



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

**“ESTUDIO GEOMECÁNICO Y PROPUESTA DE FORTIFICACIÓN EN LA  
MINA EL MIRADOR EN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ, AZUAY”**

### **PROYECTO DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

### **INGENIERO EN MINAS**

Presentado por:

**KEVIN BLADIMIR DUQUE CHAVEZ**

**GUAYAQUIL-ECUADOR  
2018**

## DEDICATORIA

A mis padres por ser mi pilar fundamental en mi vida. A mi madre Debbie, por ser un ejemplo a seguir para todos sus hijos, por el esfuerzo que ha puesto en mí todos estos años y más que nada por su amor. A mi padre Bladimir, por siempre creer en mí, por sus sacrificios para ver a sus hijos siempre sonreír, por su amor y por sus valores que gracias a ellos me han encaminado a lograr mis metas.

A mis hermanas Belén y Emely, por la inspiración de darles el mejor ejemplo de dedicación y el logro de una meta.

A mis abuelitas Ligia y Magdalena por su inmenso amor y cariño, gracias por mantenerme presente siempre.

Kevin Bladimir Duque Chávez

## **AGRADECIMIENTO**

Al Ing. Erwin Larreta, mi gran amigo y uno de los mejores profesores en mi vida, por su gran y desinteresada ayuda en toda la etapa de elaboración de este trabajo, en especial en el área de geología y topografía, por su paciencia, su dedicación, sus enseñanzas y experiencias las cuales dieron lugar a mi profundo interés en el campo de la topografía. Gracias por enseñarme que todo tiene su razón de ser, eres mi ejemplo a seguir en mi vida profesional.

A la Ph.D. Silvia Loaiza por dedicar su tiempo valioso, por sus recomendaciones y orientaciones, así como también por compartir sus conocimientos en el área de geomecánica.

A la M.Sc. Esmilka Guerra, mi amiga y una gran profesora, por su profundo apoyo en este proyecto, por creer en mí y darme la oportunidad de trabajar en un tema tan interesante como fue este proyecto.

A la M.Sc. Samantha Jiménez, mi amiga y profesora desde el pre politécnico, por sus consejos durante toda mi carrera universitaria, por su sincera amistad y ayuda en este proyecto.

Al M.Sc Eduardo Díaz, mi amigo, por sus enseñarme a ver la geología de una manera distinta y por aconsejarme en mis momentos donde encontraba obstáculos.

A mis compañeros José Pachacama, Bolívar Zambrano y Carlos Chérrez por su desinteresada ayuda en la recolección de datos en la mina, les quedare agradecidos por siempre.

A los socios de la Sociedad Minera “El Mirador”, por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de realizar este trabajo para la obtención de mi título.

# **TRIBUNAL DEL PROYECTO**

---

Samantha Tamara Jimenez Oyola M.Sc.  
**DIRECTORA DE LA MATERIA INTEGRADORA**

---

Esmilka Guerra Lopez M.Sc.  
**TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**

---

Erwin Wilfrido Larreta Torres Ing.  
**TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la Espol)

---

**Kevin Bladimir Duque Chávez**

## RESUMEN

El presente proyecto se basa en un estudio geomecánico de la mina “El Mirador” en la cual existe un grave problema de asentamiento que provoca inestabilidad e inseguridad laboral en dicho lugar debido al existente desprendimiento de grandes volúmenes de roca y colapso total de niveles. Se investigó la calidad del macizo rocoso en puntos estratégicos (estaciones geomecánicas) en la mina y a su vez se ubicó puntos de control para el asentamiento medido con estación total, obteniendo un vector desplazamiento del macizo rocoso en estos puntos con lo que se calculó la velocidad a la cual ocurre este fenómeno. También se determinó la dirección de los esfuerzos principales en cada estación geomecánica, así como también la predominancia de la rotura de la roca mediante ensayos para determinar una posible dirección del deslizamiento del macizo rocoso. Como resultado de la investigación se obtuvo 3 posibles bloques a lo largo de la mina con movimientos rotacionales teniendo incidencia uno con el otro como un sistema de engranajes, donde los límites de estos bloques son zonas de mayor susceptibilidad con presencia de milonita indicando posibles fallas. Una vez determinadas las zonas de mayor susceptibilidad se propuso su debida fortificación utilizando las clasificaciones geomecánicas para poder garantizar una seguridad laboral para los trabajadores y el material explotado.



**Palabras clave:** Geomecánica, Asentamiento, Esfuerzos, fortificación, inestabilidad

# ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
TRIBUNAL DEL PROYECTO .....	VI
DECLARACIÓN EXPRESA .....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	X
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>19</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>19</b>
1.1    Introducción .....	20
1.2    Antecedentes.....	22
1.3    Justificación .....	24
1.4    Planteamiento del Problema.....	25
1.5    Objetivos.....	26
1.5.1    Objetivo General .....	26
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>27</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>27</b>

2.1	Ubicación.....	28
2.2	Demografía y situación socio-económica .....	29
2.3	Clima .....	29
2.4	Marco Geológico .....	30
2.4.1	Tectónica .....	30
2.4.2	Rasgos Estructurales .....	32
2.4.3	Geología regional .....	38
2.4.4	Geología de la zona .....	39
<b>CAPÍTULO 3.....</b>		<b>41</b>
<b>METODOLOGÍA Y MARCO TEÓRICO.....</b>		<b>41</b>
3.1	Metodología.....	42
3.2	Marco Teórico.....	45
3.2.1	Estación Geomecánica .....	45
3.2.1.1	Estructura Geológica .....	47
3.2.2	Clasificaciones Geo mecánicas .....	50
3.2.2.1	RQD .....	50
3.2.2.2	Q de Barton .....	52
3.2.2.3	RMR .....	54
3.2.2.4	GSI .....	58
3.2.3	Sostenimiento y Fortificación .....	60

