



1859

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

## Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

### TÍTULO

“ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA  
GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA  
CONCESIÓN MINERA “CHAPADERO G” (CÓDIGO  
600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS  
PROVINCIA DE LOJA”

Tesis de grado previa a la  
obtención del título de Ingeniero  
en Geología Ambiental y  
Ordenamiento Territorial

**AUTOR:**

**JUAN PABLO SILVERIO LUDEÑA**

**DIRECTOR:**

**ING. DIXON ELICIO BRICEÑO MARTÍNEZ, Mg.**

LOJA-ECUADOR

2016



## II. CERTIFICACIÓN

Ingeniero.

Dixon Elicio Briceño Martínez, Mg

**DIRECTOR DE TESIS Y DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.**

### CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, realizado por el señor egresado: JUAN PABLO SILVERIO LUDEÑA con C.I.; 1104882525, en su proceso de investigación denominado: **“ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA “CHAPADERO G” (CÓDIGO 60009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA”**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, el mismo que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, en consecuencia me permito autorizar para su presentación, sustentación y defensa.

Loja, 05 de Septiembre del 2016



Ing. Dixon Elicio Briceño Martínez, Mg.  
**DIRECTOR DE TESIS**





### III. AUTORÍA

Yo, **JUAN PABLO SILVERIO LUDEÑA** declaro ser autor del proyecto de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**

**Cédula:** 1104882525

**Fecha:** 19 de Octubre del 2016



#### **IV. CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN DEL TEXTO COMPLETO**

Yo, **JUAN PABLO SILVERIO LUDEÑA**, declaro ser el autor de la tesis titulada: **“ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA “CHAPADERO G” (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA”**, como requisito para optar al grado de: **INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, a los diecinueve días del mes de octubre del dos mil dieciséis.

**Firma:**

**Autor:** Juan Pablo Silverio Ludeña

**Cédula:** 1104882525

**Dirección:** Loja (Calle: Manuel Zambrano e/ Malvinas y Cuba)

**Correo electrónico:** j.p.edu1213@hotmail.com

**Teléfono:** 2579775      **Celular:** 0959736531

#### **DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director de Tesis:** Ing. Dixon Elicio Briceño Martínez, Mg.

**Tribunal de Grado:** Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc

Ing. Jimmy Stalin Paladines, Mg. Sc

Ing. Hernán Luis Castillo García, Mg. Sc



## V. DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres Mireya Ludeña y Fabricio Silverio quienes fueron participes durante toda mi educación y en especial dedicarle a mi abuelo Lauro Ludeña que ha sido mi modelo a seguir.

El Autor



## VI. AGRADECIMIENTO

En el presente trabajo de tesis primeramente agradeceré a Dios por bendecirme, dándome la salud y las fuerzas necesarias para culminar con esta gran etapa de mi vida, de igual manera agradezco a mis padres y hermano por darme el apoyo necesario en toda mi vida como estudiante.

A mi Director de tesis, Ing. Dixon Briceño que con su conocimiento y experiencia me ha guiado y orientado en el cumplimiento del presente trabajo de investigación, así como a todos mis profesores que me compartieron sus conocimientos y enseñanzas, de igual manera quiero agradecer a la concesión minera “Chapadero G” por permitirme y brindarme la ayuda necesaria en la realización del proyecto de tesis.

Finalmente agradeceré al Ing. Juan Pablo Jaramillo e Ing. Carla Ordoñez por el gran aporte de sus conocimientos y a mis amigos Milena, Mónica, Trosky, Christian y Juan por acompañarme y colaborarme en la culminación de mi trabajo.

El Autor



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

II. CERTIFICACIÓN .....	II
III. AUTORÍA .....	IV
IV. CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN DEL TEXTO COMPLETO.....	V
V. DEDICATORIA.....	VI
VI. AGRADECIMIENTO .....	VII
1. Título.....	1
2. Resumen.....	2
3. Introducción .....	4
4. Revisión de literatura .....	6
4.1. Glosario .....	6
4.2. Geología .....	7
4.3. Geología estructural.....	7
4.3.1. Estructuras geológicas .....	8
4.4. Topografía .....	9
4.4.1. Topografía subterránea.....	9
4.5. Yacimientos minerales .....	9
4.5.1. Origen de los yacimientos .....	10
4.5.2. Clasificación de los yacimientos según su génesis.....	10
4.6. Actividad minera .....	12
4.6.1. Fases de la minería .....	12
4.6.2. Sistemas de explotación minera .....	13
4.7. El macizo rocoso .....	14
4.7.1. Caracterización de macizos rocosos .....	14
4.7.2. Terminología de las características de los macizos rocosos.....	15
4.7.3. Descripción de las discontinuidades.....	15
4.7.4. Parámetros del macizo rocoso .....	20
4.7.5. Clasificación geomecánica .....	20
4.8. Uso de la proyección estereográfica en Ingeniería geológica .....	21
5. Materiales y métodos .....	23
5.1. Materiales .....	23





5.2. Metodología.....	23
5.2.1. Fase de preparación .....	23
5.2.2. Fase de trabajo de campo.....	24
5.2.3. Fase de ensayos de laboratorio .....	27
5.2.4. Fase de resultados .....	28
6. Resultados .....	31
6.1. Ubicación y Acceso al Área de Estudio .....	31
6.2. Datos generales del Área de Estudio .....	33
6.3. Geomorfología.....	33
6.4. Clima .....	34
6.5. Hidrografía .....	34
6.6. Topografía del Área de Estudio.....	35
6.6.1. Topografía Superficial.....	35
6.6.2. Topografía Subterránea .....	35
6.7. Mineralización.....	36
6.8. Geología .....	37
6.8.1. Geología Regional .....	37
6.8.2. Geología Local .....	39
6.8.3. Geología Estructural Subterránea.....	42
6.9. Clasificación Geomecánica .....	51
6.9.1. Análisis de la resistencia a la compresión uniaxial .....	52
6.9.2. Aplicación del Sistema de Valoración del Macizo Rocoso (RMR) .....	53
7. Discusión.....	66
8. Conclusiones .....	69
9. Recomendaciones.....	71
10. Bibliografía.....	72
11. Anexos .....	74



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.-</b> Clasificación de los yacimientos según su génesis .....	11
<b>Tabla 2.-</b> Espaciado de discontinuidades .....	17
<b>Tabla 3.-</b> Descripción de persistencia .....	17
<b>Tabla 4.-</b> Tipo de rugosidad.....	18
<b>Tabla 5.-</b> Descripción de abertura.....	19
<b>Tabla 6.-</b> Clasificación Geomecánica RMR .....	21
<b>Tabla 7.-</b> Materiales de apoyo .....	23
<b>Tabla 8.-</b> Hoja de cálculo utilizada para la determinación del RMR .....	29
<b>Tabla 9.-</b> Promedio de clasificación del RMR.....	30
<b>Tabla 10.-</b> Coordenadas de la concesión minera Chapadero G.....	31
<b>Tabla 11.-</b> Datos generales de la concesión minera .....	33
<b>Tabla 12.-</b> Coordenadas boca mina .....	35
<b>Tabla 13.-</b> Datos estructurales de la galería de exploración.....	43
<b>Tabla 14.-</b> Ensayo a la compresión uniaxial de la muestra 1 .....	52
<b>Tabla 15.-</b> Ensayo a la compresión uniaxial de la muestra 2 .....	52
<b>Tabla 16.-</b> Calculo del RMR en pared izquierda a 17.3m de la galería.....	53
<b>Tabla 17.-</b> Calculo del RMR en pared derecha a 17.3m de la galería .....	54
<b>Tabla 18.-</b> Calculo del RMR en techo a 17.3m de la galería .....	55
<b>Tabla 19.-</b> Clasificación del macizo en la primera zona de observación.....	56
<b>Tabla 20.-</b> Calculo del RMR en pared izquierda a 50.5m de la galería.....	57
<b>Tabla 21.-</b> Calculo del RMR en pared derecha a 50.5m de la galería .....	58
<b>Tabla 22.-</b> Calculo del RMR en techo a 50.5m de la galería .....	59
<b>Tabla 23.-</b> Clasificación del macizo en la segunda zona de observación .....	60
<b>Tabla 24.-</b> Calculo del RMR en pared izquierda a 73.6m de la galería.....	61
<b>Tabla 25.-</b> Calculo del RMR en pared derecha a 73.6m de la galería .....	62
<b>Tabla 26.-</b> Calculo del RMR en techo a 73.6m de la galería .....	63
<b>Tabla 27.-</b> Clasificación del macizo en la tercera zona de observación .....	64



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.-</b> Medidas de orientación de discontinuidades .....	16
<b>Figura 2.-</b> Proyección de un plano con su polo .....	22
<b>Figura 3.-</b> Ubicación del punto fijo de control .....	24
<b>Figura 4.-</b> Registro y geo-posicionamiento de afloramiento y muestra .....	25
<b>Figura 5.-</b> Toma de datos estructurales en galería .....	26
<b>Figura 6.-</b> Ensayo a la compresión uniaxial de muestra de roca .....	27
<b>Figura 7.-</b> Ubicación del área de estudio .....	32
<b>Figura 8.-</b> Boca mina .....	36
<b>Figura 9.-</b> Análisis petrográfico de sección pulida .....	36
<b>Figura 10.-</b> Lamina delgada de granodiorita fanerítica con alteración propilítica y sulfuros .....	40
<b>Figura 11.-</b> Ploteo de los datos petrográficos en diagrama QAP, los datos caen en la zona de granodiorita. ....	40
<b>Figura 12.-</b> Microfotografía de lámina delgada de andesita silicificada con alteración hidrotermal.....	42
<b>Figura 13.-</b> Sección delgada de andesita porfirítica con una matriz de microcristales alineados, los fenocristales están fuertemente alterados a epidota y clorita. ....	42
<b>Figura 14.-</b> Relleno de limonita en diaclasas a 18,5m desde la boca mina .....	46
<b>Figura 15.-</b> Brecha mineralizada (veta 1) a 27,56m desde la boca mina.....	47
<b>Figura 16.-</b> Presencia de vetillas de cuarzo a 74m desde la boca mina.....	48
<b>Figura 17.-</b> Enclaves de mezclas de magma a 164,3m desde la boca mina .....	49

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.-</b> Representación estereográfica del diagrama de máxima concentración de polos de diaclasas .....	49
<b>Gráfico 2.-</b> Representación estereográfica del diagrama de densidades de diaclasas ...	50
<b>Gráfico 3.-</b> Representación estereográfica del diagrama de rosetas de diaclasas.....	50



## 1. Título

ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN  
AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA “CHAPADERO G” (CÓDIGO  
600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA



## 2. Resumen

La presente investigación se refiere al “Estudio Geológico Estructural de la Galería de Exploración Avanzada en la Concesión Minera “Chapadero G” (código 600009.1) Ubicado en el Cantón Paltas provincia de Loja”, abarcando un área de 200 hectáreas mineras contiguas, de las cuales el estudio se basó en 14 hectáreas que corresponden a la zona de exploración actual.

Para conseguir resultados a detalle se realizó el levantamiento topográfico superficial de 14.06 Ha que corresponde a la zona de exploración a escala 1:2000 y el levantamiento subterráneo a escala 1:500, utilizando la estación total S6, GPS y metro; lo cual permitió obtener la topografía real del terreno tanto superficial como interior mina.

Obtenida ya la base topográfica superficial y subterránea se elaboró un mapa que representa la geología superficial, describiendo los afloramientos más importantes, georeferenciándolos y tomando muestras para su análisis petrográfico, de esta manera se logró establecer la geología del sector, determinando que se encuentra en el intrusivo del Batolito de Tangula, específicamente compuestas de las rocas granodiorita, diorita y algunos diques de composición andesita basáltica; para realizar el levantamiento geológico estructural de la galería se procede a medir la orientación de todos los elementos estructurales encontrados dentro de la galería, determinando varias vetas mineralizadas con una dirección de 245° a 268° con buzamientos entre 64° a 88° SE, también se logra identificar diques e intrusiones de limonita.

En la Clasificación Geomecánica de la galería se consideraron 3 zonas para la identificación de sus rasgos geológicos y dominios estructurales, aplicando el Sistema de Valoración del Macizo Rocosos (RMR) establecida por Bieniawski, en donde se pudo identificar en una malla de 1m x 1m los parámetros tales como: índice de la calidad de la roca (RQD), espacio entre discontinuidades, condición de las discontinuidades, condición de infiltración del agua y orientación de las discontinuidades, también se tomó una muestra para el análisis de su resistencia uniaxial, de esta manera se logró obtener un valor numérico clasificando al macizo rocoso y proponer recomendaciones de su posible sostenimiento.



## Abstract

The present investigation refers to the "Geological Structural Study of the Gallery of Advanced Exploration in the Mining Concession "Chapadero G" (code 600009.1) which is located in the Canton of Paltas, province of Loja", covering an area of 200-hectare adjacent mining, of which the study was based on 14 hectares that correspond to the zone of current exploration.

A total station S6, GPS and a meter were used to obtain detailed results in a superficial topographic uprising in an area of 14.06 hectares which corresponds to the zone of exploration in a scale of 1:2000 and the subterranean uprising in a scale of 1:500; which allowed us to obtain the real topography of the superficial are as well as the interior mines.

Once we obtained the superficial and subterranean topographic base a map was designed which represents the superficial geology. This thesis will also describe the most important outcrops, geo-referencing them and taking samples for its petrographic analysis which established the geology of the sector and led to determine that this sector is located in the intruder one of the Batholith Tangula, specifically composed by granodiorite stone, greenstone and some dykes of basaltic andesite. In order to do the geological structural uprising of the gallery, a measurement of the structural elements found inside the gallery was done, which concluded in several mineralized veins with a direction from  $245^{\circ}$  to  $268^{\circ}$  with dips between  $64^{\circ}$  to  $88^{\circ}$  SE, also dikes and intrusions of limonite were found.

Three zones were considered to identify their geological features and structural domains in the Geomechanics Classification of the gallery, applying the Rock Mass Rating (RMR) established by Bieniawski. Here, in an area of 1m x 1m it was possible to identify such parameters such as: index of Rock Quality Designation (RQD), a space between discontinuities, water infiltration condition and discontinuities orientation. Also, a rock sample was taken for the analysis of its uniaxial resistance. Therefore, a numerical value was obtained which allowed us to classify the mass rock and to propose recommendations for its possible sustenance.



### 3. Introducción

La minería es una actividad económica del sector primario de amplia cobertura en el ámbito mundial y es indispensable para el suministro de minerales, los cuales a su vez, son la base de la cadena productiva de la mayoría de materiales que se requieren en la actividad humana, por esta razón la minería en el Ecuador se ha convertido en una función estratégica para el mejoramiento y el desarrollo del país, estando ubicados en una zona geológica favorable para la concentración de minerales, especialmente al sur de país.

Desde una perspectiva minera tanto en las fases de exploración y explotación de minerales a gran escala como de pequeña escala la influencia potencial que tienen las estructuras geológicas en los proyectos no puede ser desestimada, ya que las estructuras impactan en la mayoría de los aspectos técnicos, incluyendo el control de las leyes, estimación de reservas, ingeniería de los macizos rocosos, hidrogeología y como es de conocimiento que la mayor parte de los yacimientos minerales se encuentran formados por actividad tectónica, una gran parte de los yacimientos minerales se encuentran condicionados por sus estructuras geológicas.

La Concesión Minera Chapadero G se encuentra ubicada en la parroquia Catacocha, Cantón Paltas, Provincia de Loja, en donde se ha realizado el estudio Geológico Estructural de la Galería de Exploración, con la finalidad de proporcionar información como la base topográfica de la zona de exploración e interior mina, así mismo la base geológica y geológica-estructural de la galería al igual que su clasificación geomecánica, contando con dicha información la empresa minera podrá conocer las estructuras geológicas como las orientaciones de su mineralización, la presencia de fallas e intrusiones, también ayudara a tener criterios técnicos para el sostenimiento de la galería cumpliendo con los estándares de seguridad necesarios.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Realizar el estudio geológico estructural de la galería de exploración avanzada en la concesión minera “Chapadero G” (código 600009.1).

### **Objetivos específicos**

- Realizar el levantamiento topográfico superficial y subterráneo a detalle de la superficie considerada por la fase de exploración avanzada
- Realizar el levantamiento geológico a detalle del área de exploración
- Realizar el levantamiento geológico estructural a detalle de la galería de exploración avanzada.
- Clasificar al macizo rocoso de la galería de exploración avanzada según el método de Bieniawski (RMR).
- Identificar las zonas consideradas inestables en la galería de exploración avanzada.





## 4. Revisión de literatura

### 4.1. Glosario

- **Mena:** Es el mineral cuya explotación presenta interés. En general, es un término que se refiere a minerales metálicos y que designa al mineral del que se extrae el elemento químico de interés.
- **Ganga:** Comprende a los minerales que acompañan a la mena, pero que no presentan interés minero en el momento de la explotación.
- **Reservas:** Cantidad (masa o volumen) de mineral susceptible de ser explotado. Depende de un gran número de factores: ley media, ley de corte (ver más abajo), y de las condiciones técnicas, medioambientales y de mercado existentes en el momento de llevar a cabo la explotación.
- **Ley media:** Es la concentración que presenta el elemento químico de interés minero en el yacimiento. Se expresa como tantos por ciento, o como gramos por tonelada (g/t) (equivale a partes por millón, ppm) u onzas por tonelada (oz/t).
- **Ley de corte** o cut-off: Es la concentración mínima que debe tener un elemento en un yacimiento para ser explotable, es decir, la concentración que hace posible pagar los costes de su extracción, tratamiento y comercialización.
- **Factor de concentración:** Es el grado de enriquecimiento que tiene que presentar un elemento con respecto a su concentración normal para que resulte explotable.
- **Todo uno:** Mezcla de ganga y mena que extrae de la mina o cantera, con un contenido o ley determinado, que hay que saber previamente (investigación de pre-explotación) y confirmar tras la explotación.
- **Todo uno marginal:** Aquel producto de la explotación que tiene contenidos ligeramente por debajo de la ley de corte, y que no se suele acumular conjuntamente con el estéril.
- **Estéril:** Corresponde a las rocas que no contienen mineral o lo contienen en cantidades muy por debajo de la ley de corte.



- **Subproductos** (o by-products): Suelen ser minerales de interés económico, pero que no son el objeto principal de la explotación, si bien aumentan el valor económico de la producción.
- **Explotación minera:** Es el proceso o conjunto de procesos por el cual o cuales extraemos un material natural terrestre del que podemos obtener un beneficio económico: puede ser desde agua, hasta diamantes.

#### 4.2. Geología

La geología investiga la historia y la evolución de las actividades de la tierra desde los tiempos más remotos hasta el momento actual, la composición, disposición y origen de las rocas y los minerales que forman la corteza terrestre y los procesos que han dado lugar a su presente estructura (Diez, 2005).

De acuerdo a Mendivil (2002), establece una subdivisión en diferentes ramas, en función de sus objetivos.

- El estudio de las sustancias que constituyen la Tierra es cubierto por la Cristalografía, la Mineralogía y la Petrografía.
- De los procesos que se producen en el seno de la Tierra se ocupa la Geodinámica que puede dividirse en Geodinámica interna (Tectónica, Sismología, Vulcanología) y Geodinámica externa (Geomorfología, Hidrología, Glaciología, entre otros).
- La observación de la evolución terrestre a lo largo del tiempo es el campo de la Geología histórica y de la Paleogeología.
- Finalmente, las aplicaciones prácticas de los recursos del subsuelo constituyen el dominio de la Geología económica.

#### 4.3. Geología estructural

Según Tarbuck y Lutgens (2005), establecen que la geología estructural estudia la arquitectura de la corteza terrestre y cómo adquirió este aspecto en la medida en que fue consecuencia la deformación, es decir que relaciona los procesos mecánicos, deformaciones y movimientos originados en la corteza terrestre.



De acuerdo a V. Belousov, (1979), la corteza terrestre se compone de rocas que constituyen cuerpos de formas diversas. Así, por ejemplo, las rocas sedimentarias yacen en forma de estratos, estos pueden ser horizontales, y también inclinados o encorvados en pliegues. Las rocas magmáticas intrusivas forman cuerpos en forma de domos, cilindros, gotas grandes invertidas, filones ramificados, entre otros. Toda la corteza terrestre se compone de cuerpos adyacentes formados por rocas diferentes, siendo el objetivo de la geología estructural estriba precisamente, en el estudio de las formas de yacimiento de las rocas, o de las formas estructurales.

#### 4.3.1. Estructuras geológicas

El comportamiento de las rocas en respuesta al campo tectónico depende de varios factores: tipo de roca, la presión de confinamiento, la tasa de aplicación de las cargas, los fluidos inter granulares y los cambios ambientales.

- **Pliegues:** Como resultado de la deformación de las rocas debida a las fuerzas naturales, se forman varios tipos de estructuras. A altas presiones y temperaturas, a gran profundidad, las rocas se comportan dúctilmente, dando lugar a pliegues de diferentes tipos. Los pliegues, son estructuras curvadas y se clasifican de una manera general en anticlinales y sinclinales.
- **Diaclasas:** Cuando se excede la resistencia de las rocas frente a la acción de fuerzas naturales, éstas se fracturan o se dislocan. A los juegos sistemáticos de fracturas se les llama diaclasas; éstas se forman como en el caso general de los materiales sólidos por tracción o por corte. Las diaclasas que se forman por tracción son rugosas y, por lo menos, recién se han formado, son abiertas. Estas aberturas se pueden rellenar con algún material débil, arcilla o clorita por ejemplo, o sellar con algún cementante mineral como el sílice. Además, las diaclasas pueden tener cualquier grado de continuidad dentro de una masa rocosa y la roca misma puede estar sana o químicamente afectada lo que reduce su resistencia. Las diaclasas, conjuntamente con otros planos estructurales tales como, superficies de estratificación o planos de foliación, constituyen discontinuidades estructurales, que separan bloques de diferente tamaño, los cuales forman en conjunto los macizos rocosos.



- **Fallas Geológicas:** Las fallas geológicas se definen como dislocaciones de la corteza terrestre, es decir, fracturas a lo largo de las cuales se producen importantes deslizamientos relativos. La magnitud de estos desplazamientos puede ser de algunos metros, pero en la medida que las fallas son más antiguas, la magnitud acumulada de los desplazamientos puede alcanzar varios centenares de metros y aún kilómetros.
- **Discordancias:** Las discordancias representan interrupciones en el registro estratigráfico (miles a millones de años), debido a cambios en las condiciones paleogeográficas que permiten la interrupción del depósito. Una discordancia debe interpretarse normalmente como una elevación del terreno por encima del nivel del mar, acompañado de la erosión de algunos estratos, de tal manera que las capas situadas arriba y abajo de la superficie de la discordancia revelan alguna inconformidad (Docentes.unal.edu, s.f.).

#### 4.4. Topografía

La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales (Ferrer, 1987).

##### 4.4.1. Topografía subterránea

En principio los trabajos subterráneos siguen las mismas pautas que los realizados en el exterior aunque con características especiales debidas a las condiciones mismas del trabajo bajo tierra. La falta de luz natural obliga a utilizar aparatos con iluminación interior así como a identificar puntos a observar. La topografía subterránea nos permitirá saber los límites de la galería en estudio y así poder guiarnos adecuadamente en la galería (Ingeniería Cartográfica Geodésica, s. f.).

#### 4.5. Yacimientos minerales

Los procesos que llevan a la diferenciación de un magma, o la formación de una roca sedimentaria o metamórfica implican en ocasiones transformaciones profundas químico-mineralógicas. Es durante el curso de esos procesos que algunos elementos o minerales pueden concentrarse selectivamente, muy por encima de sus valores "normales" para un tipo determinado de roca, dando origen concentraciones "anómalas"



que de aquí en adelante denominaremos "yacimientos minerales" (Lunar y Oyarzun, 1991).

