantera Agocucho.*

*Fuente propia.*

## ANEXO 20

COMERCIALIZACIÓN: Los diferentes tipos de productos que se han preparado en la cantera son comercializados en función de las necesidades del consumidor, para lo cual empresas no tienen relación con los titulares mineros se encargan de comercializar. Ocasionalmente disponen de volquetes y comercializan directamente.



*Fig. 51: Traslado de material para el proceso de Comercialización hacia distintos puntos de venta de Cantera Agocucho.*

*Fuente propia.*