3.2.3.1	Según Q de Barton .....	60
3.2.3.2	Según RMR de Bieniawski .....	62
3.2.4	Resistencia y rotura .....	64
3.2.4.1	Resistencia .....	65
3.2.4.2	Criterio de rotura de Hoek y Brown .....	68
3.2.5	Proyección estereográfica.....	70
3.2.5.1	Determinación de los esfuerzos principales .....	70
<b>CAPÍTULO 4.....</b>		<b>72</b>
<b>RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIONES.....</b>		<b>72</b>
4.1	Resultados.....	73
4.1.1	Ensayos .....	73
4.1.2	Clasificaciones Geomecánicas .....	76
4.1.2.1	RMR .....	77
4.1.2.2	Q de Barton .....	79
4.1.2.3	GSI .....	82
4.1.3	Proyecciones Estereográficas.....	83
4.1.4	Dirección de los esfuerzos principales .....	83
4.1.5	Desplazamiento de puntos de control.....	86
4.2	Análisis y Resultados.....	92
4.2.1	Afectación por la carga litoestática.....	92

4.2.2	Análisis de movimiento del macizo rocoso.....	93
4.2.3	Sostenimiento .....	97
<b>CAPÍTULO 5</b>	.....	<b>101</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	.....	<b>101</b>
CONCLUSIONES	.....	102
RECOMENDACIONES	.....	104

## **ANEXOS**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## ABREVIATURAS

AM-12	Asociación de Mineros Autónomos 12 de Octubre
ARCOM	Agencia de Regulación y Control Minero
EGM	Estación Geo Mecánica
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
SRF	Stress Reduction Factor
RMR	Rock Mass Rating
GSI	Geological Strength Index
P1	Plano de la media de los polos
R.C.S	Resistencia a la compresión Simple

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> Mapa de ubicación de la mina .....	27
<b>Figura 2.2</b> La placa Nazca que sufre un proceso de subducción a la placa sudamericana .....	29
<b>Figura 2.3</b> Corte transversal del Ecuador.....	30
<b>Figura 2.4</b> Rasgos estructurales más dominantes del Ecuador .....	31
<b>Figura 2.5</b> Zona Subandina y Cuenca Oriental .....	34
<b>Figura 2.6</b> Mapa geológico del distrito minero Azuay.....	36
<b>Figura 2.7</b> Mapa de ubicación de la zona .....	38
<b>Figura 3.1</b> Flujograma de la metodología.....	39
<b>Figura 3.2</b> Perfiles tipo para estimar el coeficiente de rugosidad .....	48
<b>Figura 3.3</b> Representación esquemática de las propiedades de las discontinuidades .....	49
<b>Figura 3.4</b> Obtención del RQD de un testigo .....	50
<b>Figura 3.5</b> Ábaco para determinar el valor del P1 .....	55
<b>Figura 3.6</b> Ábaco para determinar el valor del P2 .....	55
<b>Figura 3.7</b> Ábaco para determinar el valor del P3.....	56
<b>Figura 3.8</b> Dirección de Excavación respecto con la dirección de las juntas ....	57

<b>Figura 3.9</b> Ábaco original de sostenimiento de Q de Barton .....	58
<b>Figura 3.10</b> Componentes del esfuerzo sobre un plano.....	63
<b>Figura 3.11</b> Tensiones en 3 dimensiones .....	64
<b>Figura 3.12</b> Maquina de ensayo uniaxial en LEMAT utilizado para la investigación .....	66
<b>Figura 4.1</b> Localización de las muestras obtenidas.....	74
<b>Figura 4.2</b> Plano de El Mirador indicando la calidad del macizo rocoso según RMR de Bieniawski.....	77
<b>Figura 4.3</b> Plano de El Mirador indicando la calidad del macizo rocoso según Q de Barton .....	80
<b>Figura 4.4</b> Dirección de los esfuerzos principales en una red estereográfica ...	84
<b>Figura 4.5</b> Triangulo MDF nivelado antes de empotrarlo al piso de la galería ..	86
<b>Figura 4.6</b> Puntos de control de acrílico con min prisma.....	87
<b>Figura 4.7</b> Dirección de los movimientos del macizo .....	88
<b>Figura 4.8</b> Carga litoestática que se encuentra afectando la mina.....	91
<b>Figura 4.9</b> Mapa con las fallas inferidas y los bloques entre ellas con sus rotaciones respectivas .....	95
<b>Figura 4.10</b> Ubicación de EGMs en las regiones dentro del ábaco de Barton ..	96



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla I:</b> Grado de Meteorización (ISRM,1981) .....	45
<b>Tabla II:</b> Calidad del macizo rocoso según RQD, según Deere 1967 .....	51
<b>Tabla III:</b> Calidad de la roca según Q de Barton.....	53
<b>Tabla IV:</b> Clasificación de calidad de la roca usando RMR, Bieniawski 1989 ...	56
<b>Tabla V:</b> Valores de ESR, (NGI, 2015 ) .....	59
<b>Tabla VI:</b> Categorías de fortificación según su RMR, (Ruiz, 2000) .....	62
<b>Tabla VII:</b> Especificaciones de las muestras .....	73
<b>Tabla VIII:</b> Calidad del macizo rocoso en cada estación geomecánica según RMR de Bieniawski.....	76
<b>Tabla IX:</b> Calidad del macizo rocoso en cada estación geomecánica según Q de Barton .....	78
<b>Tabla X:</b> Calidad del macizo rocoso en cada estación geomecánica según GSI .....	81
<b>Tabla XI:</b> Dirección de los esfuerzos principales .....	83
<b>Tabla XII:</b> Dirección de los esfuerzos y asentamiento total .....	89
<b>Tabla XIII:</b> Velocidades de asentamientos de las EGMs.....	93

**Tabla XIV:** Tabla con datos utilizados para obtener la region que se encuentran

los EGMs ..... 97

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Introducción

El cantón Camilo Ponce Enríquez ubicado al Oeste de la provincia del Azuay, es caracterizado como una zona minera. Esta actividad es el motor económico del cantón que inició en 1982. La actividad minera comenzó como alternativa de la crisis agrícola que sufrieron los pobladores a causa del fenómeno del Niño (1982 – 1983), en donde sus estragos causaron graves inundaciones y varios deslaves. Fue justamente durante este fenómeno natural que en la montaña de la cordillera de Mollopongo específicamente en el cerro Bella Rica producto de un deslave se evidencia una mineralización lo que da inicio a la minería en el sector de Bella Rica. La población se vio ligada a esta nueva actividad económica incrementándose su población llegando a ser a la actualidad uno de los más importantes sectores mineros del país de tal manera que ha intensificado y desarrollado nuevas áreas.