#### **4.5.1. Origen de los yacimientos**

De acuerdo a V. I. Smirnov (1982), los yacimientos minerales se forman en el proceso de diferenciación de las masas minerales al circular estas en los ciclos sedimentarios, magmáticos y metamórfico de formación de rocas y estructuras geológicas. En función de esto todos los yacimientos minerales se dividen en tres grandes series: sedimentógena, magmatógena y metamorfofógena.

Los yacimientos minerales sedimentógenos se forman a consecuencia de la diferenciación química, bioquímica y en menor grado mecánica de las sustancias minerales, condicionada por la energía externa de la Tierra. Los mismos se forman debido a la alteración de los macizos de las rocas y los yacimientos minerales formados en la profundidad y aflorados en la superficie de la tierra, así como a consecuencia de la concentración de nuevas masas de materia prima mineral en el proceso de sedimentación.

Los yacimientos minerales magmatógenos, según las condiciones de su formación, están relacionados con los procesos geoquímicos de las partes profundas de la corteza terrestre. Los mismos son localizados en las estructuras geológicas profundas que determinan las condiciones de acumulación de la sustancia mineral, morfología y estructuras de los cuerpos minerales, tales yacimientos se forman bajo la influencia de la energía interna de la tierra a causa de los procesos magmáticos en la corteza y en las partes más profundas del planeta.

Los yacimientos metamorfofógenos se formaron a base de la transformación intensa de las rocas a una profundidad considerable de la superficie de la Tierra. En estas condiciones pudieron surgir nuevos yacimientos metamórficos viejos profundamente modificados.

#### **4.5.2. Clasificación de los yacimientos según su génesis**

La mayoría de los yacimientos se formaron en el transcurso de mucho tiempo, variando el carácter de transformación y acumulación de las sustancias minerales. En el año 1983 V. I. Smirnov exterioriza la clasificación genética general de los yacimientos minerales (tabla 1).



**Tabla 1.-**Clasificación de los yacimientos según su génesis

Serie	Grupo	Clase	Subclase
<b>Endógena</b>	Magmático	De licuación	
		Magmática temprana	
		Magmática tardía	
	Pegmatítico	Pegmatitas simples	
		Pegmatitas recristalizadas	
		Pegmatitas metasomáticas sustituidas	
	Carbonatítico	Magmática	
		Metasomática	
		Combinada	
	De skarn	De skarn calizo	
		De skarn magnesiano	
		De skarn de silicato	
	De albititagréisen	Albitína	
		De gréisen	
	Hidrotermales	Plutonógena	
		Vulcanógena	
		Amagmatógena (teletermal y estratiforme)	
	Pirítico	Metasomática	
		Vulcanógena- sedimentaria	
		Combinada	
<b>Exógena</b>	De meteorización	Residual	
		De infiltración	
	De placer	Eluvial	
		Diluvial	
		Proluvial	
		Aluvial	



			De cauce De valle De delta De terraza
		Lateral	Lacustre Marina Oceánica
		Glacial	De morena Fluvioglacial
	Sedimentaria	Mecánica	
		Química	
		Bioquímica	
		Vulcanógena	
Metamorfizada	De metamorfismo regional		
	De metamorfismo de contacto		
Metamórfica			

Fuente: V. I. Smirnov, 1982

#### 4.6. Actividad minera

##### 4.6.1. Fases de la minería

De acuerdo a la Ley de Minería (2013), art 27 fases de la actividad minera, describe los términos que corresponden a las fases mineras, las cuales constan de la prospección, exploración, explotación, procesamiento, refinación/fundición, y cierre de mina, por objetos de estudio del presente proyecto solo se detallara las tres fases iniciales

**a) Prospección**, que consiste en la búsqueda de indicios de áreas mineralizadas;

**b) Exploración**, que consiste en la determinación del tamaño y forma del yacimiento, así como del contenido y calidad del mineral en él existente. La exploración podrá ser inicial o avanzada e incluye también la evaluación económica del yacimiento, su factibilidad técnica y el diseño de su explotación;



- c) **Explotación**, que comprende el conjunto de operaciones, trabajos y labores mineras destinadas a la preparación y desarrollo del yacimiento y a la extracción y transporte de los minerales;
- d) **Beneficio**, que consiste en un conjunto de procesos físicos, químicos y/o metalúrgicos a los que se someten los minerales producto de la explotación con el objeto de elevar el contenido útil o ley de los mismos;
- e) **Fundición**, que consiste en el proceso de fusión de minerales, concentrados o precipitados de éstos, con el objeto de separar el producto metálico que se desea obtener, de otros minerales que los acompañan;
- f) **Refinación**, que consiste en el proceso destinado a convertir los productos metálicos en metales de alta pureza;
- g) **Comercialización**, que consiste en la compraventa de minerales o la celebración de otros contratos que tengan por objeto la negociación de cualquier producto resultante de la actividad minera; y,
- h) **Cierre de Minas**, que consiste en el término de las actividades mineras y el consiguiente desmantelamiento de las instalaciones utilizadas en cualquiera de las fases referidas previamente, si no fueren de interés público, incluyendo la reparación ambiental de acuerdo al plan de cierre debidamente aprobado por la autoridad ambiental competente.

El Estado propenderá a la industrialización de los minerales producto de las actividades de explotación, promocionando la incorporación del valor agregado con máxima eficiencia, respetando los límites biofísicos de la naturaleza.

En todas las fases de la actividad minera, está implícita la obligación de la reparación y remediación ambiental de conformidad a la Constitución de la República del Ecuador, la ley y sus reglamentos.

#### **4.6.2. Sistemas de explotación minera**

Las minas pueden ser divididas siguiendo varios criterios. El más amplio tiene en cuenta si las labores se desarrollan por encima o por debajo de la superficie, dividiéndolas, respectivamente, en minas a cielo abierto y en minas subterráneas.





#### **4.6.2.1.Cielo abierto**

Se llaman minas a cielo abierto, y también minas a tajo (o rajo) abierto, a las explotaciones mineras que se desarrollan en la superficie del terreno, a diferencia de las subterráneas, que se desarrollan bajo ella.

Para la explotación de una mina a cielo abierto, a veces, es necesario excavar, con medios mecánicos o con explosivos, los terrenos que recubren o rodean la formación geológica que forma el yacimiento. Estos materiales se denominan, genéricamente, estéril, mientras que a la formación a explotar se le llama mineral.

Las minas a cielo abierto son económicamente rentables cuando los yacimientos afloran en superficie, se encuentran cerca de la superficie, con un recubrimiento pequeño o la competencia del terreno no es estructuralmente adecuada para trabajos subterráneos como ocurre con la arena o la grava (Pardo, 2009).

#### **4.6.2.2.Subterráneo**

Se llama método de explotación subterránea de un yacimiento, a un orden de excavación de las galerías preparatorias o de acceso, de trazado o subdivisión y de arranque, coordinado en tiempo y espacio, y la tecnología de la labor de arranque aplicada.

El sistema de explotación subterránea es una actividad donde las concisiones de trabajo es extremadamente riesgosas las cuales deben ser desarrolladas tomando en cuenta la seguridad industrial minera.

### **4.7.El macizo rocoso**

#### **4.7.1. Caracterización de macizos rocosos**

La caracterización de un macizo rocoso viene a constituir la fase inicial en todo estudio geológico- geotécnico, y está basado en la descripción de las características particulares que influyen en el comportamiento mecánico del macizo, para hacer frente a los procesos de excavación ya sea a cielo abierto o subterráneo. La caracterización de macizos está fundamentada en la descripción de afloramientos y sondajes de perforación, acoladas a ensayos y medidas adicionales de laboratorio (Hernán Gavilanes y Byron Andrade, 2004).



## **4.7.2. Terminología de las características de los macizos rocosos**

### **4.7.2.1. Macizo rocoso**

De acuerdo a Duque Escobar Gonzalo (2003), considera a un macizo rocoso como un conjunto de matriz rocosa y discontinuidades que presenta diferente comportamiento, considerándola como heterogénea y anisotropía.

En un túnel se encontrará comportamientos diferentes en las rocas: habrá comportamiento plástico en las metamórficas y elástico en las dos zonas de falla; serán rocas duras las ígneas y metamórficas y blandas las sedimentarias, habrá discontinuidades de retracción en las ígneas y de estratificación en las sedimentarias entre estas, los comportamientos varían sustancialmente.

### **4.7.2.2. Discontinuidades**

Las discontinuidades condicionan de una forma definitiva las propiedades y el comportamiento resistente, deformacional e hidráulico de los macizos rocosos, La resistencia al corte de las discontinuidades es el aspecto más importante en la determinación de la resistencia de los macizos rocosos duros fracturados, y para su estimación es necesario definir las características y propiedades de los planos de discontinuidad (Gonzalez de Vallejo, 2004).

### **4.7.2.3. Dominio estructural y estructura del macizo rocoso**

De acuerdo a Hernán Gavilanes y Byron Andrade (2004), el dominio estructural es la masa de roca delimitada por discontinuidades geológicas, dentro de la cual, la estructura es prácticamente homogénea.

Estructura del macizo rocoso es el conjunto de fallas, pliegues y demás características geológicas que definen una determinada región, en la que existen una serie de dominios estructurales perfectamente definidos y diferenciados entre sí. La estructura del macizo rocoso comprende también los rasgos característicos de la textura y la asociación de uno o más tipos de roca.

## **4.7.3. Descripción de las discontinuidades**

La caracterización de las discontinuidades en un macizo rocoso puede ser realizada de

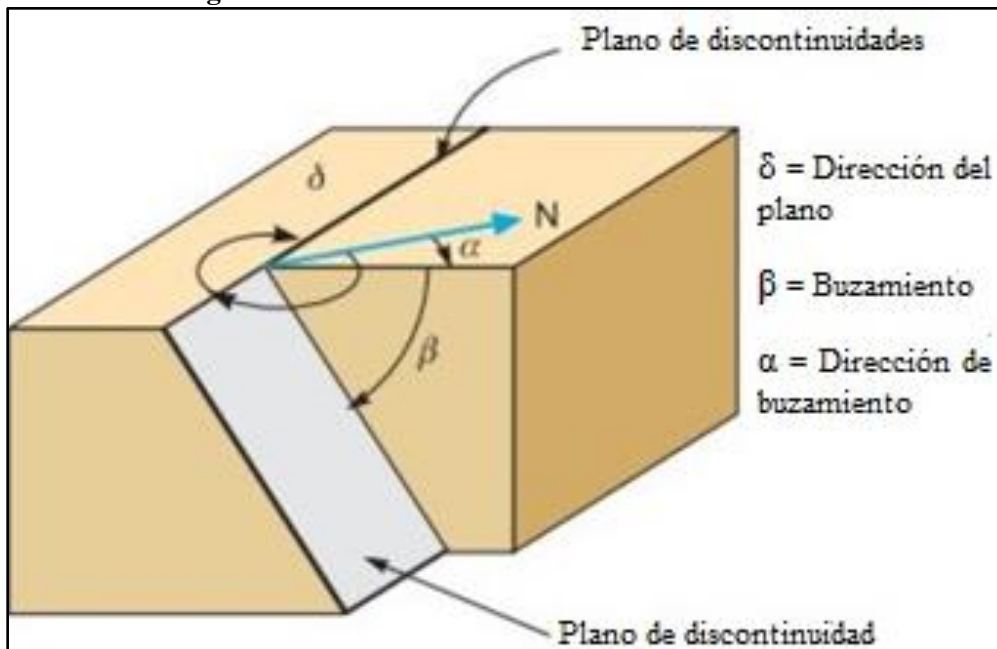
manera cuantitativa mediante la descripción y medida de los siguientes parámetros.

#### 4.7.3.1.Orientación

Según González de Vallejo (2004), menciona que la orientación de una discontinuidad en el espacio queda específica por su dirección de buzamiento (dirección de la línea de máxima pendiente del plano de discontinuidad respecto al norte) y por su buzamiento (inclinación respecto a la horizontal de dicha línea), en la figura 1 se observa los elementos de orientación en un plano de discontinuidad.

La orientación de unas discontinuidades con respecto a otras determinará la forma de los bloques. Es conveniente medir un número de orientaciones para definir las diversas familias de diaclasas. De acuerdo con la orientación de las discontinuidades se determinará el grado de estabilidad, tanto de túneles como de taludes, pues en ambos casos, si la orientación es paralela creara mayor inestabilidad, a más de esto se debe observar el buzamiento de las discontinuidades con respecto al buzamiento de taludes y a la dirección de avance de taludes.

**Figura 1.-**Medidas de orientación de discontinuidades



Fuente: González de Vallejo, 2004

#### 4.7.3.2.Espaciado

De acuerdo a González de Vallejo (2004), el espaciado entre las discontinuidades condiciona el tamaño de los bloques de la matriz rocosa, por lo tanto, definirá el



comportamiento mecánico del macizo rocoso (A mayor espacio las propiedades de la matriz rocoso se mantendrán mientras que a menor espaciado el comportamiento del macizo lo determinara los planos de debilidad).

La siguiente terminología ha sido recomendada por la Sociedad Internacional de Mecánica de rocas (ISRM).

**Tabla 2.-** Espaciado de discontinuidades

<b>Descripción</b>	<b>Espaciado (mm)</b>
Extremadamente cerrado	< 20
Muy cerrado	20 – 60
Cerrado	60 – 200
Moderado	200 – 600
Espaciado	600 – 2.000
Muy espaciado	2.000 – 6.000
Extremadamente espaciado	> 6.000

**Fuente:** ISRM, 1981

#### 4.7.3.3.Persistencia

Este término describe la extensión o tamaño de las discontinuidades. Puede ser cuantificada observando las longitudes de las trazas en la superficie expuesta. Se considera como uno de los parámetros más importantes del macizo rocoso, pero uno de los más difíciles de cuantificar (Hernán Gavilanes y Byron Andrade, 2004).

Las longitudes indicadas para cada familia de discontinuidades pueden ser descritas como se observa en la tabla 3.

**Tabla 3.-** Descripción de persistencia

<b>Persistencia</b>	<b>Longitud (m)</b>
Muy baja persistencia	< 1
Baja persistencia	1 - 3
Persistencia media	3 – 10
Alta persistencia	10 – 20
Muy alta	> 20

**Fuente:** ISRM, 1981



#### 4.7.3.4. Rugosidad

De acuerdo a Hernán Gavilanes y Byron Andrade (2004), nos menciona que la rugosidad de una discontinuidad es el factor determinante de la resistencia al cizallamiento. Su importancia disminuye al aumentar la abertura, al espesor de relleno o cualquier desplazamiento sufrido con anterioridad.

Cuando se realizan estudios preliminares y no se necesita mayor precisión, la descripción de las rugosidades pueden ser limitadas a términos descriptivos basándose en dos escalas de observación: pequeña escala (cm); escala intermedia (m). Esta escala queda ilustrada en la tabla 4.

**Tabla 4.-** Tipo de rugosidad

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
I	Rugosa irregular, escalonada
II	Lisa, escalonada
III	Pulida, escalonada
IV	Rugosa irregular, ondulada
V	Lisa, ondulada
VI	Pulida, ondulada
VII	Rugosa irregular, planar
VIII	Lisa, planar
IX	Pulida, planar

**Fuente:** ISRM, 1981

#### 4.7.3.5. Resistencia de las paredes de la discontinuidad

La resistencia a la compresión de las paredes de la discontinuidad es una componente importante de la resistencia al cizallamiento y deformabilidad, especialmente si las paredes estañen contacto roca a roca sin relleno (Hernán Gavilanes y Byron Andrade, 2004). Existen dos procedimientos para caracterizar la resistencia de las paredes de una discontinuidad:

- a) Prueba con el Martillo Schmidt
- b) Pruebas Índice Manual



#### 4.7.3.6. Abertura

Se entiende a abertura como la distancia perpendicular que separa las paredes de una discontinuidad abierta. Los términos sugeridos por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas en el año de 1981 limitan el término abertura a discontinuidades abiertas donde el espacio es aire o agua. En lo que se refiere a la resistencia al cizallamiento, en las aberturas delgadas el grado de separación toma mayor relevancia cuando hay agua en la diaclasa, ya que cambian las tensiones normales y, por lo tanto, la resistencia al cizallamiento. Esta abertura de las discontinuidades debe ser determinada y descrita por los criterios de abertura establecidos por Salcedo (tabla 5)

**Tabla 5.-** Descripción de abertura

<b>Abertura</b>	<b>Descripción</b>
< 0,1 mm	Muy cerrada
0.10 – 0,25 mm	Cerrada
0,25 – 0,50 mm	Parcialmente abierta
0,50 – 2,50 mm	Abierta
2,50 – 10mm	Moderadamente ancha
10mm	Ancha
1 – 10 cm	Muy ancha
10 – 100 cm	Extremadamente ancha
> 1 m	Cavernosa

**Fuente:** Salcedo, 1988

#### 4.7.3.7. Relleno

Según Hernán Gavilanes y Byron Andrade (2004), este término describe el material que se encuentra separando las paredes adyacentes de una discontinuidad, por ejemplo: calcita, cuarzo, clorita, yeso, arcilla, limo, brecha de falla entre otros. Generalmente, pero no siempre el relleno es más débil que la pared de la discontinuidades y puede tener una consistencia granular, sólida o fluida.

En general la descripción del relleno en el campo debe ser organizado por los siguientes factores:

- a) Ancho



- b) Dibujos esquemáticos
- c) Mineralogía
- d) Tamaño de partículas

#### 4.7.4. Parámetros del macizo rocoso

En la caracterización del macizo rocoso a partir de sus reseñas, además de la descripción de sus componentes, Gonzalez de Vallejo (2004), menciona que se deberá considerar otros factores representativos del conjunto, como son:

- **Número y orientación de familias de discontinuidades:** La intensidad o grado de fracturación y el tamaño de los bloques de matriz rocosa vienen dados por el número de familias de discontinuidades y por el espaciado de cada familia. Cada una de las familias queda caracterizada por su orientación en el espacio y por las propiedades y características de los planos.
- **Tamaño de bloque y grado de fracturación:** En un macizo rocoso existirá diferentes tamaños y formas de los bloques, esto estará en dependencia por el número de familias de discontinuidades, su espaciado y su continuidad en el macizo.
- **Grado de meteorización:** Siendo la meteorización la descomposición de minerales y rocas que ocurre sobre o cerca de la superficie puede ser evaluada por observación directa tanto en taludes como en túneles o galerías.

#### 4.7.5. Clasificación geomecánica

Todas las medidas de las características y propiedades de la matriz rocosa, las discontinuidades y los parámetros del macizo rocoso anteriormente mencionadas, serán necesarios para la evaluación geomecánica global del macizo.

##### 4.7.5.1. Clasificación según Bieniawski (R.M.R.)

El sistema de Valoración del Macizo Rocosos (RMR), más conocido como Clasificación Geomecánica RMR, fue desarrollada por Bieniawski 1972 y 1973. Debido a que el sistema RMR ha tenido varias modificaciones, y desde que el método cambio su nombre a Clasificación Geomecánica RMR o Sistema de Valoración de Macizos



Rocosos, es importante decir que el sistema ha permanecido esencialmente con el mismo principio a pesar de los cambios.

Se valora una serie de parámetros

- Resistencia del material intacto valor máximo = 15 (ensayo carga puntual o compresión simple)
- R.Q.D. valor máximo = 20
- Distancia entre las discontinuidades valor máximo = 20
- Condición de las discontinuidades valor máximo = 30
- Agua subterránea valor máximo = 15
- Orientación de las discontinuidades

$$\text{RMR} = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) - (6)$$

**Tabla 6.-** Clasificación Geomecánica RMR

Clase	Calidad de Roca	RMR
<b>I</b>	Muy buena	81 – 100
<b>II</b>	Buena	61 – 80
<b>III</b>	Media	41 – 60
<b>IV</b>	Mala	21 – 40
<b>V</b>	Muy mala	0 – 20

Fuente: Bieniawski, 1973

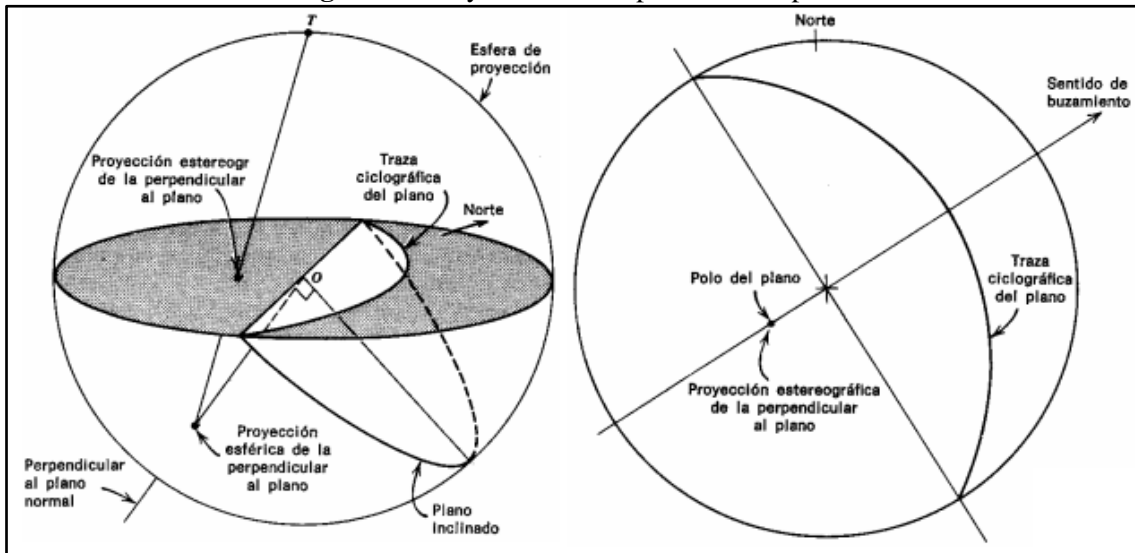
#### 4.8. Uso de la proyección estereográfica en Ingeniería geológica

La proyección estereográfica permite la representación en elementos de geología estructural. Los datos empleados se toman en el campo, de forma directa, mediante el empleo de la brújula de geólogo, que nos permite tomar las direcciones de los diferentes elementos tomando como referencia el norte magnético y un clinómetro que facilita el ángulo que forma el elemento a medir con respecto al plano horizontal.

Cuando el elemento a medir es un plano (Figura 2), el ángulo de inclinación recibe en geología el nombre de buzamiento (dip), mientras que cuando se trata de una recta la inclinación recibe el nombre de inmersión (plunge).



Figura 2.- Proyección de un plano con su polo



Fuente: Marcel Hürlimann

El empleo de la representación estereográfica en geología estructural es innumerable, mediante el empleo de la proyección estereográfica, se puede determinar: la orientación de una estructura lineal (foliación, eje perforación, etc.), las orientaciones de capas a partir de sondeos, el cálculo de direcciones y buzamientos reales de planos (estratificación, exfoliación, esquistosidad, superficie de falla, etc.) a partir de valores aparentes, la homogeneidad de los ejes de pliegue en una determinada región, la orientación de un elemento antes de sufrir una basculación, etc.

Según el XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica (2002), la proyección estereográfica es un tipo de proyección azimutal muy usado en cristalografía y geología estructural para establecer la relación angular existente entre las caras de los cristales o entre las estructuras geológicas.

En ingeniería geológica se utilizan fundamentalmente proyecciones azimutales ecuatoriales y en particular la proyección estereográfica ecuatorial; en esta proyección el plano pasa por el ecuador y el centro de proyección esta sobre la superficie de la esfera en una recta perpendicular a él.

Este tipo de proyección define una inversión en el espacio que transforma los puntos de la esfera en puntos del plano. Además presenta la ventaja de que la proyección de los círculos de la esfera se produce como círculos, lo que hace muy sencillo la construcción de la proyección.



## 5. Materiales y métodos

### 5.1. Materiales

Tabla 7.- Materiales de apoyo

<b>Equipos y materiales utilizados</b>			
<b>Campo</b>	<b>Laboratorio</b>	<b>Gabinete</b>	<b>Seguridad</b>
Estación total S6	Estéreo-Microscopio	Computadora	Casco
GPS Garmin eTrx 30	Tronzadora Bosch	Impresora	Gafas
Carta geológica IGM Cariamanga Esc. 1:100000	Compresión uniaxial de testigo de rocas Lexus	Plotter	Chaleco refractivo
Lupa de aumento 30x	Calibrador	Flash memory	Botas punta de acero
Martillo geológico			linterna
Cinta métrica			Mascarilla
Brújula Brunton			
Libreta de campo			
Cámara fotográfica Sony			

Fuente: Autor, 2016

### 5.2. Metodología

Para realizar el estudio geológico estructural de la galería de exploración avanzada en la concesión minera “Chapadero G” (código 600009.1), contemplamos cuatro fases que se describirá a continuación:

#### 5.2.1. Fase de preparación

En la fase de preparación se recopiló toda la información bibliográfica y cartográfica de la zona de estudio, como son las cartas geológicas del Instituto Geográfico Militar a escala 1:100.000, y el mapa geológico del cantón Paltas a escala 1:50.000, de igual manera se tiene la fotografía aérea del cantón Paltas del año 2010 que sirvió para verificar los accesos y delimitar el área de estudio.



Se elaboró una base de datos con la información de las concesiones mineras cercanas al área de estudio, de los informes de exploración de las concesiones mineras Chapadero G. (concesión en donde se encuentra el área de estudio), Barbasco (código 600844), Barbasco 1 (código 600872), Barbasco 2 (código 600881) y Barbasco 4 (código 600900).

### 5.2.2. Fase de trabajo de campo

En esta fase se recogió toda la información posible para dar cumplimiento a los objetivos planteados. En la elaboración del levantamiento topográfico superficial a escala 1:2000 se ejecutó un recorrido por la zona de exploración de la concesión minera verificando la accesibilidad y visualización. El levantamiento se lo realizó con una estación total S6 obteniéndose una mayor precisión, logrando definir la zona de exploración, delimitar el área de estudio en un sistema de información geográfica y ubicar un punto fijo de control con coordenadas en PSAD 56 frente de la galería de exploración, que servirá como punto de partida para el levantamiento subterráneo.

**Figura 3.-** Ubicación del punto fijo de control



**Fuente:** Autor, 2016

Para el levantamiento subterráneo se partió del punto de control previamente establecido, realizándolo con la estación total S6, tomándose los puntos de altura y



ancho a lo largo de toda la galería de exploración, obteniendo un mayor detalle y precisión.

Se realizó el levantamiento geológico de la zona de exploración con la base de la topografía superficial, cubriendo las travesías previas planificadas, de las cuales se describe 10 afloramientos (Anexo 4) y 8 puntos de control, registrándose todas las características litológicas, estructuras y su geo-posición con coordenadas PSAD 56 en la libreta de campo y en el mapa topográfico llevado al campo, también se recolecta 5 muestras de roca las cuales se extraen con un matillo geológico de una sección inalterada del afloramiento de aproximadamente  $\frac{1}{2}$ Kg (muestra de mano), para su descripción macroscópica se utilizó un formato generado por la INIGEMM modificada por el autor de la tesis (Anexo 5), definiendo todos los parámetros observables como: color, textura, estructura, tamaño de grano, contenido de minerales y todas las características que se pueden observar, con esto son codificadas, geo-posicionadas y registradas para la posterior definición de las muestras que serán enviadas para el ensayo de lámina delgada, codificándolas y registrándolas en fichas de campo seleccionando 3 de las 5 muestras recolectadas.

**Figura 4.-** Registro y geo-posicionamiento de afloramiento y muestra



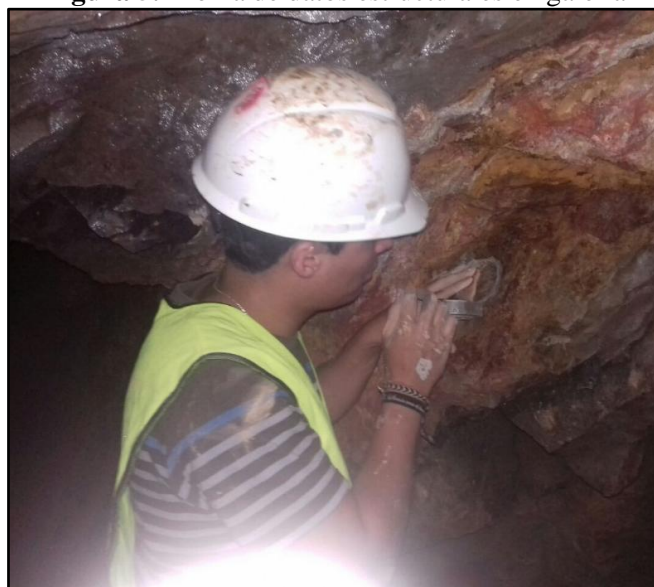
**Fuente:** Autor, 2016

Para el levantamiento geológico estructural de la galería de exploración se tuvo como base la topografía subterránea a escala 1:500, realizando la descripción de su litología y se tomó las mediciones de todas las estructuras geológicas encontradas como son las



direcciones, buzamientos y discontinuidades, todos estos datos estructurales y la litología fue realizada a detalle en cada metro de galería, registrándolo en la libreta de campo y en el mapa subterráneo llevado al campo.

**Figura 5.-** Toma de datos estructurales en galería



**Fuente:** Autor, 2016

Para conocer la mineralización presente en las vetas se procedió a recolecta una muestra a manera de canaleta a lo largo de toda la veta con un peso aproximado de 2 kilogramos, la muestra fue debidamente registrada y codificada para su posterior análisis

En la clasificación geomecánica de la galería de exploración se recolectaron 2 muestras de roca inalteradas representativas, tomadas por la diferencia litológica de la galería, la primera muestra se la recolecto en el primer dique a una distancia de 17.3m y la segunda muestra que corresponde a la diorita a una distancia de 73.6m, registrándolas y codificándolas colocando el número de muestra y la distancia exacta de su recolección, estas muestras servirán para conocer la resistencia a la compresión uniaxial.

Posteriormente se definió una malla de 1m x 1m en paredes y techo en 3 sectores de la galería, identificando: el número de discontinuidades, el espaciado entre las discontinuidades, estado de las fisuras, infiltración de agua y orientación de las discontinuidades, todos estos datos fueron registrados correctamente en la libreta de campo.

### 5.2.3. Fase de ensayos de laboratorio

Dentro de esta fase se procesaron y analizaron las muestras recolectadas durante la fase de campo, seleccionando las 3 muestras de mano que podrían aportar mayores datos conjuntamente con las que generaban mayor incertidumbre, las mismas que fueron preparadas en el laboratorio químico y petrográfico de la Universidad Central del Ecuador, se realizaron 3 láminas delgadas, posteriormente para el análisis y descripción se utilizó las fichas microscópicas de rocas ígneas establecidas por el INIGEMM (Anexo 6).

La muestra de veta fue llevada al laboratorio petrográfico de la Universidad Técnica Particular de Loja el cual se procedió a triturarla en un molino de bolas, posteriormente se lo lleva hasta un platón y con ayuda del agua se logra obtener el material más pesado, este será incrustada en una resina que formara parte de la briqueta, con ayuda de un microscopio y la utilización de luz bajo la briqueta se logra identificar la mineralización existente.

Las muestras tomadas para la clasificación geomecánica fueron preparadas en el laboratorio ESTSUELCON, de las cuales en cada muestra utilizando la tronadora se realizó dos cubos de aproximadamente 5cm por cada lado, esto ayudara a obtener un promedio de su resistencia para mayor precisión del ensayo, este parámetro será necesario para la clasificación del macizo rocoso.

**Figura 6.-** Ensayo a la compresión uniaxial de muestra de roca



Fuente: Autor, 2016



#### 5.2.4. Fase de resultados

En esta etapa se describe los resultados obtenidos durante la fase de campo y laboratorio, cumpliendo con diversas actividades para: la elaboración de los mapas a escalas 1:2000 y 1:500, descripción geológica e información para la redacción del documento presente.

La información obtenida en el levantamiento topográfico superficial y subterráneo, se descargó los datos desde la estación total S6 hasta un ordenador, empleando los softwares Autocad y Arcgis 10.3 generan las curvas de nivel, accesos, infraestructura, descripciones, entre otros que se encuentran dentro del área de investigación, generando el mapa topográficos superficial trabajado en las coordenadas Psad 56 con un área de 14.06 Ha. entre intervalos de curvas de nivel 1m y a escala 1:2000, de igual manera se obtiene el mapa topográfico subterráneo trabajado en las coordenadas Psad 56 con una longitud de galería de 164.3m y a escala 1:500.

En la elaboración del mapa geológico se genera una base de datos que contiene la información de campo y de laboratorio, determinando los puntos de afloramientos, puntos de control, muestras recogidas y datos estructurales, en un sistema de información geográfica, también se cuenta con un mapa de campo, mapa topográfico fotografías aéreas, que nos permiten definir con mayor certeza los contactos, con esto se obtiene el mapa geológico superficial a escala 1:2000. Para un mayor entendimiento del mapa se realizó una serie de cortes geológicos, permitiendo otra visión de la distribución espacial de la geología.

En la elaboración del mapa geológico-estructural interior mina, de igual manera se estructuró una base de datos completa con la información de campo y de laboratorio, determinando la litología, las estructuras geológicas dentro de la galería y con ayuda del mapa de campo se logra obtener el mapa geológico-estructural de la galería de exploración a escala 1:500.

La clasificación geomecánica de la galería de exploración se generó de acuerdo al Sistema de Valoración del Macizo Rocosos (RMR), establecido por Bieniawski; empleando seis parámetros que fueron tomados previamente en el trabajo de campo y en los ensayos de laboratorio, se analizaron los datos obtenidos en una hoja de cálculo



para cada una de sus secciones tanto en techo como en pared derecha e izquierda (Tabla 8), con los resultados del RMR de cada sección se realiza un promedio para poder dar la clasificación final a la zona de la galería (Tabla 9), logrando identificar las zonas inestables y dando posibles criterios de sostenimiento en la galería.

**Tabla 8.-** Hoja de cálculo utilizada para la determinación del RMR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CLASIFICACIÓN GEOMECAÁNICA RMR (BIENIAWSKI)				
<b>Proyecto:</b> ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA “CHAPADERO G” (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA				
<b>Responsable:</b>				
<b>Sección N°:</b>				
<b>Ubicación:</b>				
PARÁMETROS		DATO	VALORACIÓN	PUNTAJE
1	RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAIXIAL		Gráfica (Anexo10)	
2	RQD(%)= 115 - 3,3 Jv		Gráfica (Anexo10)	
3	ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES		Gráfica (Anexo10)	
4	CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES	Longitud	Matriz de valoración (Anexo 9)	
		Separación	Matriz de valoración (Anexo 9)	
		Rugosidad	Matriz de valoración (Anexo 9)	
		Relleno	Matriz de valoración (Anexo 9)	
		Meteorización	Matriz de valoración (Anexo 9)	
5	AGUA SUBTERRÁNEA		Matriz de valoración (Anexo 9)	
A	AJUSTE LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES	Perpendicular al eje	No valorado	
		Paralelo al eje	Matriz de valoración (Anexo 9)	
B	TIPO DE ROCA	Descripción: Regular	RMR	
C	TIEMPO MEDIO DE SOSTÉN		1 Semana, claro de 5m	
D	CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO	Excavación		
		Sostenimiento	Pernos (Ø 20mm, adhesión total )	
			Hormigón lanzado	
		Marcos de acero		

Nota: La sección D (CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO), Funciona como guía aplicables a túneles excavando la roca con el sistema de perforación y voladura a profundidades menores de 900 metros con un ancho de aproximadamente 10m. Se puede aplicar otras medidas de contención por lo que estos criterios representan el sostenimiento permanente

**Fuente:** Autor, 2016





**Tabla 9.- Promedio de clasificación del RMR**

1	Tipo de roca	Sección	Descripción	Clase	RMR	Promedio
		Pared izquierda				
		Pared derecha				
		techo				
2	Tiempo Medio de sostén					
3	Criterios de Excavación y sostenimiento	Excavación				
		Sostenimiento	Pernos ( $\emptyset$ 20mm, adhesión total )			
			Hormigón lanzado			
			Marcos de acero			
Nota: La sección D (CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO), Funciona como guía aplicables a túneles excavando la roca con el sistema de perforación y voladura a profundidades menores de 900 metros con un ancho de aproximadamente 10m. Se puede aplicar otras medidas de contención por lo que estos criterios representan el sostenimiento permanente						

**Fuente:** Autor, 2016



## 6. Resultados

### 6.1. Ubicación y Acceso al Área de Estudio

El área de estudio objeto del presente trabajo se halla ubicado dentro de la jurisdicción política perteneciente a la parroquia Catacocha del cantón Paltas, provincia de Loja, entre los flancos o ramales de la cordillera Occidental de Los Andes. El área de esta concesión se encuentra formada por 200 hectáreas mineras contiguas, las coordenadas UTM referidos al DATUM PSAD 56 y a la zona geográfica 17 Sur, así como las distancias a los lados del polígono que la delimitan son:

**Tabla 10.-** Coordenadas de la concesión minera Chapadero G

<b>Puntos</b>	<b>X (Este)</b>	<b>Y (Norte)</b>	<b>Distancia (metros)</b>
PP	645.000	9'542.500	PP – 1 1000
1	645.000	9'543.500	1 – 2 2000
2	647.000	9'543.500	2 – 3 1000
3	747.000	9'542.500	3 – PP 2000

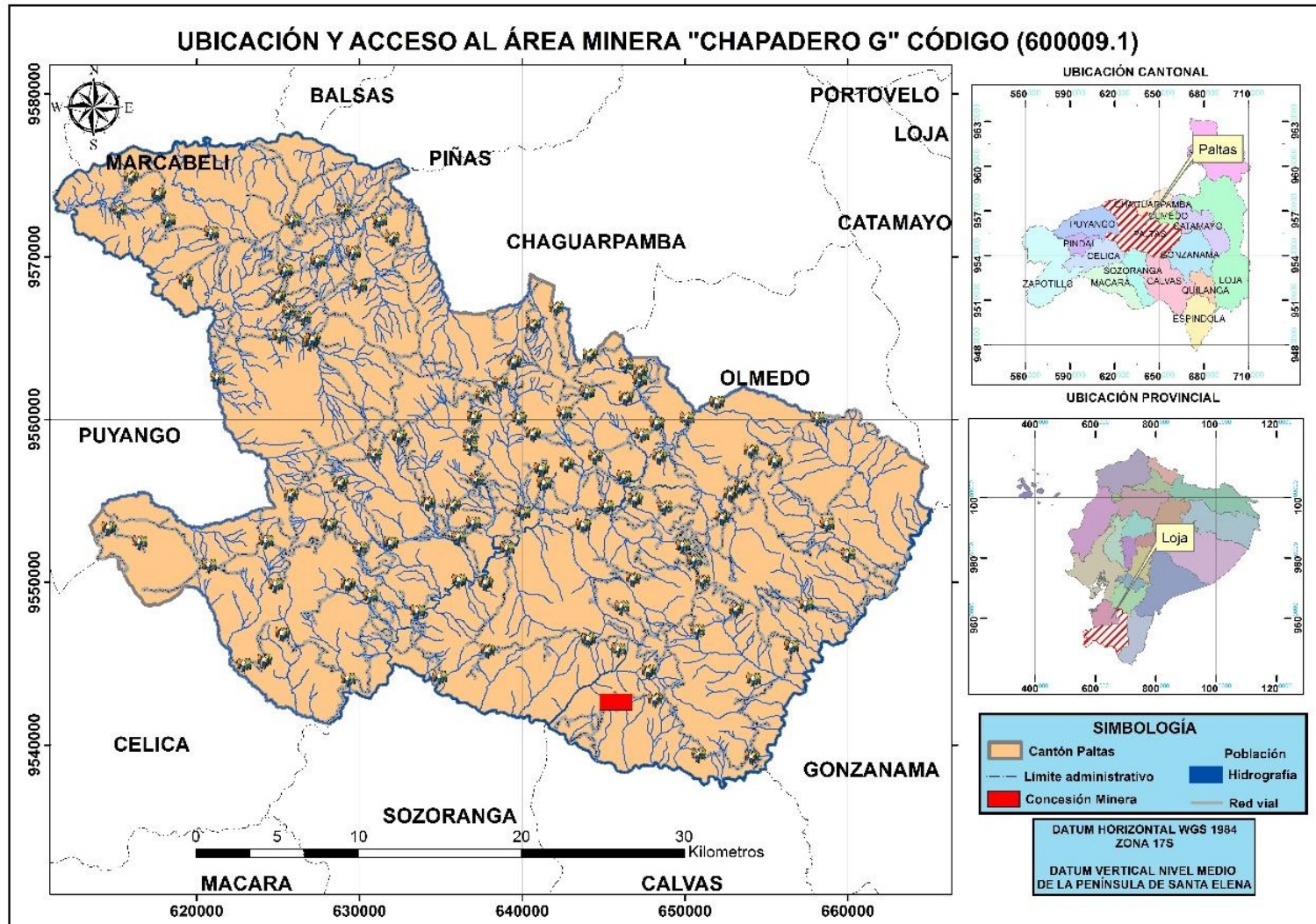
**Fuente:** Autor, 2016

El acceso principal a la área minera, se lo puede realizar por vía aérea desde Quito y/o Guayaquil, hasta la ciudad de Catamayo en el Aeropuerto “Ciudad de Catamayo” desde el aeropuerto hasta Catacocha se puede continuar vía terrestre a través de la vía asfaltada Catamayo-Catacocha con una longitud de 59.3 km, cuyo recorrido es de una hora 40 minutos.

Desde Catacocha se toma una vía lastrada de tercer orden de una longitud de 18 km aproximadamente, pasando por San Vicente del Rio se toma la desviación en dirección a Ningomine, una vez llegando a la “Y” se toma la vía de la derecha la misma que nos conduce hasta el área minera Chapadero G (código 600009.1).



Figura 7.- Ubicación del área de estudio



Fuente: Autor, 2016



## 6.2. Datos generales del Área de Estudio

**Tabla 11.-** Datos generales de la concesión minera  
“Chapadero G” código 600009.1

<b>Provincia</b>	Loja
<b>Cantón</b>	Paltas
<b>Parroquia</b>	Catacocha
<b>Fase minera</b>	Exploración
<b>Superficie (has.)</b>	200 hectáreas mineras contiguas
<b>Dirección</b>	Av. Universitaria y J.A. Eguiguren 06-78
<b>Teléfono</b>	(07) 944255
<b>Celular</b>	0987430313
<b>Fax</b>	(07) 944255
<b>Casillero judicial</b>	1254
<b>Nombre del concesionario minero</b>	Enrique Raumondi Lupu Castro Juan Gustavo Ponrras Lupu Nelson Orlando Carrión Lalangui
<b>Representante Legal</b>	Enrique Raumondi Lupu Castro

Fuente: Autor, 2016

## 6.3. Geomorfología

El cantón Paltas se caracteriza por presentar una diversidad de montañas y peñascos altos escarpados con valles profundos y laderas escarpadas, debido principalmente a que Los Andes bien definidos y ordenados en algunos lugares se diluyen en varios ramales montañosos y colinados, presentando diferentes tipos de relieves, entre ellos tenemos el Relieve Montañoso que se encuentra en la parte sur-occidental y nor-occidental del cantón, desarrollados sobre andesitas basálticas, granodiorita, rocas volcánicas y sedimentarias antiguas, poseen pendientes medias a fuertes hasta escarpadas, también se puede encontrar el Relieve Colinado muy alto desarrollado sobre andesitas basálticas color verde, granodioritas, rocas volcánicas y sedimentarias de la Formación Río Playas, poseen pendientes medias a muy fuertes, otro tipo de relieve es el Colinado alto que se localiza en la parte sur-oriental y nor-occidental del cantón, desarrollado sobre andesitas basálticas, granodioritas, rocas volcánicas y sedimentarias, poseen pendientes



medias a muy fuertes y el Relieve Colinado Medio se distribuye a lo largo de todo el cantón, la pendiente de estos relieves varían de suave a fuerte su desnivel no sobrepasa los 100m, presentan cimas redondeadas y vertientes irregulares.

En un menor porcentaje también podemos encontrar relieves como Coluvio Aluvial Antiguo, Coluvión Antiguo, Coluvión Reciente, Escarpe de Deslizamiento, Frente de Cuesta, Glacis de Erosión, Glacis de esparcimiento, Relieve Colinado bajo, Relieve Colinado muy bajo, Relieve Ondulado, Superficie de cono de deyección reciente, Superficie de cuesta, Superficie disectada de cuesta, Superficie ondulada, Terraza alta, Terraza baja y cauce actual, Terraza media, Valle fluvial y Vertiente abrupta.

#### **6.4. Clima**

El clima predominante en el cantón Paltas es templado y cálido, donde la temperatura media anual se encuentra a 18.6° C, con temperaturas que oscilan entre los 12°C y 24°C en las partes bajas. La precipitación varía desde los 700 mm hasta los 1500 mm, con una precipitación media de 1018 mm al año. Los meses más secos son Junio, Julio, Agosto y Septiembre con 3 mm, mientras que los meses con las mayores precipitaciones del año son Enero, Febrero, Marzo y Abril con 232 mm.

#### **6.5. Hidrografía**

El territorio del cantón Paltas de acuerdo a la Red Hídrica, es parte de las Cuencas de los Ríos Catamayo Chira y Río Puyango–Tumbes, estando conformada por cinco subcuencas, estas son la subcuenca del Río Catamayo, Río Tamine, Río Alamor, Río Yaguachi y Drenajes menores. Los dos principales afluentes de esta importante red hidrográfica son los ríos de Catamayo y Puyango, en donde se localiza al este al río Catamayo que es abastecido por numerosas quebradas y drenajes menores del río Playas, finalmente se tiene al río Puyango que se lo encuentra en la parte occidental el mismo que es abastecido por los ríos Matalanga, Yaguache y algunos drenajes menores del río Tamine hasta.



## 6.6. Topografía del Área de Estudio

### 6.6.1. Topografía Superficial

El área de la concesión minera Chapadero G (código 600009.1) comprende 200 hectáreas en superficie, de las cuales se ha realizado el levantamiento de 14.06 hectáreas que comprende la zona de exploración actual a una escala de 1:2000, ubicado al nor-este de la concesión minera.

La topografía del área es irregular con cotas que varían entre los 1506 hasta 1791 m.s.n.m., esta gran diferencia de alturas se debe a su rasgo geomorfológico, encontrándose en un Relieve Montañoso. En la parte norte del área de exploración se encuentra una vía de segundo orden que permite el acceso al campamento y otra bifurcación se dirige a un camino que atraviesa de norte a sur hasta finalizar en una segunda vía de segundo orden que se dirige hasta la boca mina, también existe en el área infraestructura en el acceso de la concesión ocupada por el guardia de seguridad y finalmente a 10 metros de la boca mina se encuentra dos compresores en buen estado y un tanque de almacenamiento de agua (Mapa Anexo 2).

### 6.6.2. Topografía Subterránea

En la concesión minera Chapadero G (código 600009.1) desarrolla la labor minera de una galería de exploración, en donde la boca mina de acceso se encuentra localizada en las coordenadas:

**Tabla 12.-** Coordenadas boca mina

<b>Coordenadas boca mina (Datum Psad 56. Zona 17 Sur)</b>		
X= 646440.4303	Y= 9542992.9291	Z= 1529.88

**Fuente:** Autor, 2016

La galería inicia con una dirección de N10°W, en la cual su boca mina se encuentra un soporte de dos columnas de 25x25cm de las cuales una de ellas está en proceso de fundición y en el techo el soporte de una viga uniendo las dos columnas. Cuenta con una altura aproximada de 1,8m y un ancho de 1,3m, estas dimensiones son relativamente constantes a lo largo de los 164.3m de la galería, cabe destacar que a 8m de la boca mina se encuentra una estocada que sirve como almacén de herramientas y equipos empleadas en las labores mineras, también encontramos a 40m un puesto de

emergencia con implementos tales como extintores y botiquín de primeros auxilios (Mapa Anexo 2).