Es así que varios pequeños mineros se agruparon para formar la “Asociación de mineros autónomos 12 de octubre” (AM-12) en el año 1992. Esta sociedad está formada por mineros provenientes de poblados cercanos como San Alfonso, Santa Marta y La Independencia. A medida que fue creciendo la AM-12 se convirtió en un aporte a la población, generando empleos y brindando apoyo a la comunidad en los campos de salud y educación.

Una de las minas que conforma la AM-12, y en la cual se va a realizar el presente estudio es la mina “El Mirador”, que está conformado por 24 niveles que tienen aproximadamente 20 metros de diferencia entre ellos, utilizando solo el primer nivel (nivel principal) para el transporte del material hacia el exterior mediante vagones mineros. En los demás niveles utilizan un pozo inclinado con un guinche mecanizado para extraer el material de los niveles inferiores al nivel principal.

En el área de estudio desde sus inicios se ha realizado la explotación mediante el método de cámaras y pilares, un método relativamente barato por lo que se utiliza la gravedad para el desplome de material, es un método solo extractivo y el material estéril forma parte de la escombrera. Sin embargo, en la actualidad se emplea el método de corte y relleno, debido a la inestabilidad existente. Por este motivo, se justifica la necesidad de realizar un estudio geomecánico en la mina “El Mirador”, para generar propuestas de fortificación y de esta manera garantizar la seguridad en las labores mineras.

## 1.2 Antecedentes

Uno de los primeros trabajos de investigación realizados en esta zona fue efectuado por Copperfield Mining Corporation en 1973 hasta mayo de 1979, en un informe no publicado llamado “Interim Reporto in Ponce Project Province of Azuay, Ecuador for Copperfields Mining Corporation. December 21, 1979, By: W.R. Bergey, P. Eng.”. Esta empresa investigó un área de 10000 hectáreas, que comprenden las concesiones actuales de Bella Rica, Gaby, Mollopongo, Papa Grande, Muyuyacu, Guanache – 3 de mayo y otros más ubicados en la zona. La investigación determinó valores anormales de Au, Te, Cu y Mo mediante muestreos realizados de manera sistemática y posteriormente llevando a cabo un análisis químico de estos. (Encalada, s.f.)

Se efectuaron varios estudios de mineralización, optimización de beneficio de minerales y un estudio de impacto ambiental. Dichos estudios fueron realizados por Guisamano & Duran, 1987 y Piedra, 1988. Posteriormente, una compañía privada ecuatoriana llamada “Minera Palmira Minpalca C.A” concesionó Mayuyacu y llevó a cabo muestreos y pruebas metalúrgicas, arrojando valores considerables. Esto ocasionó un gran interés por la minería en estas zonas. Otra investigación de importancia fue realizada por la Misión Belga con ayuda de INEMIN la cual se dio en 1994 – 1995. (PRODEMINCA, 2000)

En el año 2000, el Ministerio de Energía y Minas publicó un libro llamado “Evaluación de Distritos Mineros del Ecuador”, que comprende la estratigrafía, la geología estructural y las mineralizaciones del cantón Camilo Ponce Enríquez. Hoy en día existen varias investigaciones realizadas en este sector minero por varias universidades del Ecuador, como ESPOL, ESPOCH, Universidad Central, etc., cuyos estudiantes de la carrera de Ingeniería de Minas y/o Geología han realizado sus proyectos de graduación, enriqueciendo el cantón con los conocimientos adquiridos a lo largo de su carrera.

### **1.3 Justificación**

La producción del área minera “El Mirador” se realiza a través de varios niveles de galerías y pozos siguiendo el rumbo y buzamiento de la veta principal. La veta se encuentra colgando debajo de la falla activa que provoca inestabilidad en el macizo rocoso por la subsidencia que produce, generando un fenómeno denominado “Squeezing”. Este fenómeno produce un angostamiento del área transversal de las galerías y provocando desprendimiento de roca, causando problemas durante la explotación y generando riesgos laborales.

Por este motivo es necesario realizar un estudio geo mecánico para determinar la dirección de los esfuerzos que producen la subsidencia y la velocidad de su asentamiento para determinar zonas susceptibles a la subsidencia y el tipo de fortificación necesaria para garantizar la seguridad integral de los trabajadores, infraestructura, equipos y maquinaria.



#### **1.4 Planteamiento del Problema**

La necesidad de tener un estudio, que permita saber las zonas más susceptibles al asentamiento mediante un estudio geotécnico con el fin de proponer un sistema de fortificación, en la mina “El Mirador”

En las minas que conforman la AM-12 actualmente se ha observado graves problemas de desprendimiento de rocas dentro de las galerías mineras y/o colapso total de ellas, causando problemas durante la explotación y generando riesgos laborales. En la mina “El Mirador” se siente los efectos de esta subsidencia que es causado por la redistribución de los esfuerzos al tratar de alcanzar al equilibrio. Esto se produce por el peso litoestático que ejerce la columna de roca sobre las respectivas galerías y cámaras.