**Figura 8.-Boca mina**

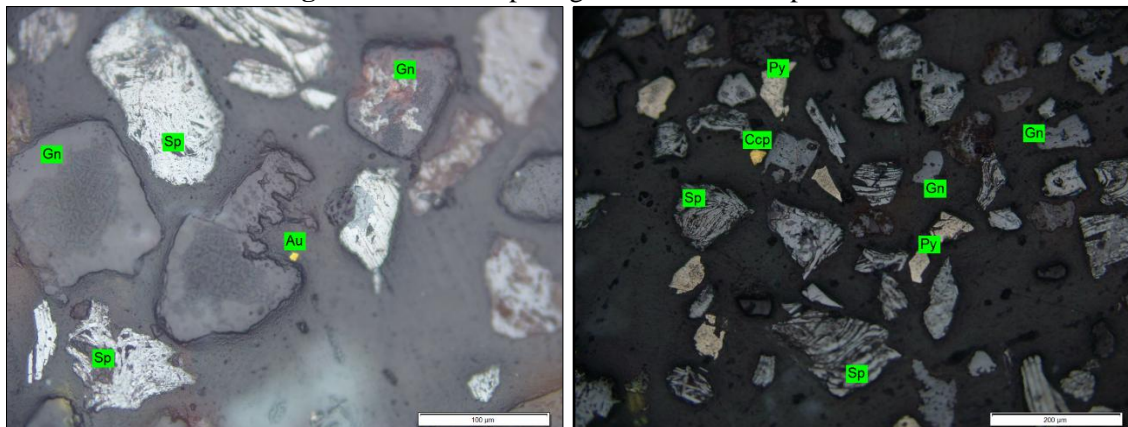


Fuente: Autor, 2016

### 6.7.Mineralización

El análisis en el microscopio petrográfico de una sección pulida de una muestra mineralizada (Figura 9) permitió identificar ciertos minerales de interés como oro y algunos sulfuros de importancia que acompañan a la mineralización principal, definiendo la existencia de calcopirita, pirita, galena, oro y esfalerita, lo que nos da a entender que nos encontramos con un yacimiento polimetálico.

**Figura 9.- Análisis petrográfico de sección pulida**



Fuente: Autor, 2016



## 6.8. Geología

### 6.8.1. Geología Regional

De acuerdo a la carta Geológica Regional de Cariamanga realizada por J. B. Kennerley M. Sc. Institute of Geological Sciences, London e Ing. L. Almedia y el Mapa Geológico del Cantón Paltas escala 1:100.000 (Mapa Anexo 3), ubicada en la Sierra Austral, las formaciones superficiales y de basamento muestran diferencias muy marcadas con los paisajes andinos del norte, se encuentran sobre diversas capas tectónicas y representadas por las siguientes formaciones predominantes.

La Formación Celica ocurre al Sur de la zona de la Falla Jubones en el sur de la sierra ecuatoriana y continúa hacia el Perú. Se encuentra representada por efusivos subvolcánicos marinos y por piroclastos de composición andesítica y riolítica, relacionada con el volcanismo subacual-continental (andesitas masivas homogéneas de color gris verdoso intercaladas con tobas andesíticas hasta riolíticas). Entre las rocas volcánicas de la serie Celica se encuentran esporádicas intercalaciones de caliza, areniscas, las cuales posiblemente en forma transicional se relacionan con los sedimentos marinos cretácicos del grupo Alamor. La potencia de la serie Celica alcanza hasta 5000 m. Las rocas que la constituyen pertenecen al tipo de rocas de arco de islas emergentes de composición calco-alcalinas y están comprimidas formando pliegues simétricos con buzamientos de los flancos, no superior a 45° e intruidas por el batolito granítico de Tangula que representa el extremo norte del gran batolito del Perú. Además las rocas de la serie Celica están cubiertas discordantemente por sedimentos del cretácico superior y descansan sobre rocas metamórficas del Paleozoico pertenecientes al grupo Tahuín.

La Formación Zapotillo y la Formación Ciano pertenecientes al grupo Alamor datadas en el período cretácico superior, consisten de lutitas finamente laminadas y abigarradas con limolitas, areniscas y volcánicos subordinados. Las rocas volcánicas consisten de lavas y tobas andesíticas, las lavas son idénticas a las de la Formación Piñon; las tobas andesíticas contienen cristales, fragmentos líticos y vítreos en una matriz de vidrio desvitrificado.





La Formación Sacapalca del Cretácico Superior comprende lavas andesíticas, brechas tobáceas, conglomerados, lutitas lacustres y tobas dacíticas esparcidas (Jaillard, 1996); las lavas que son más resistentes a la erosión forman los terrenos altos mientras que los piroclastos forman las depresiones. Los piroclastos son tobas andesíticas con tobas aglomeráticas y aglomerados subordinados, las tobas son ligeramente coloreadas usualmente verde claro, compuestas de fragmentos cristalinos líticos y vítreos en una matriz vítrea parcialmente desvitrificada.

La Formación Río Playas aflora en una pequeña depresión (15km de largo y 6 km de ancho), entre los poblados de Casanga y San Antonio. Se puede distinguir esta formación por sus conglomerados amarillos, areniscas y lutitas. Se caracteriza por presentar conglomerados de grano grueso, pobremente sorteados, areniscas amarillas con estratificación cruzada, lutitas, depósitos en un ambiente fluvial dominante.

Pertencientes a los intrusivos tenemos el Batolito de Tangula que posiblemente, constituye la extensión norteña del Gran Batolito costanero del Perú. “El Batolito de Tangula” consiste de una intrusión multifase donde sobresalen dioritas, tonalitas y granodioritas, comprendida principalmente por granodiorita biotítica con facies de tonalita hornblenda – biotita, cerca del margen, se han ubicado también pequeños plutones de granito y diorita. En el Huato y Landanuma ocurren dioritas de grano medio con abundante magnetita. “El batolito de Tangula, intruye a la formación Celica, y está cubierto por los volcánicos Sacapalca. Dataciones radiométricas (K/Ar) dan aparentemente edades mínimas confiables entre 114+/- 30 Ma y 113 +/- 3 Ma (Aptense), que sugieren que este complejo intrusivo, es uno de los más antiguos de la multifase de batolitos costaneros” (Baldock, 1982).

Serie Tahuín nombrado por la Cordillera de Tahuín, aplicado a las elevaciones más altas en la parte occidental de la Provincia de El Oro, al sur del Río Naranjo/Arenillas. Está formado esencialmente por rocas pelíticas y cuarzo feldespáticas que de sur a norte van desde no metamórficas hasta la facies de granulita en una serie de facies de baja presión.

Depósitos coluvio aluviales corresponden a depósitos formados por la acción de la deposición de materiales aluviales por corrientes fluviales sumados a los aportes gravitacionales laterales de los relieves que los rodean, también se encuentran los depósitos coluviales que son depósitos compuestos principalmente de gravas, arenas y



en menor proporción por limos; producto de los materiales que han sido removidos por efecto de la gravedad y luego han sido depositados al pie de los relieves y finalmente los depósitos aluviales los cuales son depósitos cuaternarios compuestos generalmente de arcillas, limos y arenas acarreados por cuerpos aluviales.

#### **6.8.1.1. Estructuras**

El principal rasgo estructural en el área es la fosa tectónica Catacocha-Cariamanga. Las fallas principales forman un sistema de bloques fallados que tienden a hundirse al Oeste e inclinándose al Este, con excepción de la Falla Ningomine que hundiéndose al Este forma el lado Occidental de la fosa tectónica. La Formación Sacapalca generalmente tiene buzamientos hacia el este, pero localmente hay plegamientos medianos con ejes norte-sur.

La formación Ciano esta plegadas con ejes este-oeste, este plegamiento se extiende dentro de la Formación Celica. La cuenca sedimentaria Río Playas está limitada por la Falla Río Playas al nor-occidente dentro de la cuenca los sedimentos buzan hacia su centro.

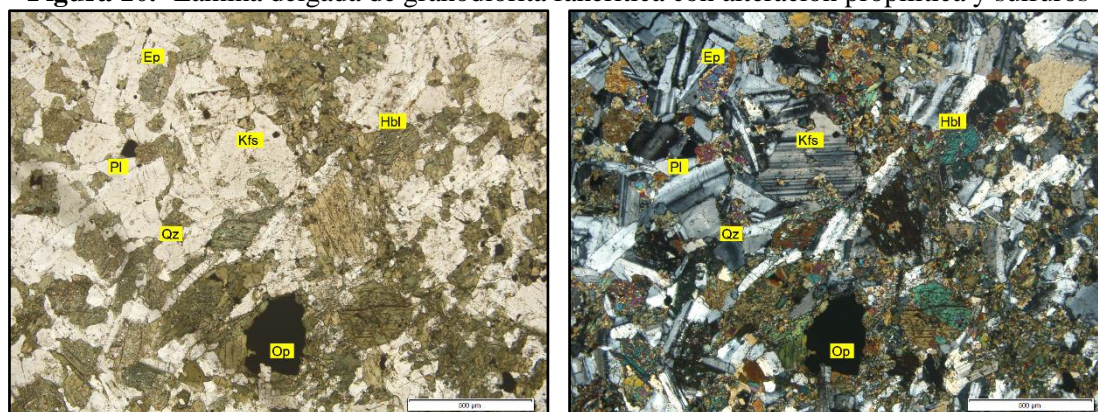
#### **6.8.2. Geología Local**

Localmente la zona de exploración de la concesión minera Chapadero G (código 600009.1) está constituida en su totalidad por granodiorita y diorita que comprende el intrusivo Batolito de Tangula. Los mejores afloramientos están expuestos a lo largo de las vías de acceso al campamento y a la boca mina, encontrando al norte de la zona de estudio la presencia de granodiorita de color café blanquecino de grano medio, textura fanerítica holocristalina compuesta por plagioclasa, hornblenda, cuarzo, feldespato potásico, epidota y clorita; en la sección oriental se encuentra igualmente granodiorita de color blanco verdoso, compuesta por cuarzo, plagioclasas, biotita, anfíboles y epidota.

En lámina delgada de una muestra representativa (LGE-JPJ-031) se puede observar que los cristales de plagioclasa se encuentran bien desarrollados con forma euhedral, presenta maclado polisintético y birrefringencia débil. La hornblenda es verde, de forma pseudohexagonal, con maclado en dos direcciones, tiene birrefringencia moderada, y están fuertemente alteradas. También se observa que los cristales de cuarzo son

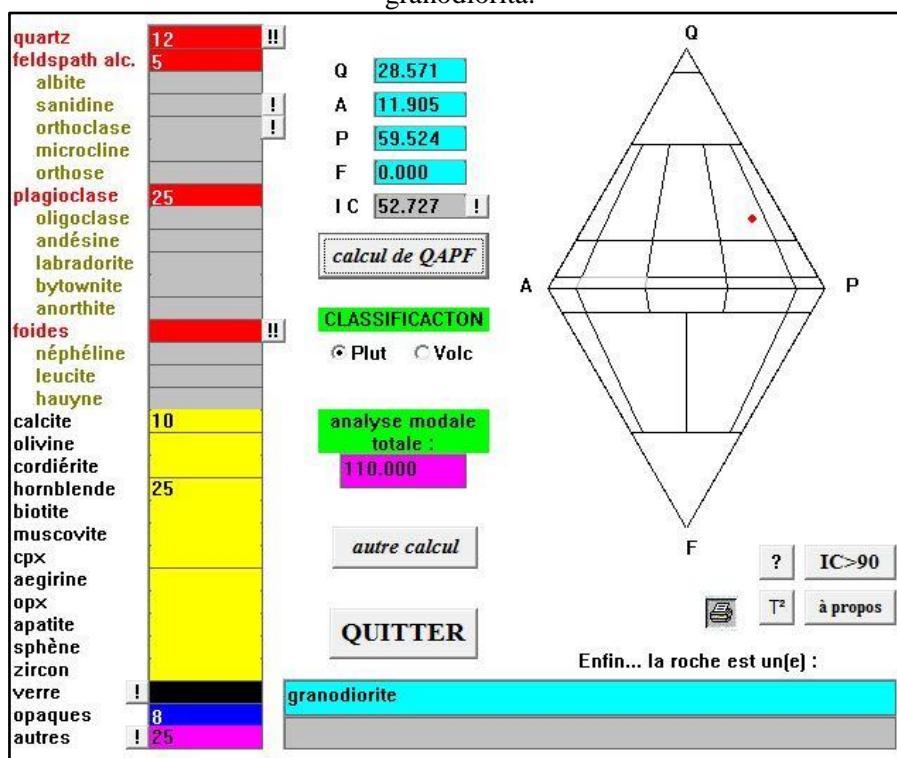
incolores, subhedrales, con extinción paralela, mientras los minerales de feldespato potásico son incolores, subhedrales, con maclado tipo cedazo característico de la microclina. La roca presenta una fuerte alteración propilítica donde los minerales máficos han sido reemplazados por clorita de coloración verde clara fibrosa y epidota granular, incolora a verde rosáceo. Se aprecia un buen porcentaje de minerales opacos con formas cubicas, se podría tratar de pirita.

**Figura 10.-** Lamina delgada de granodiorita fanerítica con alteración propilítica y sulfuros



**Fuente:** Descripción Ing. Juan Pablo Jaramillo

**Figura 11.-** Ploteo de los datos petrográficos en diagrama QAP, los datos caen en la zona de granodiorita.



**Fuente:** Descripción Ing. Juan Pablo Jaramillo



Aflorando al norte y sur de la zona de investigación se encuentra la diorita con una coloración gris oscura de grano fino a medio, textura fanerítica holocristalina compuesta por plagioclasa, hornblenda y biotita.

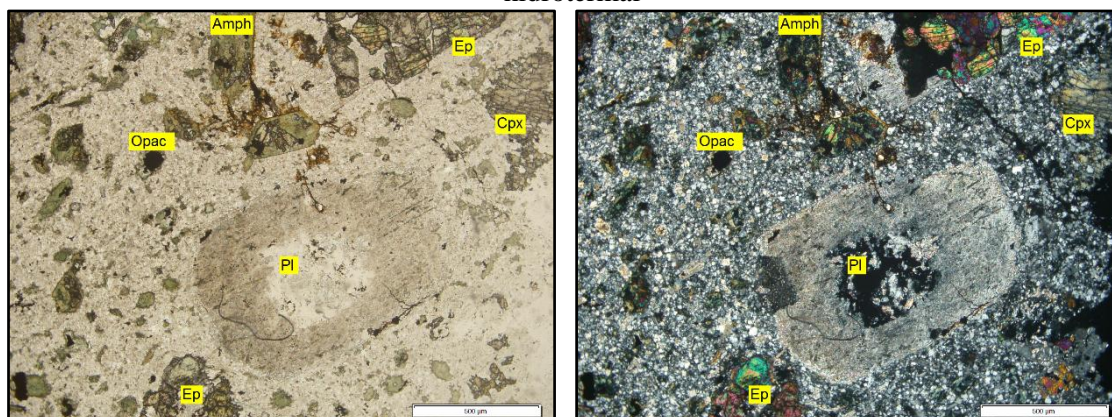
Los batolitos se forman como consecuencia de una intensa actividad magmática, relativamente continúa en el tiempo, caracterizada por pulsos de variada magnitud, que suceden en forma intermitente. El tiempo que tarda en emplazarse un batolito es del orden de millones de años, el Batolito de Tangula, intruye a la formación Celica, y está cubierto por los volcánicos Sacapalca. Dataciones radiométricas (K/Ar) dan aparentemente edades mínimas confiables entre 114+/- 30 Ma y 113 +/- 3 Ma del Cretácico Inferior (Aptiense), que sugieren que este complejo intrusivo, es uno de los más antiguos de la multifase de batolitos costaneros” (Baldock, 1982).

Existen también la presencia de diques de composición andesítica aflorando al norte y sur del área de estudio, intruyendo a los plutones granodioríticos y dioríticos del Batolito de Tangula, su presencia se debe a condiciones de tectonismo posteriores, que han permitido el flujo de estas emisiones hacia las rocas del contorno.

En el análisis de una sección delgada de estos diques andesíticos (LGE-JPJ-033), se observa una textura holocristalina porfirítica, con fenocristales de plagioclasa incolora a gris claro, subhedral, con maclado polisintético y extinción inclinada, cristales de anfíbol de color verde, de forma pseudohexagonal a tabular, presenta clivaje en dos direcciones, tiene relieve y birefringencia moderada, también se tiene en menor proporción clinopiroxeno incoloro a verde muy claro, prismáticos, con relieve alto y birrefringencia débil, al igual que fenocristales de cuarzo incoloros anhedrales. La matriz se encuentra silicificada en su totalidad aunque aún se observan escasos cristales tabulares de plagioclasa.

La presencia importante de epidota, clorita y calcita indican que la roca tiene una importante alteración propilítica, así como una débil alteración sericítica. Se observan microcristales cúbicos opacos que podrían ser pirita, corroborando la presencia de fluidos hidrotermales que afectan a todas estas rocas.

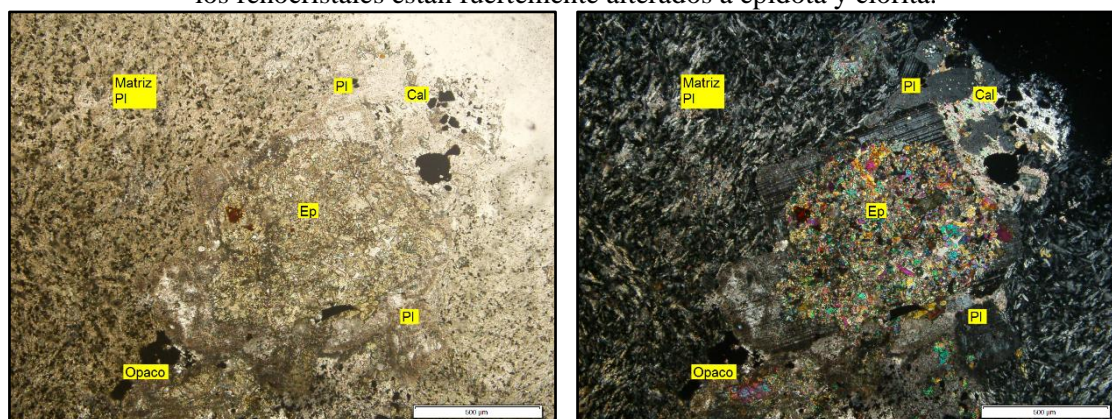
**Figura 12.-** Microfotografía de lámina delgada de andesita silicificada con alteración hidrotermal



Fuente: Descripción Ing. Juan Pablo Jaramillo

Asimismo, se ha identificado una andesita porfírica (LGE-JPJ-032) con microtextura pilotáxica caracterizada por una matriz con microcristales de plagioclasa alineados indicando la dirección de flujo de las lavas, en esta matriz también se observa anfíboles y cuarzo. El porcentaje de fenocristales es bajo (12%) teniendo plagioclasa y anfíboles moderadamente desarrollados. La roca presenta alteración propilítica bien marcada y presencia de sulfuros (pirita) diseminados en toda la muestra.

**Figura 13.-** Sección delgada de andesita porfírica con una matriz de microcristales alineados, los fenocristales están fuertemente alterados a epidota y clorita.



Fuente: Descripción Ing. Juan Pablo Jaramillo

### 6.8.3. Geología Estructural Subterránea

En el levantamiento geológico estructural de la galería se tomaron las orientaciones en techo, pared derecha e izquierda de las estructuras encontradas dentro de la galería como las diaclasas, vetas y diques, separando en sectores por sus dominios estructurales, detallados en la siguiente tabla.



**Tabla 13.-** Datos estructurales de la galería de exploración

Sector y distancia	Azimut de la dirección del buzamiento	Buzamiento	Descripción	Sección
<b>Inicio de bocamina hasta el primer dique (0–16,8m)</b>	140°	58° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	145°	42° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	115°	62° SE	Diaclasa	Techo
	160°	70° SE	Diaclasa con limonita	Techo
	170°	40° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	178°	50° SE	Diaclasa	Techo
	158°	31° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	168°	22° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	166°	80° SE	Diaclasa	Techo
	170°	10° SE	Diaclasa	Techo
	155°	4° SE	Diaclasa	Techo
	152°	89° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	154°	79° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	134°	80° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	157°	88° SE	Diaclasa con limonita	Techo
	168°	60° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	170°	39° SE	Diaclasa	Pared Derecha
139°	36° SE	Diaclasa	Pared Derecha	
<b>Primer dique (16,8-18,6m)</b>	150°	85° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	110°	63° SE	Diaclasa	Techo
	172°	67° SE	Diaclasa	Pared derecha
	168°	66° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	150°	70° SE	Dique	Techo
<b>Primer dique hasta la primera veta (18,6–27,5m)</b>	138°	57° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	105°	30° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	105°	25° SE	Diaclasa con limonita	Pared Derecha
	159°	29° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	149°	82° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	123°	78° SE	Diaclasa	Techo
	145°	75° SE	Diaclasa con limonita	Techo
	115°	85° SE	Diaclasa	Techo
	194°	85° SW	Diaclasa	Techo
	100°	82° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	98°	35° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	100°	8° SE	Diaclasa con limonita	Pared Derecha
	135°	65° SE	Diaclasa con limonita	Techo
	159°	64° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	168°	47° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	159°	64° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
115°	67° SE	Diaclasa	Pared Derecha	



	167°	70°SE	Diaclasa	Techo
	175°	78° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	147°	64° SE	Veta 1	Techo
<b>Primera veta hasta la segunda veta (27,5-30m)</b>	135°	78°SE	Diaclasa	Pared Derecha
	152°	42° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	2°	70° NE	Diaclasa	Pared Derecha
	134°	53° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	340°	58° NW	Diaclasa	Pared Izquierda
	150°	81° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	33°	85° NE	Diaclasa	Techo
	168°	71° SE	Veta 2	Techo
<b>Segunda veta hasta la tercera veta (30-35,9m)</b>	165°	79° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	177°	60° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	142°	83° SE	Diaclasa	Techo
	100°	63° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	190°	4° SW	Diaclasa	Pared Derecha
	218°	36° SW	Diaclasa	Pared Derecha
	50°	62° NE	Diaclasa	Techo
	145°	88° SE	Veta 3	Techo
<b>Tercera veta hasta el segundo dique (35,9-41,3m)</b>	24°	48° NE	Diaclasa	Pared Izquierda
	135°	53° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	165°	23° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	170°	78° SE	Diaclasa	Techo
	147°	75° SE	Diaclasa	Techo
<b>Segundo dique hasta la cuarta veta (41,3-43,6m)</b>	142°	60 SE	Diaclasa	Techo
	134°	53° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	180°	88° SE	Dique	Techo
	194°	85° SW	Diaclasa	Techo
	100°	82° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	98°	35° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	147°	88° SE	Veta 4	Techo
<b>Cuarta veta hasta la quinta veta (43,6-67,5m)</b>	55°	78° NE	Diaclasa	Pared Derecha
	205°	53° SW	Diaclasa	Pared Derecha
	130°	79° SE	Diaclasa	Techo
	135°	68° SE	Diaclasa	Pared izquierda
	158°	84° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	181°	88° SW	Diaclasa	Techo
	142°	60° SE	Diaclasa	Techo
	183°	38° SW	Diaclasa	Pared izquierda
	330°	87° NW	Diaclasa	Pared Derecha
	10°	81° NE	Diaclasa	Pared Izquierda
	130°	75° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	60°	69° NE	Diaclasa	Pared Izquierda
	155°	28° SE	Diaclasa	Pared Izquierda



	145°	82° SE	Diaclasa	Techo
	130°	67° SE	Diaclasa	Techo
	148°	68° SE	Veta 5	Techo
<b>Quinta veta hasta el tercer dique (67,5-82m)</b>	325°	74° NW	Diaclasa	Techo
	146°	79° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	194°	38° SW	Diaclasa	Techo
	137°	87° SE	Diaclasa	Pared izquierda
	150°	12° SE	Diaclasa	Pared izquierda
	158°	88° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	5°	75° NE	Diaclasa	Pared Derecha
	77°	34° NE	Diaclasa	Pared Derecha
	147°	68° SE	Diaclasa	Techo
	88°	52° NE	Diaclasa	Techo
	141°	56° SE	Diaclasa	Pared izquierda
155°	42° SE	Diaclasa	Pared Derecha	
140°	75° SE	Diaclasa	Techo	
<b>Tercer dique hasta la sexta veta (82-84m)</b>	219°	68° SW	Diaclasa	Pared izquierda
	128°	85° SE	Dique	Techo
	135°	66° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	205°	62° SW	Diaclasa	Pared izquierda
	143°	85° SE	Veta 6	Techo
<b>Sexta veta hasta la séptima veta (84-112,5m)</b>	142°	85° SE	Diaclasa	Pared izquierda
	175°	69° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	158°	74° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	170°	84° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	155°	86° SE	Diaclasa	Techo
	158°	72° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	172°	82° SE	Diaclasa	Techo
	162°	83° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	65°	78° NE	Diaclasa	Techo
	145°	88° SE	Diaclasa	Pared Izquierda
	160°	82° SE	Diaclasa	Pared Derecha
145°	75° SE	Veta 7	Techo	
<b>Séptima veta hasta el final de galería (112,5-164,3m)</b>	145°	73° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	170°	60° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	158°	74° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	115°	84° SE	Diaclasa	Techo
	150°	70° SE	Diaclasa	Pared izquierda
	142°	80° SE	Diaclasa	Techo
	135°	75° SE	Diaclasa	Pared izquierda
	155°	63° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	145°	85° SE	Diaclasa	Techo
	160°	64° SE	Diaclasa	Pared izquierda
	162°	70° SE	Diaclasa	Techo





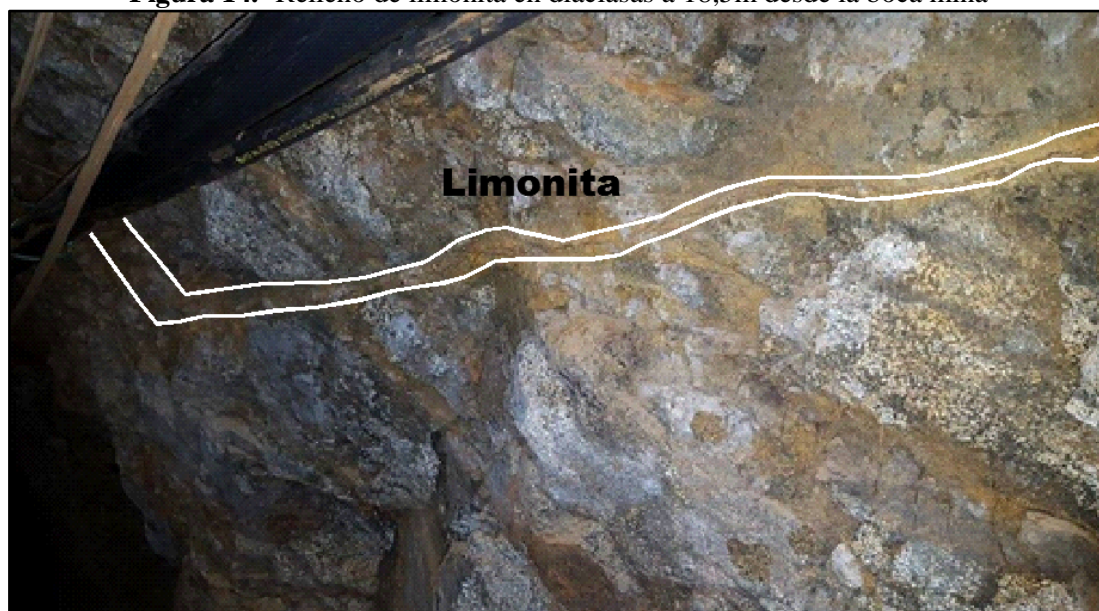
	158°	80° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	172°	83° SE	Diaclasa	Pared Derecha
	137°	65° SE	Diaclasa	Pared izquierda

**Fuente:** Autor, 2016

La concesión minera Chapadero G (código 600009.1) desarrolla las actividades de exploración mediante la labor de una galería, en donde la galería se encuentra atravesando casi perpendicularmente a los cuerpos mineralizados con potencias que varían desde los 15 cm hasta los 2m.

A partir de la boca mina hasta los 7.83m se encuentra constituida por la roca encajante diorita medianamente meteorizada por lo que tiene un entibado de madera, en esta sección existe una incrustación de limonita con un azimut de 158° buzando 70° al sur-este con una potencia de 7cm.

**Figura 14.-** Relleno de limonita en diaclasas a 18,5m desde la boca mina



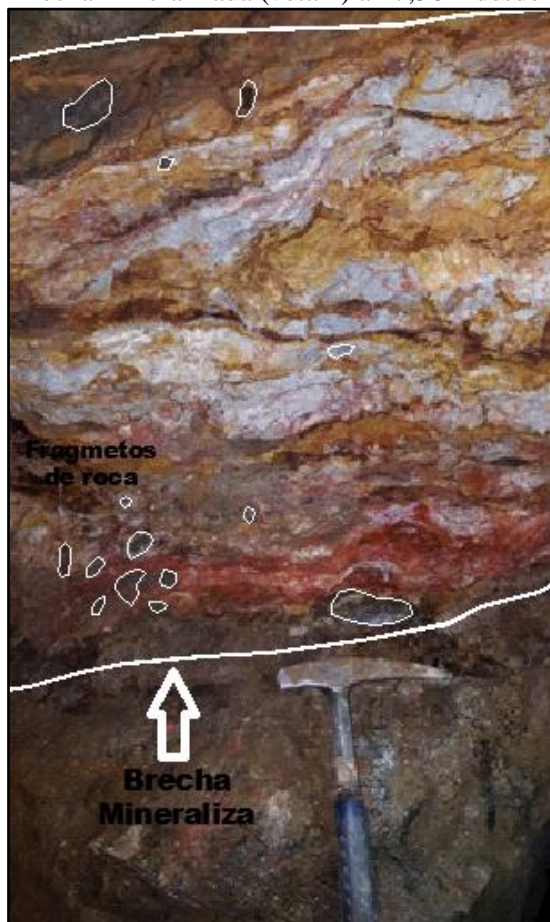
**Fuente:** Autor, 2016

Seguidamente se encuentra la diorita con baja meteorización hasta los 65.27m, en esta sección existe la presencia de una incrustación de limonita con un azimut de 155° buzando 88° SE con una potencia de 18cm, a pocos metros tenemos la intrusión del primer dique de composición andesítica con una alteración propilítica teniendo una potencia de 1.8m, así mismo se encuentran varias vetas, la primera ubicada a 27.56m de la boca mina tiene un azimut de 147° buzando 64° SE con una potencia que varía entre

los 20-70cm, posteriormente a 1.2m tenemos otra veta con un azimut de  $168^{\circ}$  buzando  $71^{\circ}$ SE, uniéndose en el flanco derecho de la galería con la veta antepuesta.

Existe una tercera veta a 35.5m desde la boca mina, teniendo un azimut de  $145^{\circ}$  buzando  $88^{\circ}$  SE con potencia de 30cm, desde la tercera veta a 6,46m tenemos la presencia de un dique volcánico de composición andesítica con una alteración propilítica poseyendo una potencia de 1.3m, constando una cuarta veta al final del dique de azimut  $147^{\circ}$  buzando  $88^{\circ}$  SE con una potencia de 15cm, posteriormente al final de esta sección se encuentra una quinta veta con una azimut de  $148^{\circ}$  buzando  $68^{\circ}$  SE con una potencia de 1.83m, su composición al igual que las demás vetas está compuesta por milonita, calcita, óxidos de hierro, cuarzo, calcita, arcilla, limo, esfalerita, galena y pequeñas cantidades de pirita y calcopirita.

**Figura 15.-** Brecha mineralizada (veta 1) a 27,56m desde la boca mina



Fuente: Autor, 2016

Al término de la quinta veta hasta los 106.4m desde la boca mina tenemos a la roca encajante diorita con la presencia de vetillas de cuarzo lechoso con potencias desde los

5mm hasta los 2cm, en la Figura 16 se observa una vetilla de cuarzo con una dirección de  $310^\circ$  buzando  $8^\circ$ .

En esta sección a los 16.4m de la quinta veta existe un dique volcánico de composición andesítica con una alteración propilítica y presencia de sulfuros (pirita) con una potencia de 1m, al final del dique se encuentra la veta de mayor potencia de la galería con 2m, teniendo un azimut de  $143^\circ$  buzando  $85^\circ$  SE compuesta por milonita, calcita, óxidos de hierro, esfalerita, galena, cuarzo, calcita, pirita y calcopirita.

**Figura 16.-** Presencia de vetillas de cuarzo a 74m desde la boca mina



**Fuente:** Autor, 2016

Finalmente desde los 106.4m hasta el final de la galería nos encontramos con enclaves de mezcla de magmas, en donde se observa el cambio de textura, y coloración de la roca, en la figura 17 se muestra una mezcla entre la granodiorita de tonalidad más clara, presente a manera de bolsonadas a lo largo de esta sección en la galería y la roca encajante diorita con tonalidad más oscura, también en esta sección se encuentra la presencia de la última veta teniendo un azimut de  $145^\circ$  buzando  $75^\circ$  SE compuesta por esfalerita, galena, milonita, óxidos de hierro y pequeñas cantidades de pirita y calcopirita (Mapa Anexo 8).

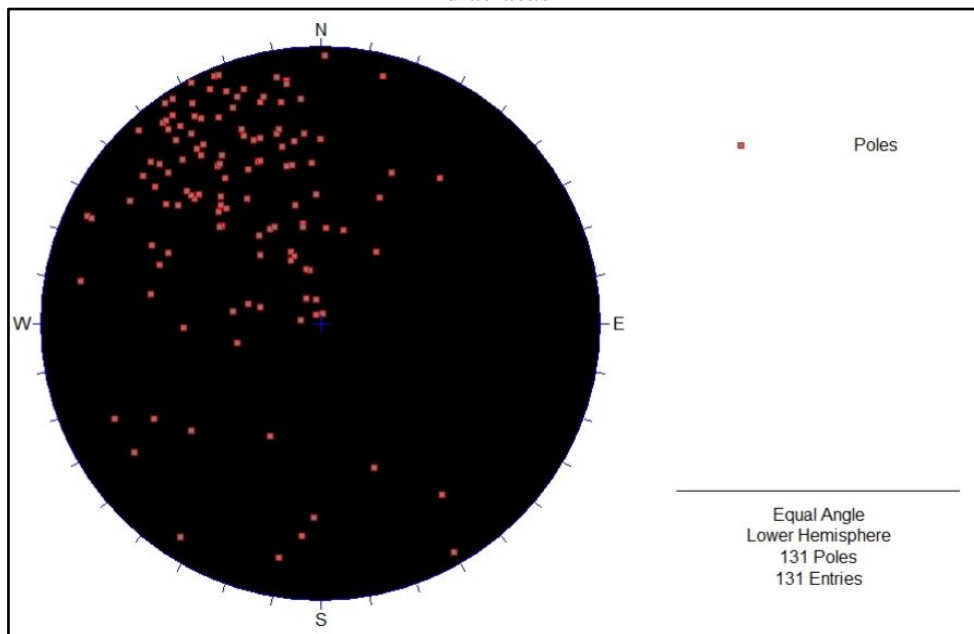
**Figura 17.-** Enclaves de mezclas de magma a 164,3m desde la boca mina



**Fuente:** Autor, 2016

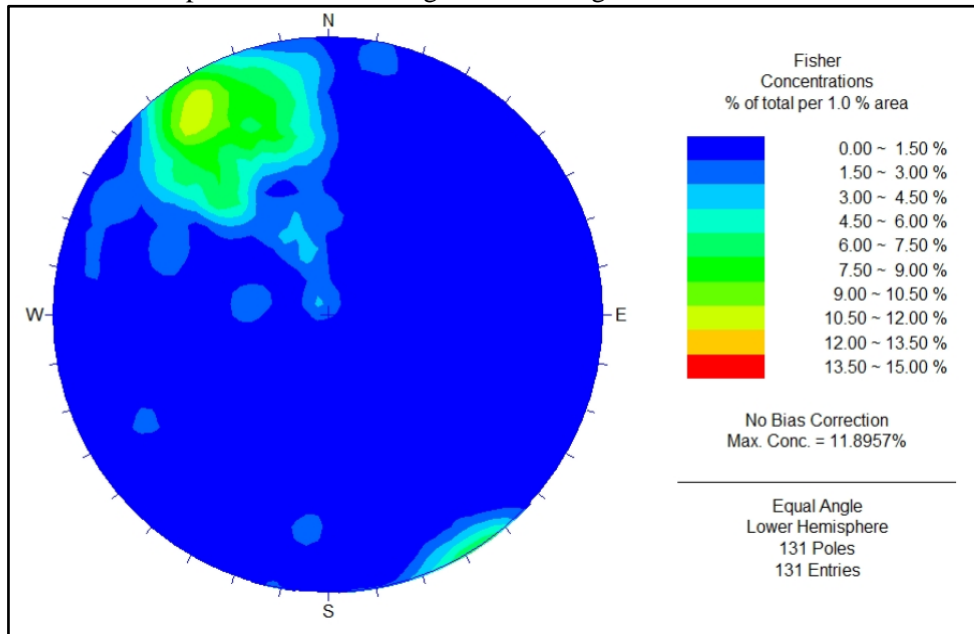
En el análisis de la orientación de diaclasa se midieron todas las estructuras que se encontraron dentro de la galería, estos datos son procesados en el software Dips, obteniendo la representación estereográfica de máxima concentración de polos (gráfico 1), diagrama de densidades de las discontinuidades (Gráfico 2) y diagrama de rosetas de las discontinuidades (Gráfico 3).

**Gráfico 1.-** Representación estereográfica del diagrama de máxima concentración de polos de diaclasas



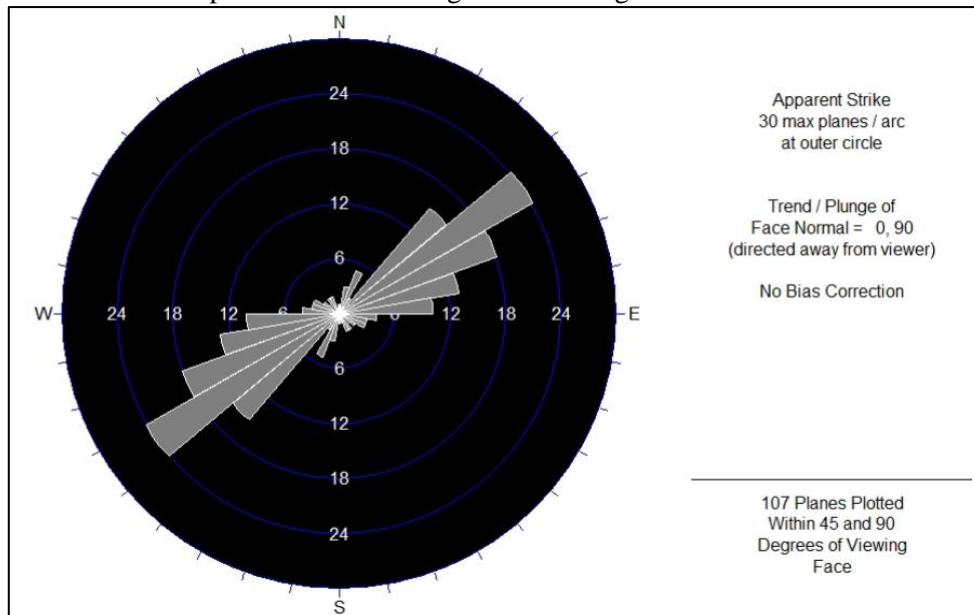
**Fuente:** Autor, 2016

**Gráfico 2.-** Representación estereográfica del diagrama de densidades de diaclasas



Fuente: Autor, 2016

**Gráfico 3.-** Representación estereográfica del diagrama de rosetas de diaclasas



Fuente: Autor, 2016

Con los datos procesados mediante el software Dips, se determina la máxima concentración de polos, es decir la dirección preferencial del buzamiento de las diaclasas se dirigen hacia el NW siendo la familia principal y una segunda familia con menor grado de concentración dirigiéndose al SE, dicho análisis puede ser observado en los Gráficos 1 y 2.



En el análisis del diagrama de rosetas (Grafico 3), se determina que el rumbo predominante de las diaclasas generadas por la familia principal es de SW – NE, direcciones semejantes a las estructuras mineralizadas encontradas en la galería de exploración y la segunda familia de diaclasas de menor concentración con una dirección de rumbo SE – NW.

## **6.9. Clasificación Geomecánica**

En la Clasificación Geomecánica se aplica el Sistema de Valoración del Macizo Rocoso (RMR), más conocida como clasificación Geomecánica RMR, desarrollada por Bieniawski, que establece 6 parámetros para su clasificación.

1. Resistencia a la compresión uniaxial de la roca
2. Índice de Calidad de la Roca (RQD)
3. Espaciado entre discontinuidades
4. Condición de las discontinuidades
5. Condición de infiltración del agua
6. Orientación de las discontinuidades



En cada uno se analiza la importancia de los valores que están asignados para cada parámetro de clasificación (Anexo 9), los parámetros que corresponden a la resistencia de la compresión uniaxial en la roca, índice de calidad de la roca (RQD) y espaciado entre las discontinuidades se aplicaran las curvas indicadas en el Anexo 11, ya analizado cada uno de los parámetros, sumamos sus valores y obtenemos el RMR básico, consecutivamente se incluye el sexto parámetro, denominado, orientación de las discontinuidades ajustando el RMR básico, de acuerdo con la corrección por la orientación de las discontinuidades(Anexo 9).

Todos los parámetros fueron aplicados en el proceso de clasificación, dividiendo a la galería en dominios estructurales (zonas de características geológicas, espaciado, zonas mineralizadas y diques), considerando 3 zonas de las cuales se extrajeron 2 muestras de roca correspondiente a la litología encontrada (diorita y andesita) para determinar la resistencia a la compresión uniaxial (Anexo 11). En las 3 zonas de observación se aplicara el método de clasificación RMR en cada una de sus secciones (Techo, Pared derecha e izquierda), con la finalidad de obtener un RMR más exacto. La Clasificación

Geomecánica RMR nos proporciona un índice numérico que nos indica la calidad del macizo rocoso, para luego dar los criterios de sostenimiento más adecuados.

### 6.9.1. Análisis de la resistencia a la compresión uniaxial

**Tabla 14.-** Ensayo a la compresión uniaxial de la muestra 1

<b>Ensayo de compresión cúbica de roca</b>									
Muestra de andesita tomada a 17.3m de la boca mina									
									
Muestra N°	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Masa (Gr)	Carga (Kg)	Densidad (kg/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
<b>1</b>	5,43	5,1	5,1	27,69	141,23	365,64	37700	2,589	133,5
<b>2</b>	5,12	4,91	4,84	25,14	121,67	316,18	27140	2,599	105,87
Promedio									<b>119,68</b>

Fuente: Autor, 2016

**Tabla 15.-** Ensayo a la compresión uniaxial de la muestra 2

<b>Ensayo de compresión cúbica de roca</b>									
Muestra de diorita tomada a 73.6m de la boca mina									
									
Muestra N°	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Masa (Gr)	Carga (Kg)	Densidad (kg/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo (Mpa)
<b>1</b>	4,84	5,04	5,12	24,39	124,9	359,57	20220	2,879	81,28
<b>2</b>	5,12	5,12	5,35	26,21	140,25	411,56	21580	2,935	80,73
Promedio									<b>81</b>

Fuente: Autor, 2016



## 6.9.2. Aplicación del Sistema de Valoración del Macizo Rocoso (RMR)

### 6.9.2.1. Primera zona de observación

**Tabla 16.-** Cálculo del RMR en pared izquierda a 17.3m de la galería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (BIENIAWSKI)					
<b>Proyecto:</b> ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA "CHAPADERO G" (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA					
<b>Responsable:</b> Juan Pablo Silverio L.		Concesión minera "Chapadero G" (código 600009.1)			
<b>Sección N°:</b> 1		Galería de exploración (Sin nombre)			
<b>Ubicación:</b> 17.3m desde la boca mina		Fecha: 2016-06-14			
PARÁMETROS		DATO	VALORACIÓN	PUNTAJE	
1	RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL	120	Gráfica (Anexo10)	11	
2	RQD(%)= 115 - 3,3 Jv	95,2	Gráfica (Anexo10)	19	
3	ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES	180	Gráfica (Anexo10)	8	
4	CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES	Longitud	1,2	1 - 3m	4
		Separación	0,1	< 0,1mm	5
		Rugosidad	Rugosa	Rugosa	5
		Relleno	Blando < 5mm	Blando < 5mm	2
		Meteorización	Ligeramente meteorizada	Ligeramente meteorizada	5
5	AGUA SUBTERRÁNEA	Goteo	Goteo	4	
A	AJUSTE LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES	Perpendicular al eje	No valorado	No valorado	No valorado
		Paralelo al eje	53	Muy desfavorable	-12
B	TIPO DE ROCA	Descripción: Regular	Clase: III	RMR	50
C	TIEMPO MEDIO DE SOSTÉN		1 Semana, claro de 5m		
D	CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO	Excavación	Media sección y banqueo, progresiones de 1,5 a 3m en la media sección. Sostenimiento primario después de cada voladura. Sostenimiento completo a 10m del frente		
		Sostenimiento	Pernos (Ø 20mm, adhesión total )	Empernado sistemático de 4m de largo; espaciado de 1,5 a 2m en el techo y paredes con malla en el techo	
			Hormigón lanzado	50-100mm en el techo. 30mm en las paredes	
			Marcos de acero	No	

Nota: La sección D (CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO), Funciona como guía aplicables a túneles excavando la roca con el sistema de perforación y voladura a profundidades menores de 900 metros con un ancho de aproximadamente 10m. Se puede aplicar otras medidas de contención por lo que estos criterios representan el sostenimiento permanente

Fuente: Autor, 2016





**Tabla 17.-** Cálculo del RMR en pared derecha a 17.3m de la galería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (BIENIAWSKI)					
<b>Proyecto:</b> ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA "CHAPADERO G" (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA					
<b>Responsable:</b> Juan Pablo Silverio L.	Concesión minera "Chapadero G" (código 600009.1)				
<b>Sección N°:</b> 1	Galería de exploración (Sin nombre)				
<b>Ubicación:</b> 17.3m desde la boca mina	Fecha: 2016-06-14				
PARÁMETROS	DATO	VALORACIÓN	PUNTAJE		
1	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL</b>	120	Gráfica (Anexo10)	11	
2	<b>RQD(%)= 115 - 3,3 Jv</b>	88,6	Gráfica (Anexo10)	18	
3	<b>ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES</b>	126,6	Gráfica (Anexo10)	7	
4	<b>CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES</b>	<b>Longitud</b>	0,47	< 1m	6
		<b>Separación</b>	0,5	0,1 - 1mm	4
		<b>Rugosidad</b>	Rugosa	Rugosa	5
		<b>Relleno</b>	Blando < 5mm	Blando < 5mm	2
		<b>Meteorización</b>	Ligeramente meteorizada	Ligeramente meteorizada	5
5	<b>AGUA SUBTERRÁNEA</b>	Goteo	Goteo	4	
A	<b>AJUSTE LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES</b>	<b>Perpendicular al eje</b>	No valorado	No valorado	No valorado
		<b>Paralelo al eje</b>	78	Muy desfavorable	-12
B	<b>TIPO DE ROCA</b>	Descripción: Regular	Clase: III	RMR	49
C	<b>TIEMPO MEDIO DE SOSTÉN</b>		1 Semana, claro de 5m		
D	<b>CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO</b>	<b>Excavación</b>	Media sección y banqueo, progresiones de 1,5 a 3m en la media sección. Sostenimiento primario después de cada voladura. Sostenimiento completo a 10m del frente		
		<b>Sostenimiento</b>	Pernos (Ø 20mm, adhesión total )	Empernado sistemático de 4m de largo; espaciado de 1,5 a 2m en el techo y paredes con malla en el techo	
			Hormigón lanzado	50-100mm en el techo. 30mm en las paredes	
			Marcos de acero	No	

Nota: La sección D (CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO), Funciona como guía aplicables a túneles excavando la roca con el sistema de perforación y voladura a profundidades menores de 900 metros con un ancho de aproximadamente 10m. Se puede aplicar otras medidas de contención por lo que estos criterios representan el sostenimiento permanente

**Fuente:** Autor, 2016



**Tabla 18.-** Cálculo del RMR en techo a 17.3m de la galería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (BIENIAWSKI)					
<b>Proyecto:</b> ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA "CHAPADERO G" (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA					
<b>Responsable:</b> Juan Pablo Silverio L.		Concesión minera "Chapadero G" (código 600009.1)			
<b>Sección N°:</b> 1		Galería de exploración (Sin nombre)			
<b>Ubicación:</b> 17.3m desde la boca mina		Fecha: 2016-06-14			
PARÁMETROS		DATO	VALORACIÓN	PUNTAJE	
1	RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL	120	Gráfica (Anexo10)	11	
2	RQD(%)= 115 - 3,3 Jv	100	Gráfica (Anexo10)	20	
3	ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES	240	Gráfica (Anexo10)	8	
4	CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES	Longitud	0,6	< 1m	6
		Separación	5	1 - 5mm	1
		Rugosidad	Rugosa	Rugosa	5
		Relleno	Blando < 5mm	Blando < 5mm	2
		Meteorización	Ligeramente meteorizada	Ligeramente meteorizada	5
5	AGUA SUBTERRÁNEA	Goteo	Goteo	4	
A	AJUSTE LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES	Perpendicular al eje	No valorado	No valorado	No valorado
		Paralelo al eje	85	Muy desfavorable	-12
B	TIPO DE ROCA	Descripción: Regular	Clase: III	RMR	50
C	TIEMPO MEDIO DE SOSTÉN		1 Semana, claro de 5m		
D	CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO	Excavación	Media sección y banqueo, progresiones de 1,5 a 3m en la media sección. Sostenimiento primario después de cada voladura. Sostenimiento completo a 10m del frente		
		Sostenimiento	Pernos (Ø 20mm, adhesión total )	Empernado sistemático de 4m de largo; espaciado de 1,5 a 2m en el techo y paredes con malla en el techo	
			Hormigón lanzado	50-100mm en el techo. 30mm en las paredes	
			Marcos de acero	No	

Nota: La sección D (CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO), Funciona como guía aplicables a túneles excavando la roca con el sistema de perforación y voladura a profundidades menores de 900 metros con un ancho de aproximadamente 10m. Se puede aplicar otras medidas de contención por lo que estos criterios representan el sostenimiento permanente

Fuente: Autor, 2016

Con los datos obtenidos en el RMR en cada una de las paredes y techo descritos en las tablas 16, 17 y 18, se realiza el promedio de la primera zona de observación, describiendo la clase de macizo y los criterios de excavación y sostenimientos sugeridos (Tabla 19).