El desequilibrio de los esfuerzos en “El Mirador” produce desprendimiento de roca que podría causar colapso parcial o total de los niveles. Por este motivo es necesario realizar un estudio del asentamiento para determinar la velocidad del mismo y la dirección de los esfuerzos que lo producen. La información adquirida será útil para determinar las zonas susceptibles a sufrir un desprendimiento de rocas y el tipo de fortificación para evitar estos efectos.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Realizar un estudio geo mecánico de la mina “El Mirador” para proponer medidas de fortificación en las zonas donde exista mayor susceptibilidad de colapso, mediante la determinación de la velocidad de ocurrencia y la dirección de los esfuerzos de la subsidencia del macizo rocoso.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

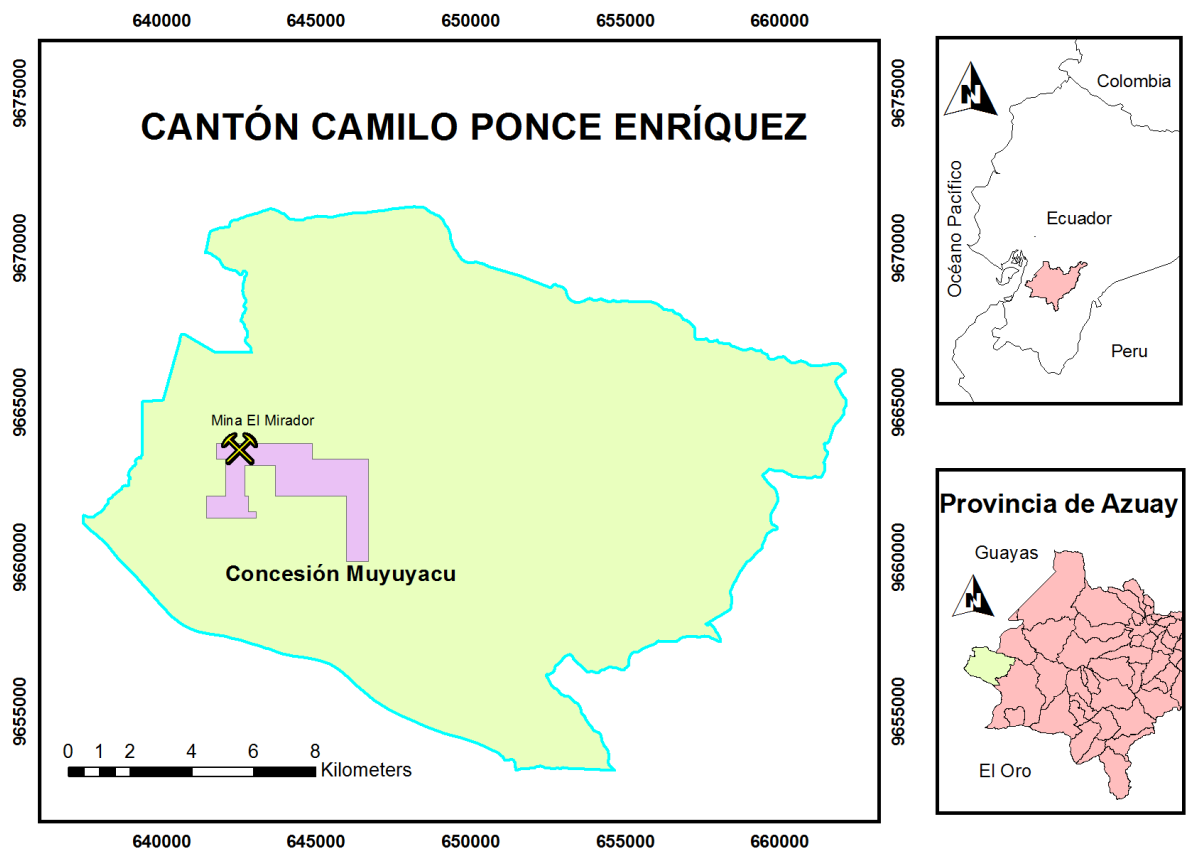
- Realizar un mapa planimétrico de la mina, indicando la calidad del macizo rocoso para determinar zonas de mayor susceptibilidad de desprendimiento de roca.
- Analizar la dirección de los principales esfuerzos que producen la subsidencia utilizando programas informáticos.
- Analizar la velocidad de la subsidencia del macizo rocoso mediante técnicas de auscultación topográfica.
- Proponer fortificación y sostenimiento en zonas susceptibles a sufrir desprendimiento de rocas o colapsos generados por la subsidencia ocurrida, para generar seguridad a los trabajadores, maquinaria y mineral de interés.

## **CAPÍTULO 2**

### **DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

## 2.1 Ubicación

La mina “El Mirador” se encuentra ubicada en el cantón Camilo Ponce Enríquez, al oeste de la provincia del Azuay cerca de los límites con Guayas y El Oro. “El Mirador” se asienta en la concesión minera Muyuyacu con un aproximado de 848.70 hectáreas mineras según ARCOM (figura 2.1).



**Figura 2.1** Mapa de ubicación de la mina  
**Fuente:** Duque, K., 2018

## **2.2 Demografía y situación socio-económica**

Según el último censo realizado en el año 2010 por el INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos), existe una población total de 21998 habitantes de los cuales el 53.86% de ellos son hombre y el restante 46.14% mujeres. (INEC, 2010).

Según Carillo y Astudillo (2011), el 35% de los habitantes del cantón se dedica a la minería siendo esta el principal sustento, mientras que la agricultura y ganadería tiene el 32% de los habitantes. El personal que trabaja en la explotación de minerales auríferos son todos masculinos con edades que fluctúan entre 18 a 30 años de edad de los cuales el 70% de ellos alcanza títulos de primer nivel.

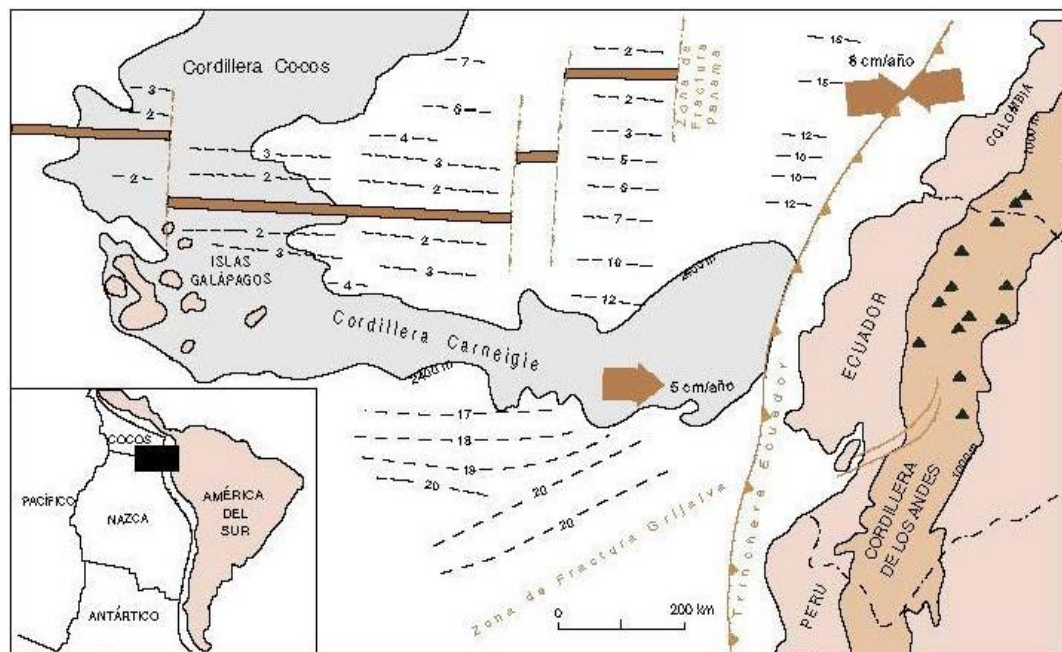
## **2.3 Clima**

La zona de Camilo Ponce Enríquez es caracterizada por tener un clima húmedo tropical que cuenta con dos estaciones climáticas, invierno y verano, con una temperatura y precipitación media anual de 25.1°C y 73.08 mm respectivamente (Calle & Ureña, 2014). Los meses de invierno (diciembre a abril) se caracterizan por ser una estación húmeda con una precipitación media máxima de 169 mm en el mes de febrero. En la estación de verano (mayo a noviembre) se caracteriza por ser una estación seca, siendo el mes de agosto el más seco con una precipitación media mínima de 25 mm.

## 2.4 Marco Geológico

### 2.4.1 Tectónica

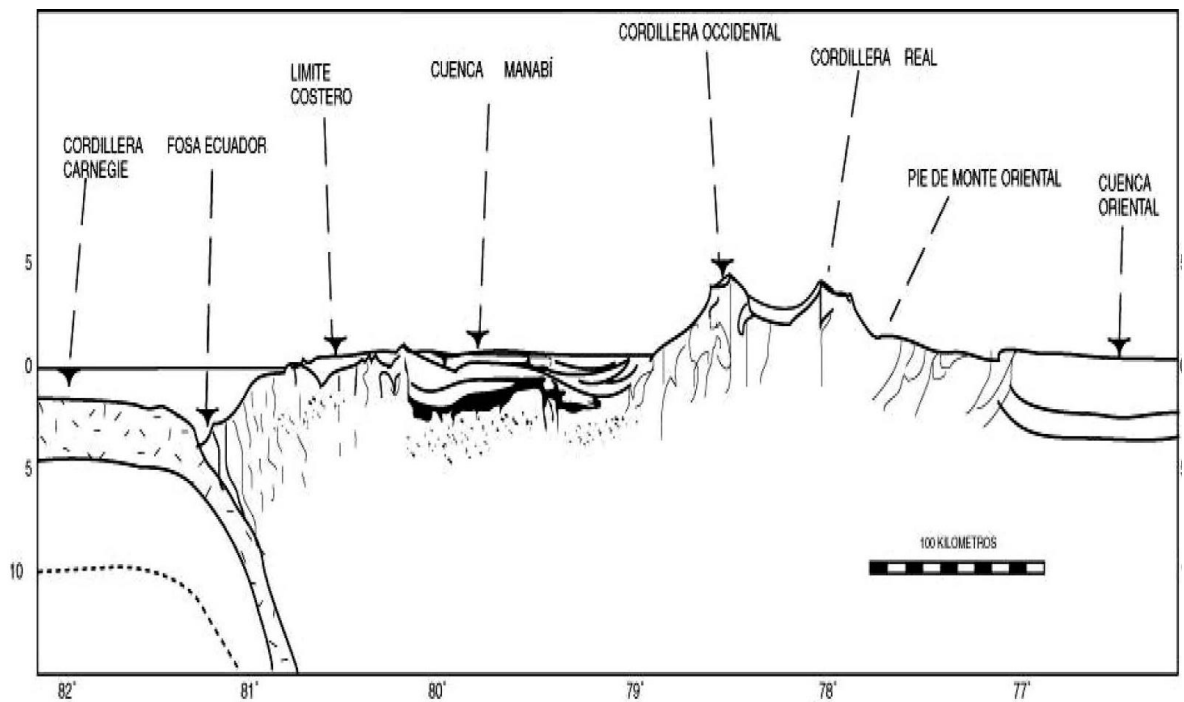
El Ecuador se encuentra cerca del límite donde convergen la placa Sudamericana y la placa de Nazca, esta última sufre un proceso de subducción con respecto a la otra (figura 2.2) que ocurre en sentido Oeste – Este generando esfuerzos ortogonales frente al país. Este movimiento tectónico se viene dando desde hace 70 millones de años y se calcula que en la actualidad tiene un desplazamiento de 5cm por año. (Nuñez del arco, 2003)



**Figura 2.2** La placa Nazca que sufre un proceso de subducción a la placa sudamericana

**Fuente:** Núñez del Arco, 2003

Esta subducción de las placas tiene como resultado múltiples esfuerzos tensionales, así como también esfuerzos de compresión que son los causantes del nacimiento de la Cordillera de los Andes con sus diferentes tipos de fallas, sismicidad y volcanismo. Como estos esfuerzos tienen una dirección W – E a lo largo del país, ellos generan estructuras compresivas, tensionales y de cizalla con direcciones perpendiculares, N – S o NE – SW como se muestra en la figura 2.3 (Nuñez del arco, 2003).