**Tabla 19.-** Clasificación del macizo en la primera zona de observación

1	Tipo de roca	Sección	Descripción	Clase	RMR	Promedio
		Pared izquierda	Regular	III	50	
		Pared derecha	Regular	III	49	
		techo	Regular	III	50	
2	Tiempo Medio de sostén			1 Semana, claro de 5m		
3	Criterios de Excavación y sostenimiento	Excavación	Media sección y banqueo, progresiones de 1,5 a 3m en la media sección. Sostenimiento primario después de cada voladura. Sostenimiento completo a 10m del frente			
		Sostenimiento	Pernos (Ø 20mm, adhesión total )	Empernado sistemático de 4m de largo; espaciado de 1,5 a 2m en el techo y paredes con malla en el techo		
			Hormigón lanzado	50-100mm en el techo. 30mm en las paredes		
		Marcos de acero	No			



Nota: La sección D (CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO), Funciona como guía aplicables a túneles excavando la roca con el sistema de perforación y voladura a profundidades menores de 900 metros con un ancho de aproximadamente 10m. Se puede aplicar otras medidas de contención por lo que estos criterios representan el sostenimiento permanente

Fuente: Autor, 2016



### 6.9.2.2. Segunda zona de observación

**Tabla 20.-** Cálculo del RMR en pared izquierda a 50.5m de la galería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CLASIFICACIÓN GEOMECAÁNICA RMR (BIENIAWSKI)					
<b>Proyecto:</b> ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA "CHAPADERO G" (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA					
<b>Responsable:</b> Juan Pablo Silverio L.		Concesión minera "Chapadero G" (código 600009.1)			
<b>Sección N°:</b> 2		Galería de exploración (Sin nombre)			
<b>Ubicación:</b> 50.5m desde la boca mina		Fecha: 2016-06-14			
PARÁMETROS		DATO	VALORACIÓN	PUNTAJE	
1	RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL	81	Gráfica (Anexo10)	8	
2	RQD(%)= 115 - 3,3 Jv	98,5	Gráfica (Anexo10)	20	
3	ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES	500	Gráfica (Anexo10)	11	
4	CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES	Longitud	0,73	< 1m	6
		Separación	0,1	< 0,1mm	5
		Rugosidad	Muy rugosa	Muy rugosa	6
		Relleno	Blando < 5mm	Blando < 5mm	2
		Meteorización	Ligeramente meteorizada	Ligeramente meteorizada	5
5	AGUA SUBTERRÁNEA	Mojado	Mojado	7	
A	AJUSTE LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES	Perpendicular al eje	No valorado	No valorado	No valorado
		Paralelo al eje	69	Muy desfavorable	-12
B	TIPO DE ROCA	Descripción: Regular	Clase: III	RMR	58
C	TIEMPO MEDIO DE SOSTÉN		1 Semana, claro de 5m		
D	CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO	Excavación	Media sección y banqueo, progresiones de 1,5 a 3m en la media sección. Sostenimiento primario después de cada voladura. Sostenimiento completo a 10m del frente		
		Sostenimiento	Pernos (Ø 20mm, adhesión total )	Empernado sistemático de 4m de largo; espaciado de 1,5 a 2m en el techo y paredes con malla en el techo	
			Hormigón lanzado	50-100mm en el techo. 30mm en las paredes	
		Marcos de acero	No		

Nota: La sección D (CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO), Funciona como guía aplicables a túneles excavando la roca con el sistema de perforación y voladura a profundidades menores de 900 metros con un ancho de aproximadamente 10m. Se puede aplicar otras medidas de contención por lo que estos criterios representan el sostenimiento permanente

Fuente: Autor, 2016



**Tabla 21.-** Cálculo del RMR en pared derecha a 50.5m de la galería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (BIENIAWSKI)					
<b>Proyecto:</b> ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA "CHAPADERO G" (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA					
<b>Responsable:</b> Juan Pablo Silverio L.	Concesión minera "Chapadero G" (código 600009.1)				
<b>Sección N°:</b> 2	Galería de exploración (Sin nombre)				
<b>Ubicación:</b> 50.5m desde la boca mina	Fecha: 2016-06-14				
PARÁMETROS	DATO	VALORACIÓN	PUNTAJE		
<b>1</b>	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL</b>	81	Gráfica (Anexo10)	8	
<b>2</b>	<b>RQD(%)= 115 - 3,3 Jv</b>	95,2	Gráfica (Anexo10)	19	
<b>3</b>	<b>ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES</b>	300	Gráfica (Anexo10)	9	
<b>4</b>	<b>CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES</b>	<b>Longitud</b>	0,3	< 1m	6
		<b>Separación</b>	0,1	< 0,1mm	5
		<b>Rugosidad</b>	Muy rugosa	Muy rugosa	6
		<b>Relleno</b>	Blando < 5mm	Blando < 5mm	2
		<b>Meteorización</b>	Ligeramente meteorizada	Ligeramente meteorizada	5
<b>5</b>	<b>AGUA SUBTERRÁNEA</b>	Mojado	Mojado	7	
<b>A</b>	<b>AJUSTE LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES</b>	<b>Perpendicular al eje</b>	No valorado	No valorado	No valorado
		<b>Paralelo al eje</b>	30	Regular	-5
<b>B</b>	<b>TIPO DE ROCA</b>	Descripción: Buena	Clase: II	RMR	62
<b>C</b>	<b>TIEMPO MEDIO DE SOSTÉN</b>		1 año, claro de 10m		
<b>D</b>	<b>CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO</b>	<b>Excavación</b>	Avances de 1 a 1,5m a sección completa. Sostenimiento total a 20m		
		<b>Sostenimiento</b>	Pernos (Ø 20mm, adhesión total )	Pernos locales en el techo, 3m de largo y espaciado de 2,5 con malla ocasional	
			Hormigón lanzado	50mm en el techo donde fuera necesario	
			Marcos de acero	No	

Nota: La sección D (CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO), Funciona como guía aplicables a túneles excavando la roca con el sistema de perforación y voladura a profundidades menores de 900 metros con un ancho de aproximadamente 10m. Se puede aplicar otras medidas de contención por lo que estos criterios representan el sostenimiento permanente

**Fuente:** Autor, 2016



**Tabla 22.-** Cálculo del RMR en techo a 50.5m de la galería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (BIENIAWSKI)					
<b>Proyecto:</b> ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA "CHAPADERO G" (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA					
<b>Responsable:</b> Juan Pablo Silverio L.		Concesión minera "Chapadero G" (código 600009.1)			
<b>Sección N°:</b> 2		Galería de exploración (Sin nombre)			
<b>Ubicación:</b> 50.5m desde la boca mina		Fecha: 2016-06-14			
PARÁMETROS		DATO	VALORACIÓN	PUNTAJE	
1	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL</b>	81	Gráfica (Anexo10)	8	
2	<b>RQD(%)= 115 - 3,3 Jv</b>	98,5	Gráfica (Anexo10)	20	
3	<b>ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES</b>	450	Gráfica (Anexo10)	10	
4	<b>CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES</b>	<b>Longitud</b>	0,8	< 1m	6
		<b>Separación</b>	0,5	0,1 - 1mm	4
		<b>Rugosidad</b>	Muy rugosa	Muy rugosa	6
		<b>Relleno</b>	Blando < 5mm	Blando < 5mm	2
		<b>Meteorización</b>	Ligeramente meteorizada	Ligeramente meteorizada	5
5	<b>AGUA SUBTERRÁNEA</b>	Mojado	Mojado	7	
A	<b>AJUSTE LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES</b>	<b>Perpendicular al eje</b>	No valorado	No valorado	No valorado
		<b>Paralelo al eje</b>	30	Regular	-5
B	<b>TIPO DE ROCA</b>	Descripción: Buena	Clase: II	RMR	63
C	<b>TIEMPO MEDIO DE SOSTÉN</b>		1 año, claro de 10m		
D	<b>CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO</b>	<b>Excavación</b>	Avances de 1 a 1,5m a sección completa. Sostenimiento total a 20m		
		<b>Sostenimiento</b>	Pernos (Ø 20mm, adhesión total )	Pernos locales en el techo, 3m de largo y espaciado de 2,5 con malla ocasional	
			Hormigón lanzado	50mm en el techo donde fuera necesario	
			Marcos de acero	No	


Nota: La sección D (CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO), Funciona como guía aplicables a túneles excavando la roca con el sistema de perforación y voladura a profundidades menores de 900 metros con un ancho de aproximadamente 10m. Se puede aplicar otras medidas de contención por lo que estos criterios representan el sostenimiento permanente

**Fuente:** Autor, 2016



Con los datos obtenidos en el RMR en cada una de las paredes y techo descritos en las tablas 20, 21 y 22, se realiza el promedio de la segunda zona de observación, describiendo la clase de macizo y los criterios de excavación y sostenimientos sugeridos (Tabla 23).

**Tabla 23.-** Clasificación del macizo en la segunda zona de observación

1	Tipo de roca	Sección	Descripción	Clase	RMR	Promedio
		Pared izquierda	Regular	III	58	
		Pared derecha	Buena	II	62	
		techo	Buena	II	63	
2	<b>Tiempo Medio de sostén</b>			1 Semana, claro de 5m		
3	<b>Criterios de Excavación y sostenimiento</b>	<b>Excavación</b>	Avances de 1 a 1,5m a sección completa. Sostenimiento total a 20m			
		<b>Sostenimiento</b>	Pernos (Ø 20mm, adhesión total )	Pernos locales en el techo, 3m de largo y espaciado de 2,5 con malla ocasional		
			Hormigón lanzado	50mm en el techo donde fuera necesario		
			Marcos de acero	No		
						
<p>Nota: La sección D (CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO), Funciona como guía aplicables a túneles excavando la roca con el sistema de perforación y voladura a profundidades menores de 900 metros con un ancho de aproximadamente 10m. Se puede aplicar otras medidas de contención por lo que estos criterios representan el sostenimiento permanente</p>						

**Fuente:** Autor, 2016



### 6.9.2.3. Tercera zona de observación

**Tabla 24.-** Cálculo del RMR en pared izquierda a 73.6m de la galería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (BIENIAWSKI)					
<b>Proyecto:</b> ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA "CHAPADERO G" (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA					
<b>Responsable:</b> Juan Pablo Silverio L.			Concesión minera "Chapadero G" (código 600009.1)		
<b>Sección N°:</b> 3			Galería de exploración (Sin nombre)		
<b>Ubicación:</b> 73.6m desde la boca mina			Fecha: 2016-06-14		
PARÁMETROS		DATO	VALORACIÓN	PUNTAJE	
1	RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL	81	Gráfica (Anexo10)	8	
2	RQD(%)= 115 - 3,3 Jv	100	Gráfica (Anexo10)	20	
3	ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES	350	Gráfica (Anexo10)	9	
4	CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES	Longitud	0,5	< 1m	6
		Separación	0,01	< 0,1mm	5
		Rugosidad	Muy rugosa	Muy rugosa	6
		Relleno	Ninguno	Ninguno	6
		Meteorización	Ligeramente meteorizada	Ligeramente meteorizada	5
5	AGUA SUBTERRÁNEA	Húmedo	Húmedo	10	
A	AJUSTE LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES	Perpendicular al eje	No valorado	No valorado	No valorado
		Paralelo al eje	75	Muy desfavorable	-12
B	TIPO DE ROCA	Descripción: Buena Clase: II	RMR	63	
C	TIEMPO MEDIO DE SOSTÉN		1 año, claro de 10m		
D	CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO	Excavación	Avances de 1 a 1,5m a sección completa. Sostenimiento total a 20m		
		Sostenimiento	Pernos (Ø 20mm, adhesión total )	Pernos locales en el techo, 3m de largo y espaciado de 2,5 con malla ocasional	
			Hormigón lanzado	50mm en el techo donde fuera necesario	
			Marcos de acero	No	

Nota: La sección D (CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO), Funciona como guía aplicables a túneles excavando la roca con el sistema de perforación y voladura a profundidades menores de 900 metros con un ancho de aproximadamente 10m. Se puede aplicar otras medidas de contención por lo que estos criterios representan el sostenimiento permanente

Fuente: Autor, 2016





**Tabla 25.-** Cálculo del RMR en pared derecha a 73.6m de la galería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (BIENIAWSKI)					
<b>Proyecto:</b> ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA "CHAPADERO G" (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA					
<b>Responsable:</b> Juan Pablo Silverio L.			Concesión minera "Chapadero G" (código 600009.1)		
<b>Sección N°:</b> 3			Galería de exploración (Sin nombre)		
<b>Ubicación:</b> 73.6m desde la boca mina			Fecha: 2016-06-14		
PARÁMETROS		DATO	VALORACIÓN	PUNTAJE	
1	RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL	81	Gráfica (Anexo10)	8	
2	RQD(%)= 115 - 3,3 Jv	100	Gráfica (Anexo10)	20	
3	ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES	400	Gráfica (Anexo10)	10	
4	CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES	Longitud	0,6	< 1m	6
		Separación	0,01	< 0,1mm	5
		Rugosidad	Muy rugosa	Muy rugosa	6
		Relleno	Ninguno	Ninguno	6
		Meteorización	Ligeramente meteorizada	Ligeramente meteorizada	5
5	AGUA SUBTERRÁNEA	Húmedo	Húmedo	10	
A	AJUSTE LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES	Perpendicular al eje	No valorado	No valorado	No valorado
		Paralelo al eje	40	Regular	-5
B	TIPO DE ROCA	Descripción: Buena	Clase: II	RMR	71
C	TIEMPO MEDIO DE SOSTÉN		1 año, claro de 10m		
D	CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO	Excavación	Avances de 1 a 1,5m a sección completa. Sostenimiento total a 20m		
		Sostenimiento	Pernos (Ø 20mm, adhesión total )	Pernos locales en el techo, 3m de largo y espaciado de 2,5 con malla ocasional	
			Hormigón lanzado	50mm en el techo donde fuera necesario	
			Marcos de acero	No	

Nota: La sección D (CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO), Funciona como guía aplicables a túneles excavando la roca con el sistema de perforación y voladura a profundidades menores de 900 metros con un ancho de aproximadamente 10m. Se puede aplicar otras medidas de contención por lo que estos criterios representan el sostenimiento permanente

Fuente: Autor, 2016



**Tabla 26.-** Cálculo del RMR en techo a 73.6m de la galería


UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (BIENIAWSKI)					
<b>Proyecto:</b> ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA "CHAPADERO G" (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA					
<b>Responsable:</b> Juan Pablo Silverio L.		Concesión minera "Chapadero G" (código 600009.1)			
<b>Sección N°:</b> 3		Galería de exploración (Sin nombre)			
<b>Ubicación:</b> 50.5m desde la boca mina		Fecha: 2016-06-14			
PARÁMETROS		DATO	VALORACIÓN	PUNTAJE	
1	RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL	81	Gráfica (Anexo10)	8	
2	RQD(%)= 115 - 3,3 Jv	98,5	Gráfica (Anexo10)	20	
3	ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES	300	Gráfica (Anexo10)	9	
4	CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES	Longitud	0,6	< 1m	6
		Separación	0,01	< 0,1mm	5
		Rugosidad	Muy rugosa	Muy rugosa	6
		Relleno	Ninguno	Ninguno	6
		Meteorización	Ligeramente meteorizada	Ligeramente meteorizada	5
5	AGUA SUBTERRÁNEA	Húmedo	Húmedo	10	
A	AJUSTE LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES	Perpendicular al eje	No valorado	No valorado	No valorado
		Paralelo al eje	45	Regular	-5
B	TIPO DE ROCA	Descripción: Buena	Clase: II	RMR	70
C	TIEMPO MEDIO DE SOSTÉN		1 año, claro de 10m		
D	CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO	Excavación	Avances de 1 a 1,5m a sección completa. Sostenimiento total a 20m		
		Sostenimiento	Pernos (Ø 20mm, adhesión total )	Pernos locales en el techo, 3m de largo y espaciado de 2,5 con malla ocasional	
			Hormigón lanzado	50mm en el techo donde fuera necesario	
			Marcos de acero	No	

Nota: La sección D (CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO), Funciona como guía aplicables a túneles excavando la roca con el sistema de perforación y voladura a profundidades menores de 900 metros con un ancho de aproximadamente 10m. Se puede aplicar otras medidas de contención por lo que estos criterios representan el sostenimiento permanente

Fuente: Autor, 2016

Con los datos obtenidos en el RMR en cada una de las paredes y techo descritos en las tablas 24, 25 y 26, se realiza el promedio de la segunda zona de observación, describiendo la clase de macizo y los criterios de excavación y sostenimientos sugeridos (Tabla 27).

**Tabla 27.-** Clasificación del macizo en la tercera zona de observación

1	Tipo de roca	Sección	Descripción	Clase	RMR	Promedio
		Pared izquierda	Regular	III	63	
		Pared derecha	Buena	II	71	
		techo	Buena	II	70	
2	<b>Tiempo Medio de sostén</b>			1 Semana, claro de 5m		
3	<b>Criterios de Excavación y sostenimiento</b>	<b>Excavación</b>	Avances de 1 a 1,5m a sección completa. Sostenimiento total a 20m			
		<b>Sostenimiento</b>	Pernos (Ø 20mm, adhesión total )	Pernos locales en el techo, 3m de largo y espaciado de 2,5 con malla ocasional		
			Hormigón lanzado	50mm en el techo donde fuera necesario		
			Marcos de acero	No		
						
<p>Nota: La sección D (CRITERIOS DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO), Funciona como guía aplicables a túneles excavando la roca con el sistema de perforación y voladura a profundidades menores de 900 metros con un ancho de aproximadamente 10m. Se puede aplicar otras medidas de contención por lo que estos criterios representan el sostenimiento permanente</p>						

**Fuente:** Autor, 2016

Con los resultados de la Clasificación Geomecánica (RMR) en la galería de estudio, se ha identificado las zonas de mayor inestabilidad que se encuentra presente en los 3 diques que se encuentran localizados a 17.5m, 42m y 83.5m desde la boca mina, determinando al macizo rocoso con un RMR de 49,67 categoría regular clase III con una cohesión entre 200 - 300KPa y un ángulo de fricción entre 25° - 35°, identificando



que en dichos sectores (diques) se encuentran las zonas de mayor inestabilidad de la galería, por lo tanto se recomienda aplicar el refuerzo o soporte necesario para su estabilidad, los criterios de excavación y sostenimiento sugeridos se los detalla en la tabla 17.

En la segunda zona de observación se determinó un RMR de 61 y en la tercera zona de observación se determinó un RMR de 68, clasificando al macizo rocoso de dichas zonas en una categoría buena clase II que comprenderá desde los 7.83m hasta el final de la galería, siendo las zonas de mayor importancia por estar entre las vetas de mayor potencia, el macizo rocoso tendrá una cohesión entre los 300 - 400KPa y un ángulo de fricción interna entre 35° - 45° que permitirá realizar las labores mineras sin ninguna dificultad; de acuerdo al tiempo de utilidad de la galería se tendrá que aplicar obras de sostenimiento, en la tabla 21 se describen los criterios de excavación y sostenimiento sugeridos. Cabe recalcar que los primeros 8m de la galería nos encontramos con diorita altamente meteorizada por tanto se la considera como una zona inestable sugiriendo la aplicación inmediata de medidas de sostenimiento.



## 7. Discusión

El proyecto de investigación tuvo como propósito realizar el estudio geológico-estructural de la galería de exploración, para ello se cumplió con algunos aspectos generales como son: el levantamiento superficial del área de exploración actual de la concesión minera, el levantamiento subterráneo de la galería de estudio, y el levantamiento geológico superficial correlacionándolo con la geológica-estructural de la galería de exploración; adicionalmente con los resultados obtenidos se realizó la clasificación geomecánica, identificando las zonas inestables de la galería.

En la concesión minera Chapadero G (código 600009.1) se encuentra realizando la apertura de una galería de exploración sin contar con una base topográfica y geológica, estudios indispensables en todo proyecto minero por lo que se ha realizado el levantamiento topográfico de la zona de exploración del área minera “Chapadero G” a una escala de 1:2000, determinándose una superficie total de 14.06 hectáreas ubicada al nor-este de la concesión minera, para la investigación de la tesis la topografía presenta un relieve irregular con cotas que varían desde los 1506 hasta 1791 m.s.n.m., esta gran diferencia de alturas se debe a su rasgo geomorfológico encontrándose en un Relieve Montañoso, con la información obtenida se logró representar en un sistema de información geográfica, en la que se ubica el punto de partida o boca mina de la galería de exploración, así como la selección de nuevos sitios que permitan un fácil acceso para realizar futuras aperturas de labores mineras. En el levantamiento subterráneo se determina las dimensiones reales de la galería, obteniéndose la base en la cual se realizara el levantamiento geológico estructural.

En la geología se conoce la carta Geológica Regional de Cariamanga realizada por J. B. Kennerley M. Sc. Institute of Geological Sciences, London e Ing. L. Almedia y el Mapa Geológico del Cantón Paltas, ubicando al área de estudio en el intrusivo Batolito de Tangula, corroborando esta información con el levantamiento geológico realizado en la presente tesis, para ello se describió 10 afloramientos, tomando 5 muestras de aproximadamente ½ kilogramo para su descripción macroscópica, realizando el análisis petrográfico de 3 muestras, de esta manera se logró determinar que la zona de estudio está constituida por dos tipos de rocas intrusivas diorita y granodiorita con alteración propilítica que corresponden al Batolito de Tangula, también existe la presencia de



diques de composición andesítica silicificada con alteración hidrotermal y andesita porfírica con alteración propilítica aflorando al norte y sur del área de estudio.

En el levantamiento geológico estructural de la galería de exploración se realizó la descripción litológica determinado que la galería se encuentra constituida por la roca encajante diorita de las cuales en sus últimas secciones existe la presencia de vetillas de cuarzo lechoso con potencias de 5mm hasta los 2cm, también se pudo observar enclaves de mezclas de magmas, presentándose la granodiorita en forma de bolsonadas; a lo largo de toda la galería se identifican tres diques constituidas por andesita con alteración propilítica y 7 vetas mineralizadas con potencias variantes entre los 15cm hasta 2m, compuestas por milonita, calcita, óxidos de hierro, esfalerita, galena, cuarzo, calcita, piritita y calcopiritita. En las mediciones de las diferentes estructuras como vetas, diques y diaclasas, se determinó una dirección de buzamiento preferencial entre  $143^{\circ}$  -  $168^{\circ}$  con buzamientos entre los  $42^{\circ}$  -  $88^{\circ}$  SE, analizando dichas mediciones con las proyecciones estereográficas se logra identificar la dirección preferencial de la familia principal de diaclasas dirigiéndose al NW, generando un rumbo de diaclasamiento dirigido al SW – NE, direcciones semejantes a las estructuras mineralizadas encontradas en la galería de exploración.

De los sistemas de clasificación de macizos rocosos en existencia, seis son los más utilizados y tienen una relevancia histórica estos son: Rock Load propuesto por Terzaghi en 1946, se basa en conocer los defectos de la roca y su resistencia; Stand-up time establecido por Lauffer en 1958, enfatizando los defectos estructurales de la roca relacionándolo con el tiempo de sostén y el claro activo; RQD introducido por Deere en 1968 se basa en el porcentaje de núcleos de recuperación o el número de discontinuidades por unidad de volumen; RSR establecido por Wickham y Índice Q propuesto por Barton utilizan diversos parámetros de acuerdo a necesidades específicas, realizando varios ajustes para obtener un valor más real en su clasificación; finalmente se tiene el Sistema de Valoración del Macizo Rocoso (RMR) establecido por Bieniawski en 1973 que utiliza 6 parámetros esenciales para la valoración del macizo rocoso, pudiéndose aplicar en distintas situaciones y ambientes por lo cual tiene una variedad de aplicaciones, siendo un sistema de fácil uso y versatilidad en la práctica ingenieril, por tanto este fue el método empleado para la clasificación geomecánica de la galería de exploración analizando 3 zonas de las cuales se extrae 2 muestras



correspondientes a la litología encontrada (diorita y andesita) para determinar la resistencia a la compresión uniaxial. En las 3 zonas de observación se aplicará el método de clasificación RMR en cada una de sus secciones (Techo, Pared derecha e izquierda), determinado al macizo rocoso de los 3 diques (Primera zona de observación) con un RMR de 49,67 categoría regular clase III y en el macizo rocoso que pertenece a la roca encajante diorita con un RMR de 61 en su segunda zona de observación y 68 en la tercera, determinándola en una categoría buena de clase II. Con los datos obtenidos de la Clasificación geomecánica se identifica las zonas de mayor inestables que se encuentra en 3 sectores de la galería que corresponden a los 3 diques ubicados a 17.5m, 42m y 83.5m de distancia desde la boca mina, sugiriendo la aplicación de medida de sostenimiento para poder realizar el avance de labores mineras bajo las condiciones de seguridad minera.



## 8. Conclusiones

- La concesión minera Chapadero G (código 600009.1) está constituida por 200 Ha de las cuales se realizó el levantamiento topográfico de 14.06 Ha, superficie que comprenden el área de exploración, obteniendo un modelo real del terreno y las condiciones actuales que conforma la superficie considerada para el proyecto minero.
- Con el levantamiento topográfico interior mina de la galería de exploración avanzada se pudo determinar la distancia de avance de la labor minera que es de 164.3m, con una sección de  $2.3\text{m}^2$  abarcando una superficie de  $196.22\text{m}^2$ .
- Se pudo determinar en la investigación exploratoria, que geológicamente el área de estudio de la concesión minera Chapadero G (código 600009.1) se encuentra ubicada en el intrusivo Batolito de Tangua, constituida principalmente por diorita de grano fino a medio, textura fanerítica holocristalina compuesta por plagioclasas, cuarzo, hornblenda y biotita; observando al norte granodiorita, mostrando una alteración argílica y en la sección oriental se encuentra igualmente granodiorita, compuesta por cristales de plagioclasa bien desarrolladas, hornblenda de color verde fuertemente alterada, cristales de cuarzo y feldespatos potásicos incoloros, la roca presenta una fuerte alteración propilítica; también se encuentra la presencia de diques de composición andesítica con textura porfirítica, teniendo una alteración propilítica por la presencia importante de epidota, clorita y calcita.
- Los resultados en el análisis de la muestra de veta se identificaron ciertos minerales de interés como oro y algunos sulfuros de importancia que acompañan a la mineralización principal, definiendo la existencia de calcopirita, pirita, galena Oro y esfalerita, lo que nos da a entender que nos encontramos con un yacimiento polimetálico.
- La galería de exploración cuya distancia de avance es 164.3m se encuentra constituida principalmente por diorita que conforma la roca de caja, cortando la galería perpendicularmente a 7 vetas mineralizadas con direcciones de azimut entre  $143^\circ - 168^\circ$ , alcanzando potencias que varían desde 15cm hasta 2m.
- Del análisis de las proyecciones estereográficas la dirección preferencial del buzamiento de la familia principal de diaclasas dirigiéndose hacia el NW, generando un rumbo de diaclasamiento dirigido al SW – NE, direcciones semejantes a las





estructuras mineralizadas encontradas en la galería de exploración y una segunda familia con menor grado de concentración dirigiéndose al SE generando un rumbo de diaclasamiento dirigido al SE – NW.

- Se clasificó al macizo rocoso de la galería de exploración aplicando el Sistema de Valoración del Macizo Rcoso (RMR), determinando un RMR de 49,67 categoría regular de clase III, en los sectores en donde se localizan la intrusión de diques, en la segunda zona de observación se determinó un RMR de 61 y en la tercera zona de observación se determinó un RMR de 68, clasificando al macizo rocoso de dichas zonas en una categoría buena clase II
- Se identificó las zonas de mayor inestabilidad de la galería de exploración que comprenden las intrusiones de diques localizados a 17.5m, 42m y 83.5m de distancia desde la boca mina



## 9. Recomendaciones

- Se deberá realizar una corrección diferencial del levantamiento topográfico generada por el desajuste de los satélites, corrigiéndola mediante los errores medidos en una posición conocida (puntos IGM).
- Cuando la concesión minera pase a una fase de explotación se deberá ampliar la sección de la galería para mejorar el sistema de carga y transporte del material
- Actualizar la base topografía tanto superficial como subterránea de acuerdo al desarrollo de las labores mineras realizadas y a la proyección de las futuras labores mineras de exploración planificadas.
- Realizar nuevas aperturas de galerías de acuerdo a las orientaciones estructurales de las vetas mineralizadas con direcciones entre  $143^{\circ}$  -  $168^{\circ}$ , con la finalidad de conocer la forma y distribución del yacimiento.
- Para el avance de la galería de investigación y en la apertura de nuevas galerías, realizar estudios geológicos estructurales, identificando zonas inestables en las labores mineras, aplicando el refuerzo o soporte que permita una operación con los estándares de seguridad adecuados.
- De acuerdo al tiempo de utilidad y permanencia de la galería se aplicara los distintos criterios de sostenimiento, como medida temporal por su versatilidad y economía se tendrá que utilizar cuadros de madera en los tres diques localizados 17.5m, 42m y 83.5m de distancia desde la boca mina y en los 8m de inicio de la galería
- Cuando se realice la ampliación de la galería se deberá considerar que un incremento del claro activo llevara a una reducción mayor del tiempo de sostén, por tanto se deberá realizar nuevos estudios que permitan identificar su estabilidad.



## 10. Bibliografía

### • Libros

- Belousov, V. (1979). Geología Estructural. Moscú. MIR
- Bustillo Revuelta M. y López Jimeno C. (1997). Manuel de Evaluación y Diseño de explotaciones Mineras. Madrid: Mostoles
- Camargo Puerta J. (2004). Manual de Geología Estructural. Guía para la interpretación y elaboración de Mapas Geológicos. Bogotá: Universidad Surcolombiana.
- Diez, O. P. (2005). Geología Aplicada a la Ingeniería Civil
- Duque, P (2000). Breve Léxico Estratigráfico del Ecuador. Quito
- Gavilanes H. y Andrade B. (2004). Introducción a la Ingeniería de Túneles. Quito
- González de Vallejo, L. I. (2002). Ingeniería Geológica. Madrid: Pearson Educación.
- Mendivil, J. (2002). Naturaleza en Aragón. España
- Pardo, J. R. (2009). Vienen por el Oro, vienen por todo. Buenos Aires: CICCUS
- Smirnov, V. I. (1982). Geología de yacimientos minerales Moscú: MIR
- Tarbuck, E. J. y Lutgens, F. K. (2005). Ciencias de la Tierra Una introducción a la geología física. Madrid: Pearson Educación
- Vassallo, L. F. (2008). Minerales Metálicos. México: UNAM

### • Páginas Web

- Docentes.unal.edu. (s.f.). Recuperado de <http://www.docentes.unal.edu.co/jmmonteroo/docs/10%20ESTRUCTURAS.pdf>
- Empresa Nacional Minera del Ecuador (ENAMI EP). Fases de la Actividad Minera. Recuperado de file:/// D:/ Users/ Juan%20Pablo/ Desktop/ TESIS/ Enami%20EP.html



Ingeniería Cartográfica Geodésica. (s.f.). Recuperado de <http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria>

Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial del Cantón Paltas (2014 - 2019).  
Recuperado de <http://paltas.gob.ec/pdf/PDyOTGADPaltas.pdf>

Marcelo Hürliman. Prácticas de Proyecciones Estereográficas. Recuperado de  
<http://www2.etcg.upc.edu/asg/geologia/pdf/pract2.pdf>

Clasificación Geomecánica de los Macizos Rocosos Según: Bieniawski; Barton, Hoek y  
Brown; Romana. (Geotecnia Aplicada) Recuperado de [http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/nbelandria/materias/geotecnia/guia\\_geotecnia.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/nbelandria/materias/geotecnia/guia_geotecnia.pdf)



## 11. Anexos

# Anexo 1: Registro fotográfico



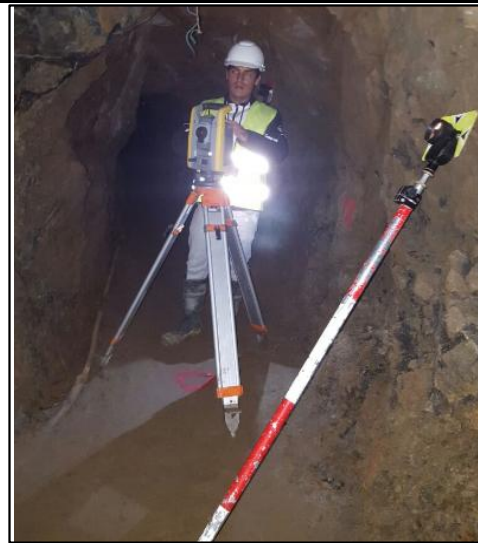
Levantamiento topográfico superficial



Configuración de la estación total s6



Ubicación del punto (Boca mina)



Levantamiento topográfico subterráneo



Levantamiento Geológico (afloramiento 1)



Medición de dique (afloramiento 10)



		
Descripción macroscópica de roca		Registro de coordenadas (afloramiento 10)
		
Recolección de muestra de veta		Registro de datos estructurales en galería
		
Registro de datos estructurales al final de la galería		Medición de orientación de diaclasas



		
<p>Muestra recolectada de veta</p>		<p>Muestra 1 de roca para ensayo a la compresión simple</p>
		
<p>Muestra 2 de roca para ensayo a la compresión simple</p>		<p>Conteo y descripción de diaclasas por unidad de área</p>
		
<p>Equipo utilizado para ensayo a la compresión simple de rocas</p>		<p>Rotura de muestra 1 y 2 de roca</p>





## **Anexos 2: Mapa Topográfico Superficial y Subterráneo**







## **Anexos 3: Mapa Geológico de Paltas**







# **Anexos 4: Descripción de Afloramientos**







 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL <b>FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS</b> 					
<b>Proyecto</b>	ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA “CHAPADERO G” (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA				
<b>Responsable</b>	Juan Pablo Silverio Ludeña	<b>Afloramiento N°</b>	1	<b>Foto N°</b>	5878
	<b>Localización</b>	X	646361		
	<b>Datum Psad 56</b>	Y	9543226		
		Z	1735		
					
<b>Tipo de afloramiento</b>	Natural	x	Antrópico	<b>Contexto Geológico</b>	
<b>Ubicación referencial</b>	Camino que conecta la vía principal de acceso hasta la vía que dirige a la boca mina		<b>Génesis</b>	Ígneo	x
				Metamórfico	
				Sedimentario	
<b>Clima</b>	Cálido (despejado 20°C)		<b>Rx Ígneas</b>	Plutónica	x
<b>Vegetación</b>	Escasa	x	<b>Rx Sedimentarias</b>	Matriz (%)	
	Arbórea			<b>Rx Metamórficas</b>	Foliadas
	Arbustiva		x		
<b>Dimensiones</b>	Alto= 1.2m	Ancho= 0.5m		<b>Muestra</b>	SI
<b>Contexto Geomorfológico</b>			<b>Textura</b>	Fanerítica	
<b>Pendiente</b>	60°	Desnivel relativo	1m	<b>Meteorización</b>	Baja
<b>Descripción</b>	Relieve Colinado Alto		<b>Datos estructurales</b>	Azimut	-----
				Buzamiento	-----
<b>Descripción y observaciones</b>					
Afloramiento expuesto por la erosión del suelo, de coloración gris oscura brevemente meteorizada con poca humedad, se observa minerales de plagioclasas, biotita y cuarzo con una textura fanerítica de grano fino a medio.					



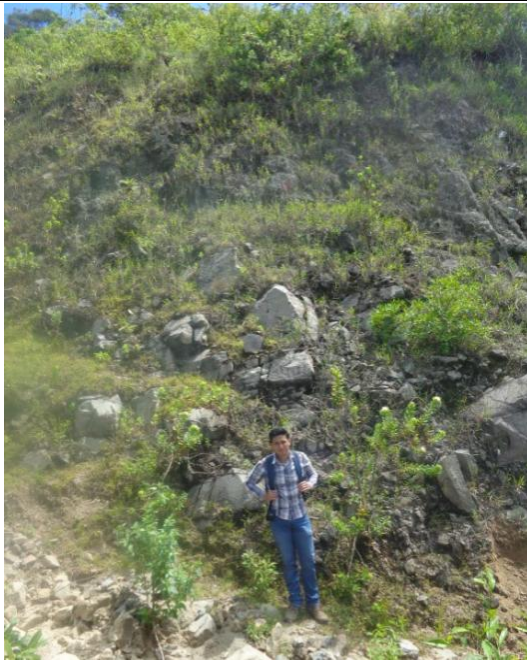



		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL <b>FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS</b>					
<b>Proyecto</b>	ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA “CHAPADERO G” (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA						
<b>Responsable</b>	Juan Pablo Silverio Ludeña	<b>Afloramiento N°</b>	2	<b>Foto N°</b>	5080 5081		
	<b>Localización</b>		<b>X</b>	646397			
	<b>Datum Psad 56</b>		<b>Y</b>	9543226			
			<b>Z</b>	1711			
							
<b>Tipo de afloramiento</b>	Natural	Antrópico	x	<b>Contexto Geológico</b>			
<b>Ubicación referencial</b>	Camino que conecta la vía principal de acceso hasta la vía que se dirige a la boca mina		<b>Génesis</b>	Ígneo	x		
				Metamórfico			
				Sedimentario			
<b>Clima</b>	Cálido (despejado 20°C)		<b>Rx Ígneas</b>	Plutónica	x	Volcánica	
<b>Vegetación</b>	Escasa	Exuberante	x	<b>Rx Sedimentarias</b>	Matriz (%)	Composición	
	Arbórea	Herbácea		<b>Rx Metamórficas</b>	Foliadas	No Foliadas	
	Arbustiva		x				
<b>Dimensiones</b>	Alto= 6m	Ancho= 11m	<b>Muestra</b>	SI	N°	002	
<b>Contexto Geomorfológico</b>			<b>Textura</b>	Fanerítica			
<b>Pendiente</b>	50°	Desnivel relativo	3m	<b>Meteorización</b>	Medio-Alto		
<b>Descripción</b>	Relieve Colinado Alto		<b>Datos estructurales</b>	Azimut	200°		
				Buzamiento	40° SW		
<b>Descripción y observaciones</b>							
Contenido de materia vegetal en la parte superior con una potencia de 0.3m, seguidamente compuesta por un macizo rocoso medianamente meteorizada con varias familias de diaclasas de coloración gris oscura compuesta de minerales de plagioclasas, biotita y cuarzo con una textura fanerítica de grano fino a medio presumiblemente diorita, también se encuentra la presencia de un dique con una potencia de 04m.							







 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL <b>FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS</b> 							
<b>Proyecto</b>	ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA "CHAPADERO G" (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA						
<b>Responsable</b>	Juan Pablo Silverio Ludeña	<b>Afloramiento N°</b>	3	<b>Foto N°</b>	5082		
	<b>Localización</b>		X	646445			
	<b>Datum Psad 56</b>		Y	9543198			
			Z	1687			
							
<b>Tipo de afloramiento</b>	Natural	x	Antrópico	<b>Contexto Geológico</b>			
<b>Ubicación referencial</b>	Camino que conecta la vía principal de acceso hasta la vía que se dirige a la boca mina			<b>Génesis</b>			
				Ígneo		x	
				Metamórfico			
				Sedimentario			
<b>Clima</b>	Cálido (despejado 22°C)			<b>Rx Ígneas</b>	Plutónica	x	Volcánica
<b>Vegetación</b>	Escasa	x	Exuberante	<b>Rx Sedimentarias</b>	Matriz (%)		Composición
	Arbórea	x	Herbácea		<b>Rx Metamórficas</b>	Foliadas	No Foliadas
	Arbustiva						
<b>Dimensiones</b>	Alto= 1.3m	Ancho= 0.8m		<b>Muestra</b>	NO	N°	----
<b>Contexto Geomorfológico</b>				<b>Textura</b>	Fanerítica		
<b>Pendiente</b>	80°	Desnivel relativo	2m	<b>Meteorización</b>	Media		
<b>Descripción</b>	Relieve Montañoso			<b>Datos estructurales</b>	Azimut	130°	
					Buzamiento	60° SE	
<b>Descripción y observaciones</b>							
Afloramiento expuesto por la erosión del suelo, con una coloración gris oscura de mediana meteorización con poca humedad, observando minerales de plagioclasas, biotita y cuarzo con una textura fanerítica de grano fino a medio, también se distingue una familia preferencial de diaclasa.							







 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL <b>FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS</b> 						
<b>Proyecto</b>	ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA "CHAPADERO G" (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA					
<b>Responsable</b>	Juan Pablo Silverio Ludeña	<b>Afloramiento N°</b>	4	<b>Foto N°</b>	5083 5084	
	<b>Localización</b>		<b>X</b>	646520		
	<b>Datum Psad 56</b>		<b>Y</b>	9543212		
			<b>Z</b>	1653		
						
<b>Tipo de afloramiento</b>	Natural	Antrópico	x	<b>Contexto Geológico</b>		
<b>Ubicación referencial</b>	Camino que conecta la vía principal de acceso hasta la vía que se dirige a la boca mina		<b>Génesis</b>	Ígneo	x	
				Metamórfico		
				Sedimentario		
<b>Clima</b>	Cálido (despejado 24°C)		<b>Rx Ígneas</b>	Plutónica	x Volcánica	
<b>Vegetación</b>	Escasa	Exuberante	x	<b>Rx Sedimentarias</b>	Matriz (%)	Composición
	Arbórea	x	Herbácea			
	Arbustiva		<b>Rx Metamórficas</b>			
<b>Dimensiones</b>	Alto= 14m	Ancho= 17m	<b>Muestra</b>	SI	N° 003	
<b>Contexto Geomorfológico</b>			<b>Textura</b>	Fanerítica		
Pendiente	70°	Desnivel relativo	8m	<b>Meteorización</b>	Baja	
Descripción	Relieve Montañoso		<b>Datos estructurales</b>	Azimut	203°	
				Buzamiento	67° SW	
<b>Descripción y observaciones</b>						
Contenido de materia vegetal en la parte superior con una potencia de 0.8m. El macizo rocoso está compuesto por plutones granodioríticos con contenido de cuarzo, plagioclasas, anfíboles, epidota y en pequeñas cantidades minerales máficos como la biotita.						







 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL <b>FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS</b> 					
<b>Proyecto</b>	ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA “CHAPADERO G” (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA				
<b>Responsable</b>	Juan Pablo Silverio Ludeña	<b>Afloramiento N°</b>	5	<b>Foto N°</b>	5085 5086
	<b>Localización</b>		<b>X</b>	646213	
	<b>Datum Psad 56</b>		<b>Y</b>	9543300	
			<b>Z</b>	1762	
					
<b>Tipo de afloramiento</b>	Natural	Antrópico	x	<b>Contexto Geológico</b>	
<b>Ubicación referencial</b>	Vía principal de acceso al campamento		<b>Génesis</b>	Ígneo	x
				Metamórfico	
				Sedimentario	
<b>Clima</b>	Cálido (despejado 24°C)		<b>Rx Ígneas</b>	Plutónica	x
				Volcánica	
<b>Vegetación</b>	Escasa	Exuberante	x	<b>Rx Sedimentarias</b>	Matriz (%)
	Arbórea	Herbácea			Composición
	Arbustiva		<b>Rx Metamórficas</b>	Foliadas	No Foliadas
<b>Dimensiones</b>	Alto= 4.5m	Ancho= 15m	<b>Muestra</b>	SI	N° 004
<b>Contexto Geomorfológico</b>			<b>Textura</b>	Fanerítica	
<b>Pendiente</b>	50°	Desnivel relativo	3m	<b>Meteorización</b>	Alto
<b>Descripción</b>	Relieve Montañoso		<b>Datos estructurales</b>	Azimut	153°
				Buzamiento	55° SE
<b>Descripción y observaciones</b>					
Materia vegetal en la parte superior con una potencia de 0.3m. Afloramiento altamente meteorizado con alto contenido de arcillas que remplazo a los feldespatos y cuarzo por la alteración argílica, también se observa la presencia de un dique con una potencia de 0.5m presumiblemente de andesita basáltica.					