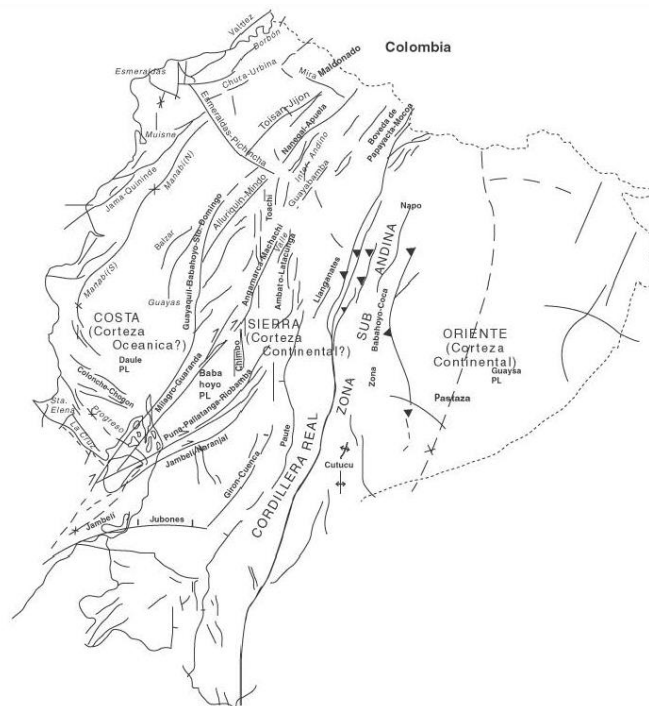


**Figura 2.3** Corte transversal del Ecuador  
**Fuente:** Núñez del Arco, 2003

En la figura 2.3 se puede observar la formación del arco magmático andino que se generó por procesos de subducción: El antearco que representa la costa ecuatoriana (cuencas de las provincias de Manabí, Esmeraldas y Guayas), el intraarco que representa la sierra y el transarco que representa la amazonia con su cuenca oriental. (Cuervas-Mons, 2015)

#### 2.4.2 Rasgos Estructurales

Como resultado del tectonismo, como se indica en el apartado anterior, Ecuador se ha dividido en 3 regiones con una dirección aproximada de 30°N de las cuales las 3 presentan rasgos estructurales distintos (figura 2.4) (Nuñez del arco, 2003).



**Figura 2.4** Rasgos estructurales más dominantes del Ecuador

**Fuente:** Núñez del Arco, 2003

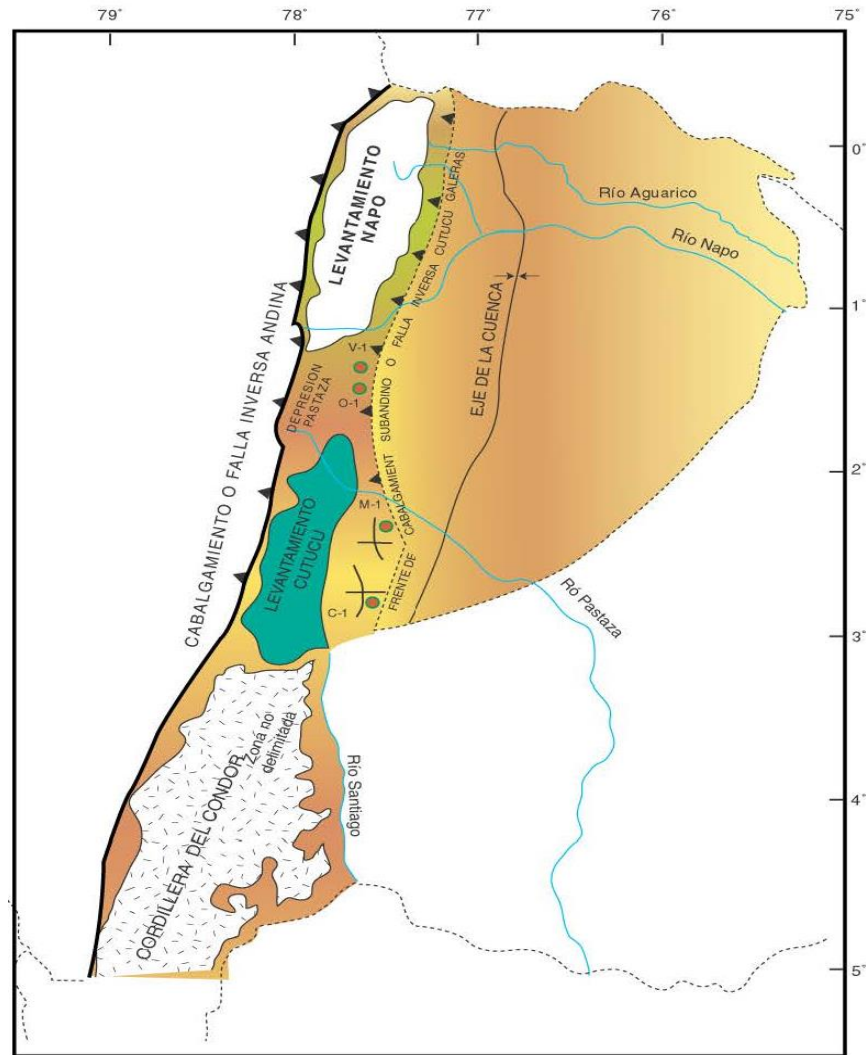


La Costa: Se encuentra delimitada al oeste por la fosa oceánica y al este por la falla que caracteriza esta región, la falla Guayaquil – Babahoyo – Santo Domingo – Toisán – Jijón – Maldonado. En la zona nor occidental y central de esta región se encuentran rasgos estructurales con direcciones de  $25^{\circ}\text{N}$  con lineamientos tectónicos en su interior con orientaciones de  $30^{\circ}\text{N}$  en donde se destaca la falla activa de Jama – Quinindé. En la parte sur de la costa también se pueden encontrar lineamientos tectónicos compresivos ortogonales a la antes mencionada. (Nuñez del arco, 2003)

La Sierra: Se limita al oeste por la falla Guayaquil – Dolores y al este por la falla Girón – Cuenca y un lineamiento de orientación  $35^{\circ}\text{N}$ . En esta región se han generado fallas subparalelas y subrectilíneas con direcciones preferenciales que son características del área. Al sur de esta región se limita por lineamientos con orientaciones de  $45^{\circ}\text{N}$  como las fallas Puna – Pallatanga – Riobamba y Jambelí – Naranjal. (Nuñez del arco, 2003)

El Oriente: Esta región se encuentra al este de la “Falla inversa Andina” que atraviesa Mera, Baeza y El Chaco continuando dirección NNE hasta el sur del Reventador, como se observa en la figura 2.5. En esta región se logra distinguir dos áreas:

- Zona Subandina: Esta zona de la región oriental se limita en el Oeste por la falla inversa andina y al este por la falla inversa Cutucu Galeras como se puede observar en la figura 2.5. Esta falla inversa de Cutucu constituye un conjunto de fallas inversas profundas de aproximadamente 10 km y está casi perpendicular a la dirección del empuje tectónico. (Nuñez del arco, 2003)
- Zona de la cuenca oriental: esta zona se conoce directamente como el oriente y se conoce por una su amplia depresión con un eje en orientación norte – sur que pasa por las regiones de Napo y Pastaza. (Nuñez del arco, 2003)

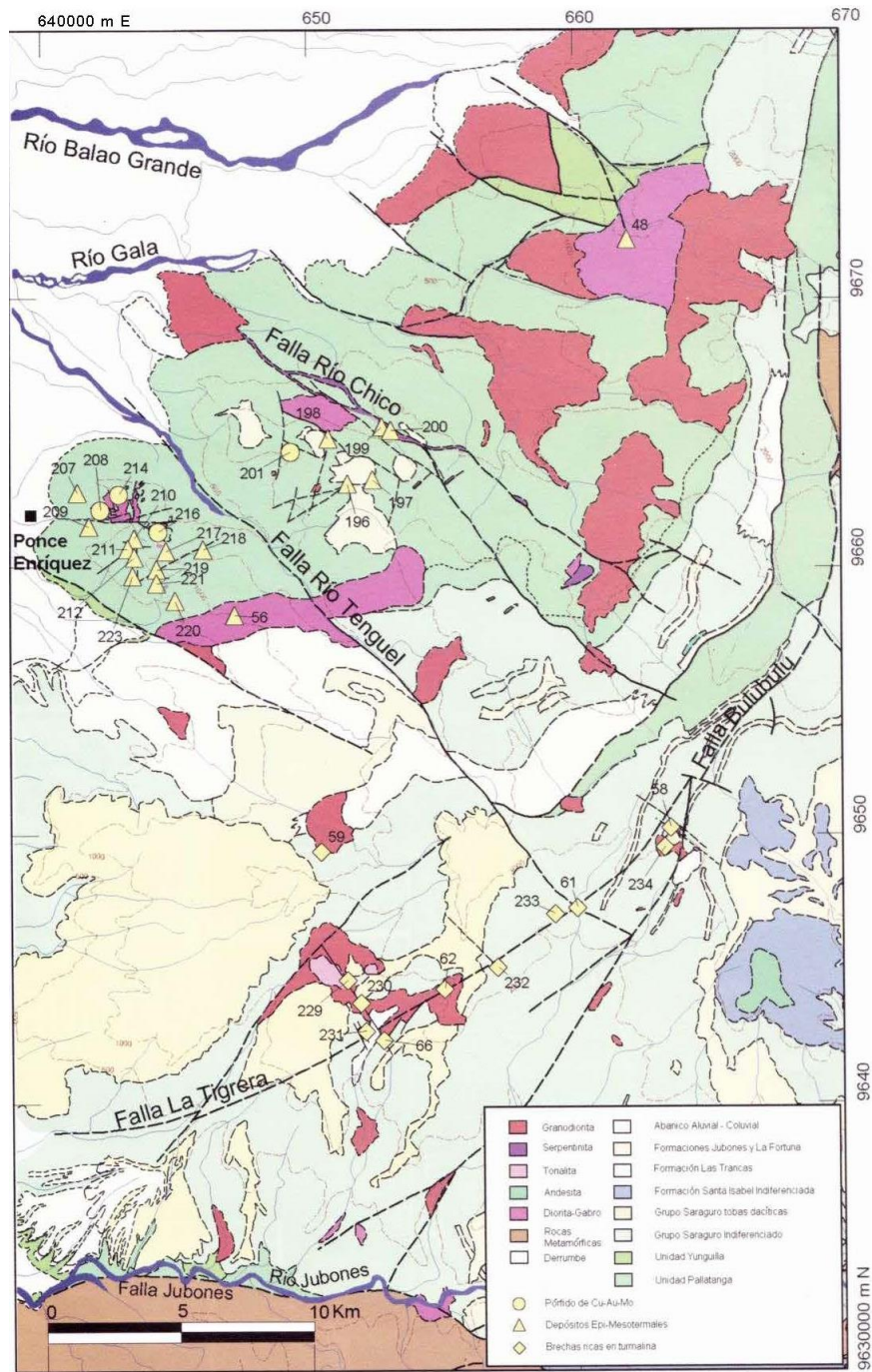


**Figura 2.5** Zona Subandina y Cuenca Oriental

**Fuente:** Núñez del Arco, 2003

Referente a la geología estructural de la zona de estudio, esta se encuentra ubicada en un área fracturada por un sistema de fallas principales como la falla del Río Tenguel al NE y la falla Margarita al SW, ambas en dirección NW – SE, con sus respectivas fallas subverticales (Sistema de fallas A).