 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL <b>FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS</b> 					
<b>Proyecto</b>	ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA "CHAPADERO G" (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA				
<b>Responsable</b>	Juan Pablo Silverio Ludeña	<b>Afloramiento N°</b>	6	<b>Foto N°</b>	5087 5088
	<b>Localización</b>		<b>X</b>	646166	
	<b>Datum Psad 56</b>		<b>Y</b>	9543195	
			<b>Z</b>	1758	
					
<b>Tipo de afloramiento</b>	Natural	Antrópico	x	<b>Contexto Geológico</b>	
<b>Ubicación referencial</b>	Vía principal de acceso al campamento		<b>Génesis</b>	Ígneo	x
				Metamórfico	
				Sedimentario	
<b>Clima</b>	Cálido (despejado 24°C)		<b>Rx Ígneas</b>	Plutónica	x Volcánica
<b>Vegetación</b>	Escasa	Exuberante	x	<b>Rx Sedimentarias</b>	Matriz (%) Composición
	Arbórea	x	Herbácea	<b>Rx Metamórficas</b>	Foliadas No Foliadas
	Arbustiva				
<b>Dimensiones</b>	Alto= 7m	Ancho= 16m	<b>Muestra</b>	NO	N° ----
<b>Contexto Geomorfológico</b>			<b>Textura</b>	Fanerítica	
<b>Pendiente</b>	60°	Desnivel relativo	5m	<b>Meteorización</b>	Alto
<b>Descripción</b>	Relieve Montañoso		<b>Datos estructurales</b>	Acimut	348° 341° 158°
				Buzamiento	78° NW 58° NW 62° SE
<b>Descripción y observaciones</b>					
Se puede observar la intrusión del Batolito de Tangula compuesta por granodiorita con alteración argílica que tiene una dirección de 348° y un buzamiento de 78° y su roca adyacente se encuentran minerales de plagioclasas, biotita y cuarzo con una textura fanerítica de grano fino a medio lo que se puede presumir que es una diorita.					







 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL <b>FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS</b> 					
<b>Proyecto</b>	ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA "CHAPADERO G" (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA				
<b>Responsable</b>	Juan Pablo Silverio Ludeña	<b>Afloramiento N°</b>	7	<b>Foto N°</b>	5089 5090
	<b>Localización</b>		<b>X</b>	646399	
	<b>Datum Psad 56</b>		<b>Y</b>	9542928	
			<b>Z</b>	1566	
					
<b>Tipo de afloramiento</b>	Natural	Antrópico	x		
<b>Ubicación referencial</b>	Vía de acceso a la boca mina		<b>Génesis</b>	Ígneo	x
				Metamórfico	
				Sedimentario	
<b>Clima</b>	Cálido (despejado 22°C)		<b>Rx Ígneas</b>	Plutónica	Volcánica
<b>Vegetación</b>	Escasa	Arbustiva	<b>Rx Sedimentarias</b>	Matriz (%) Composición	
	Arbórea	x Herbácea		<b>Rx Metamórficas</b>	Foliadas
	Exuberante				
<b>Dimensiones</b>	Alto= 3.5m	Ancho= 8m	<b>Muestra</b>	NO	N° ---
<b>Contexto Geomorfológico</b>			<b>Textura</b>	Fanerítica	
<b>Pendiente</b>	60°	Desnivel relativo	2.5m	<b>Meteorización</b>	Media
<b>Descripción</b>	Relieve Colinado Alto		<b>Datos estructurales</b>	Acimut	119° 140°
				Buzamiento	55° SE 30° SE
<b>Descripción y observaciones</b>					
Se encuentra material vegetal en la parte superior con una potencia de 0.3m. La matriz rocosa está compuesta presuntamente de diorita por el contenido de minerales de plagioclasas, biotita y cuarzo con una textura fanerítica de grano fino a medio.					







 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL <b>FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS</b> 					
<b>Proyecto</b>	ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA “CHAPADERO G” (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA				
<b>Responsable</b>	Juan Pablo Silverio Ludeña	<b>Afloramiento N°</b>	8	<b>Foto N°</b>	5091 5092
	<b>Localización</b>		<b>X</b>	646448	
	<b>Datum Psad 56</b>		<b>Y</b>	9543032	
			<b>Z</b>	1572	
					
<b>Tipo de afloramiento</b>	Natural	Antrópico	x	<b>Contexto Geológico</b>	
<b>Ubicación referencial</b>	Vía de acceso a la boca mina		<b>Génesis</b>	Ígneo	x
				Metamórfico	
				Sedimentario	
<b>Clima</b>	Cálido (despejado 22°C)		<b>Rx Ígneas</b>	Plutónica	Volcánica
<b>Vegetación</b>	Escasa	Arbustiva	<b>Rx Sedimentarias</b>	Matriz (%) Composición	
	Arbórea	x Herbácea		<b>Rx Metamórficas</b>	Foliadas
<b>Dimensiones</b>	Alto= 22m	Ancho= 12m	<b>Muestra</b>	NO	N° ----
<b>Contexto Geomorfológico</b>			<b>Textura</b>	Fanerítica	
<b>Pendiente</b>	70°	Desnivel relativo	15m	<b>Meteorización</b>	Media
<b>Descripción</b>	Relieve montañoso		<b>Datos estructurales</b>	Acimut	252°
				Buzamiento	66° SW
<b>Descripción y observaciones</b>					
Se encuentra material vegetal en la parte superior con una potencia de 0.3m. La matriz rocosa está compuesta presuntamente de diorita por el contenido de minerales de plagioclasas, biotita y cuarzo con una textura fanerítica de grano fino a medio.					



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL <b>FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS</b> 					
<b>Proyecto</b>	ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA "CHAPADERO G" (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA				
<b>Responsable</b>	Juan Pablo Silverio Ludeña	<b>Afloramiento N°</b>	9	<b>Foto N°</b>	5093 5094
	<b>Localización</b>		<b>X</b>	646534	
	<b>Datum Psad 56</b>		<b>Y</b>	9543029	
			<b>Z</b>	1543	
					
<b>Tipo de afloramiento</b>	Natural	Antrópico	x	<b>Contexto Geológico</b>	
<b>Ubicación referencial</b>	Vía de acceso a la boca mina		<b>Génesis</b>	Ígneo	x
				Metamórfico	
				Sedimentario	
<b>Clima</b>	Cálido (despejado 22°C)		<b>Rx Ígneas</b>	Plutónica	Volcánica
<b>Vegetación</b>	Escasa	Arbustiva	<b>Rx Sedimentarias</b>	Matriz (%) Composición	
	Arbórea	x Herbácea	<b>Rx Metamórficas</b>	Foliadas	No Foliadas
	Exuberante				
<b>Dimensiones</b>	Alto= 6m	Ancho= 8m	<b>Muestra</b>	NO	N° ----
<b>Contexto Geomorfológico</b>			<b>Textura</b>	Fanerítica	
<b>Pendiente</b>	65°	Desnivel relativo	6m	<b>Meteorización</b>	Media
<b>Descripción</b>	Relieve Montañoso		<b>Datos estructurales</b>	Acimut	-----
				Buzamiento	-----
<b>Descripción y observaciones</b>					
<p>En el macizo rocoso se observa la presencia de minerales tales como plagioclasas, biotita y cuarzo con una textura fanerítica de grano fino a medio lo que se puede presumir que es una diorita, además de eso se observan un sistema de vetillas de carbonatos con un espesor que varía desde los 5mm hasta los 3cm, distribuidos irregularmente en todo el macizo.</p>					



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL <b>FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS</b> 					
<b>Proyecto</b>	ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA "CHAPADERO G" (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA				
<b>Responsable</b>	Juan Pablo Silverio Ludeña	<b>Afloramiento N°</b>	10	<b>Foto N°</b>	5095
	<b>Localización</b>		X	646434	
	<b>Datum Psad 56</b>		Y	9542973	
			Z	1527	
					
<b>Tipo de afloramiento</b>	Natural	Antrópico	x	<b>Contexto Geológico</b>	
<b>Ubicación referencial</b>	Vía de acceso a la boca mina		<b>Génesis</b>	Ígneo	x
				Metamórfico	
				Sedimentario	
<b>Clima</b>	Cálido (despejado 22°C)		<b>Rx Ígneas</b>	Plutónica	Volcánica
<b>Vegetación</b>	Escasa	Arbustiva	<b>Rx Sedimentarias</b>	Matriz (%) Composición	
	Arbórea	Herbácea		<b>Rx Metamórficas</b>	Foliadas
	Exuberante				
<b>Dimensiones</b>	Alto= 24 m	Ancho= 13m	<b>Muestra</b>	NO	N° 005
<b>Contexto Geomorfológico</b>			<b>Textura</b>	Fanerítica	
<b>Pendiente</b>	70°	Desnivel relativo	15m	<b>Meteorización</b>	Media
<b>Descripción</b>	Relieve Montañoso		<b>Datos estructurales</b>	Acimut	161°
					103°
			Buzamiento	66° SE	
				64° SE	
<b>Descripción y observaciones</b>					
Se puede distinguir la presencia de un dique presumiblemente de andesita basáltica con una potencia de 4.3m, teniendo una dirección de 161° y un buzamiento de 66°, la roca adyacente se la puede designar como diorita por los minerales de plagioclasas, biotita y cuarzo.					



# **Anexos 5: Descripción Macroscópica de Rocas**




<b>FICHA DE ROCAS ÍGNEAS</b>			
Responsable:	Juan Pablo Silverio	Ficha N°	1
Tipo de la muestra:	Afloramiento	Código de la muestra	001
<b>DATOS DE UBICACIÓN</b>		<b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>	
Ubicación geográfica: Loja/Paltas/Catacocha		<i>Características de los componentes</i>	
Acceso al lugar: Vía al Huato		Color	Gris oscuro
	Textura	Fanerítica	
	Estructura	Homogénea	
	Tamaño del grano	Grano de fino a medio	
	% Fenocristales	60	
	% matriz	40	
	<i>Contenido de Minerales</i>		Minerales Principales
<b>INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección Psad 56)</b>		Minerales Secundarios	No existe
X	646361	Minerales Accesorios	No existe
Y	9543226	Mineralización	No existe
Z (ALTURA m.s.n.m.)	1735	Grado de meteorización	Baja
<b>Análisis de Laboratorio</b>	Si	Lamina delgada: Si / <b>No</b>	Nombre de la roca
			<b><i>Diorita</i></b>




### FICHA DE ROCAS ÍGNEAS



Responsable:	Juan Pablo Silverio	Ficha N°	2		
Tipo de la muestra:	Afloramiento	Código de la muestra	002		
<b>DATOS DE UBICACIÓN</b>		<b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>			
Ubicación geográfica: Loja/Paltas/Catacocha		<i>Características de los componentes</i>			
Acceso al lugar: Vía al Huato		Color	Verdosa		
		Textura	Afanítica		
		Estructura	Homogénea		
		Tamaño del grano	Grano fino		
		% Fenocristales	5		
		% matriz	95		
		<i>Contenido de Minerales</i>		Minerales Principales	Sin visibilidad
		<b>INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección Psad 56)</b>		Minerales Secundarios	Sin visibilidad
X	646397	Minerales Accesorios	No existe		
Y	9543226	Mineralización	No existe		
Z (ALTURA m.s.n.m.)	1711	Grado de meteorización	Baja		
<b>Análisis de Laboratorio</b>	Si	Lamina delgada: Si / No	Nombre de la roca		
			<b><i>Andesita</i></b>		





<b>FICHA DE ROCAS ÍGNEAS</b>					
Responsable:	Juan Pablo Silverio	Ficha N°	3		
Tipo de la muestra:	Afloramiento	Código de la muestra	003		
DATOS DE UBICACIÓN		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA			
Ubicación geográfica: Loja/Paltas/Catacocha		<i>Características de los componentes</i>			
Acceso al lugar: Vía al Huato		Color	Blanco Verdoso		
		Textura	Fanerítica		
		Estructura	Homogénea		
		Tamaño del grano	Grano medio		
		% Fenocristales	75		
		% matriz	25		
		<i>Contenido de Minerales</i>		Minerales Principales	Cuarzo, Plagiclasas, Biotita, Anfiboles
		INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección Psad 56)		Minerales Secundarios	Epidota
X	646520	Minerales Accesorios	No existe		
Y	9543212	Mineralización	No existe		
Z (ALTURA m.s.n.m.)	1653	Grado de meteorización	Baja		
<b>Análisis de Laboratorio</b>	Si	Lamina delgada: Si / No	Nombre de la roca		
			<b><i>Granodiorita</i></b>		



<b>FICHA DE ROCAS ÍGNEAS</b>			
Responsable:	Juan Pablo Silverio	Ficha N°	4
Tipo de la muestra:	Afloramiento	Código de la muestra	004
DATOS DE UBICACIÓN		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
Ubicación geográfica: Loja/Paltas/Catacocha		<i>Características de los componentes</i>	
Acceso al lugar: Vía al Huato		Color	Café blanquecino
	Textura	Fanerítica	
	Estructura	Homogénea	
	Tamaño del grano	Grano medio	
	% Fenocristales	30	
	% matriz	70	
	<i>Contenido de Minerales</i>		
	Minerales Principales	Plagioclasas, cuarzo, Biotita	
INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)		Minerales Secundarios	Epidota
X	646213	Minerales Accesorios	Caolín
Y	9543300	Mineralización	No existe
Z (ALTURA m.s.n.m.)	1762	Grado de meteorización	Baja
<b>Análisis de Laboratorio</b>	Si	Lamina delgada: Si / <b>No</b>	Nombre de la roca
			<b>Granodiorita</b>



### FICHA DE ROCAS ÍGNEAS



Responsable:	Juan Pablo Silverio	Ficha N°	5
Tipo de la muestra:	Afloramiento	Código de la muestra	005
<b>DATOS DE UBICACIÓN</b>		<b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>	
Ubicación geográfica: Loja/Paltas/Catacocha		<i>Características de los componentes</i>	
Acceso al lugar: Vía al Huato		Color	Gris oscura
 LGE-JPS-005		Textura	Afanítica
		Estructura	Homogénea
		Tamaño del grano	Grano fino
		% Fenocristales	15
		% matriz	85
		<i>Contenido de Minerales</i>	
<b>INFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección Psad 56)</b>		Minerales Secundarios	No existe
X	646434	Minerales Accesorios	No existe
Y	9542973	Mineralización	No existe
Z (ALTURA m.s.n.m.)	1527	Grado de meteorización	Baja
<b>Análisis de Laboratorio</b>	Si	Lamina delgada: <b>Si</b> / No	Nombre de la roca
			<b>Andesita</b>



# **Anexos 6: Descripción Microscópica de Rocas**



# **Anexos 7: Mapa Geológico del Área de Exploración**



# **Anexos 8: Mapa Geológico- Estructural de la Galería de Exploración**



# **Anexos 9: Matriz para la valoración del Macizo según Bieniawski**



**Clasificación geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)**

**Parámetros de clasificación**

I	Resistencia de la matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga puntual	> 10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple (MPa)			
		Compresión simple	> 250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	< 1	
		Puntuación	15	12	7	4	2	1	0	
2		RQD	90 %-100 %	75 %-90 %	50 %-75 %	25 %-50 %	< 25 %			
		Puntuación	20	17	13	6	3			
3		Separación entre diaclasas	> 2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	0,06-0,2 m	< 0,06 m			
		Puntuación	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			
		Puntuación	6	4	2	1	0			
		Abertura	Nada	< 0,1 mm	0,1-1,0 mm	1-5 mm	> 5 mm			
		Puntuación	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave			
		Puntuación	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm			
		Puntuación	6	4	2	2	0			
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta			
		Puntuación	6	5	3	1	0			
5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10-25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min			
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5			
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo			
		Puntuación	15	10	7	4	0			

**Corrección por la orientación de las discontinuidades**

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

**Clasificación**

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala
Puntuación	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20

**Clasificación geomecánica RMR (Bieniawski, 1989) (Continuación)**

**Características geotécnicas**

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de mantenimiento y longitud	10 años con 15 m de vano	6 meses con 8 m de vano	1 semana con 5 m de vano	10 horas con 2,5 m de vano	30 minutos con 1 m de vano
Cohesión	> 4 Kp/cm <sup>2</sup>	3-4 Kp/cm <sup>2</sup>	2-3 Kp/cm <sup>2</sup>	1-2 Kp/cm <sup>2</sup>	< 1 Kp/cm <sup>2</sup>
Ángulo de rozamiento	> 45°	35°-45°	25°-35°	15°-25°	< 15°

**Orientación de las discontinuidades en el túnel**

Dirección perpendicular al eje del túnel				Dirección paralela al eje del túnel		Buzamiento 0°-20°. Cualquier dirección
Excavación con buzamiento		Excavación contra 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	
Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable	Media	Desfavorable

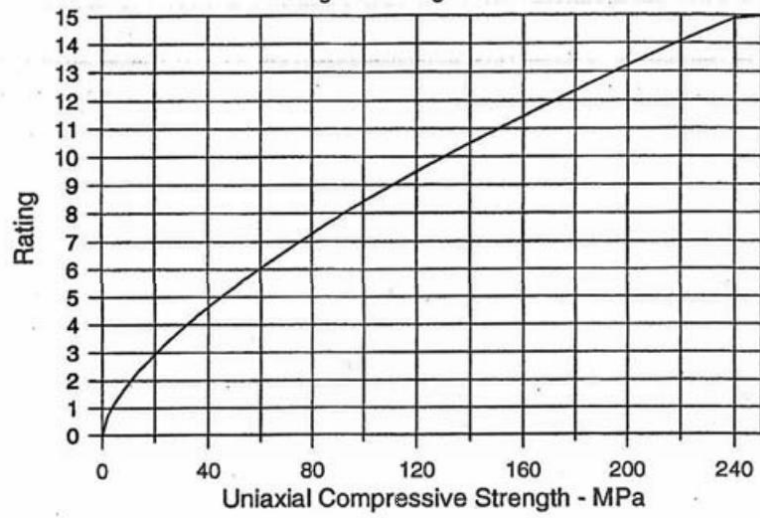




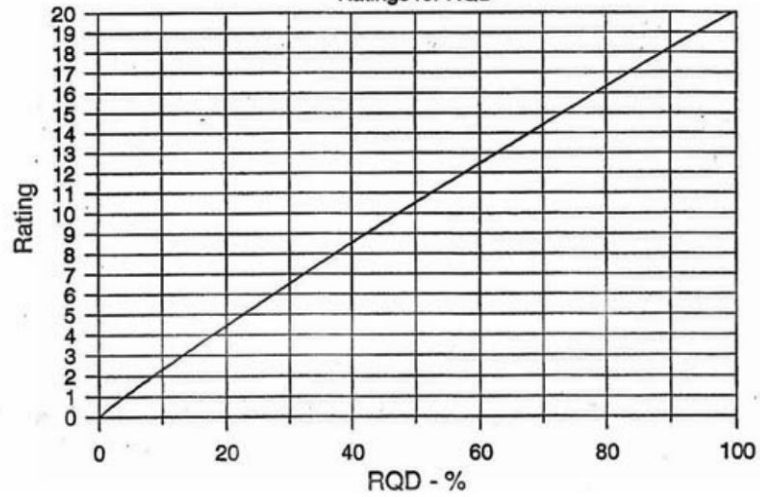
# **Anexos 10: Graficas de valoración del Macizo según Bieniawski**



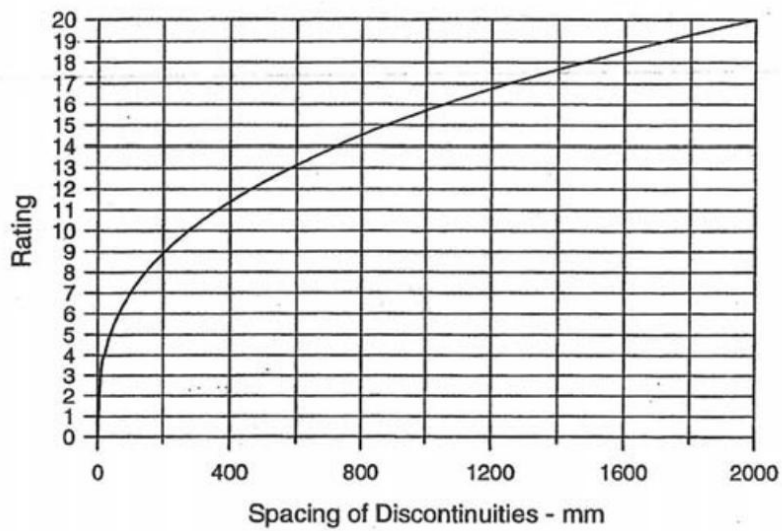
Ratings for Strength of Intact Rock



Ratings for RQD



Spacing of Discontinuities





# **Anexos 11: Resultados de los ensayos a la compresión uniaxial**



### ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA  
 Tele-fax: 2540594, Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

#### ENSAYO DE COMPRESIÓN CÚBICA EN ROCAS

PROY. :	ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA "CHAPADERO G" (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA								
UBIC. :	CATACOAHA								
SOLICITA:	SR. JUAN PABLO SILVERIO				MUESTRA: Andesita: 17.3m de la boca mina (R1)				
FECHA :	JUNIO-2016	OPERADOR	O.C.	PROFUND.:	--	m.			
COORDENADAS:	X:				Y:				
		PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO			
1.- CONTENIDO DE AGUA		400,46	399,65	34,82	0,22				
		351,30	350,52	35,12	0,25	<b>0,23</b>			
		PESO AIRE SUMERGIDC	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN		
2.- PESO ESPECÍFICO		412,95	259,49	411,83					
PROMEDIO		412,95	259,49	411,83	<b>2,684</b>	<b>2,691</b>	<b>2,703</b>	<b>0,27%</b>	
		PESO AIRE SUMERGIDC	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN		
3.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN									
MUESTRA Nº	LARGO cm	ANCHO cm	ALTURA cm	AREA cm <sup>2</sup>	VOLUMEN cm <sup>3</sup>	MASA Gr	CARGA Kg	DENSIDAD Kg/cm <sup>3</sup>	ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>
1	5,43	5,10	5,10	27,69	141,23	365,64	37700,00	2,589	1361,35
2	5,12	4,91	4,84	25,14	121,67	316,18	27140,00	2,599	1079,59
PROMEDIO									<b>1220,47</b>

Ing. Ovidio Castillo Ramillo





**ESTSUELCON CIA. LTDA.**

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Teléfono-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

**ENSAYO DE COMPRESIÓN CÚBICA EN ROCAS**

PROY. :	ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA GALERÍA DE EXPLORACIÓN AVANZADA EN LA CONCESIÓN MINERA "CHAPADERO G" (CÓDIGO 600009.1) UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS PROVINCIA DE LOJA								
UBIC. :	CATACOA								
SOLICITA:	SR. JUAN PABLO SILVERIO				MUESTRA: Diorita: 73.6m de la boca mina (R2)				
FECHA :	JUNIO-2016	OPERADOR	O.C.	PROFUND.:	--	m.			
COORDENADAS:	X:			Y:					
	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO				
1.- CONTENIDO DE AGUA	393,90	392,75	34,33	0,32	<b>0,29</b>				
	447,12	446,02	35,56	0,27					
	PESO AIRE SUMERGIDC	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN			
2.- PESO ESPECÍFICO	286,14	187,93	285,57	<b>2,908</b>	<b>2,914</b>	<b>2,925</b>	<b>0,20%</b>		
PROMEDIO	286,14	187,93	285,57						
	PESO AIRE SUMERGIDC	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN			
3.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN									
MUESTRA Nº	LARGO cm	ANCHO cm	ALTURA cm	AREA cm <sup>2</sup>	VOLUMEN cm <sup>3</sup>	MASA Gr	CARGA Kg	DENSIDAD Kg/cm <sup>3</sup>	ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>
1	4,84	5,04	5,12	24,39	124,90	359,57	20220,00	2,879	828,91
2	5,12	5,12	5,35	26,21	140,25	411,56	21580,00	2,935	823,21
PROMEDIO									<b>826,06</b>

Ing. Ovidio Castellano Caramillo