Junto con el sistema de fallas A se encuentra otro conjunto de fallas con tendencia verticales en sentido W – E y NE – SW (Sistema de fallas B), un subconjunto de estas fallas es cortado por la falla Margarita procediendo a desplazarlas. El sistema de Fallas B está asociada a intrusiones granodioríticas por lo que dio lugar a la fracturación. Las fallas principales del sistema A se formaron gracias a los esfuerzos generados por la subducción con dirección W – E y mineralizaciones dentro de las fracturas mencionadas con direcciones WNW – ESE, NW – SE y N – S (figura 2.6). (Cuervas-Mons, 2015)

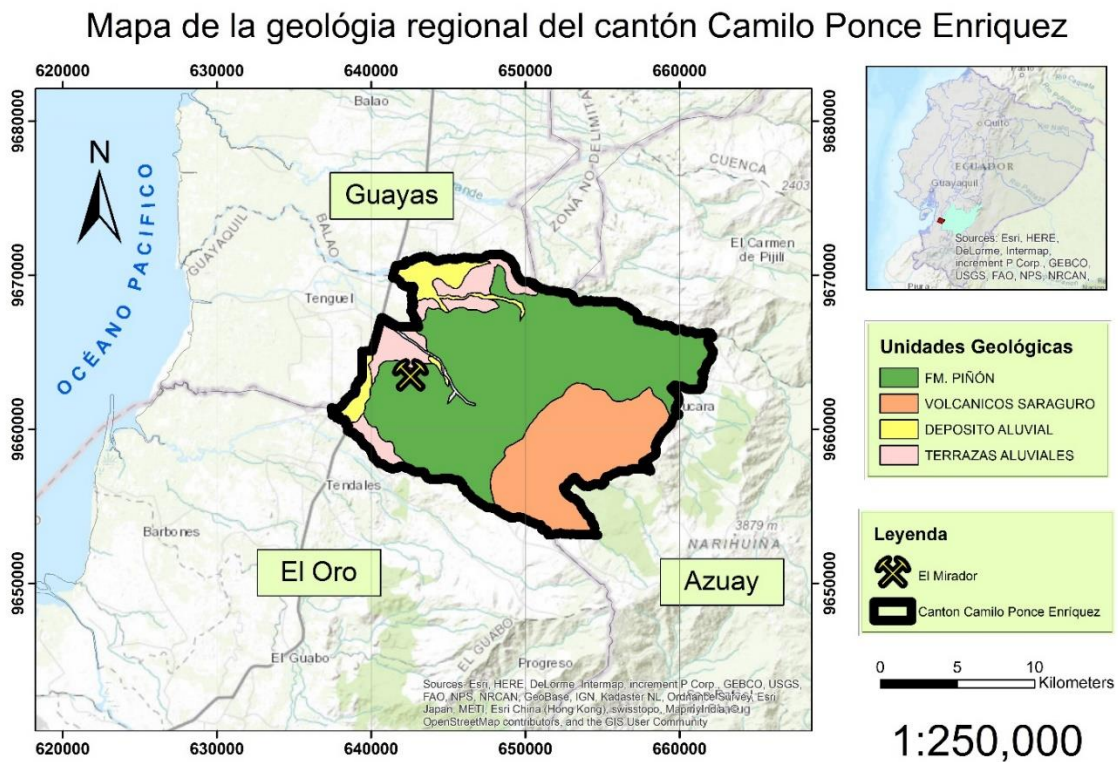


**Figura 2.6** Mapa geológico del distrito minero Azuay  
**Fuente:** PRODEMINCA, 2000

### 2.4.3 Geología regional

El cantón Camilo Ponce Enríquez se encuentra localizado al oeste de la provincia de Azuay, delimitado por: Guayas en el norte y El Oro en el sur como se muestra en la figura 2.7. La formación predominante de este cantón es la formación Piñon o también denominada como la formación Macuchi en la región de la sierra por estar ubicado en la cordillera occidental. La litología de esta unidad está compuesta por areniscas volcánicas de grano grueso, brechas, tobas, hialoclastitas, limolitas volcánicas, microgabros, basaltos andesíticos subalcalinos de afinidad toleítica a calc-alina, lavas en almohadillas, escasas calcarenitas relacionadas a arcos de islas y procesos de subducción. (Duque, 2000)

La formación rocosa volcánica de Saraguro cubre en su mayoría la parte sur de la cordillera occidental y parte de ella descansa sobre la unidad Pallatanga. En esta formación predomina una composición andesítica a dacíticas. Se pueden encontrar rocas calc-alcálicas intermedias a ácidas. (Duque, 2000)



**Figura 2.7** Mapa de ubicación de la zona  
**Fuente:** Duque, K., 2018

#### 2.4.4 Geología de la zona

La mina “El Mirador” se ubica dentro de la formación Piñón de la sierra o Macuchi, la cual cubre en su mayoría a la cordillera occidental y se denomina Macuchi por el pueblo que se encuentra en la ruta La Maná – Latacunga. Esta unidad, según Duque – 2000, tiene una secuencia de arcos submarinos volcanoclásticas en su mayoría sedimentarias con volcánicos intercaladas de posibles lavas. La formación se puede interpretar como un arco de islas en donde sus facies son resultados de

actividad volcánica submarina. No existe mucha evidencia paleontológica, tiene silos de andesita basáltica que atraviesan la secuencia de edades de 36 a 42 Ma y a su vez grupo de plutones I de edades de 14 a 35 Ma. (Duque, 2000)

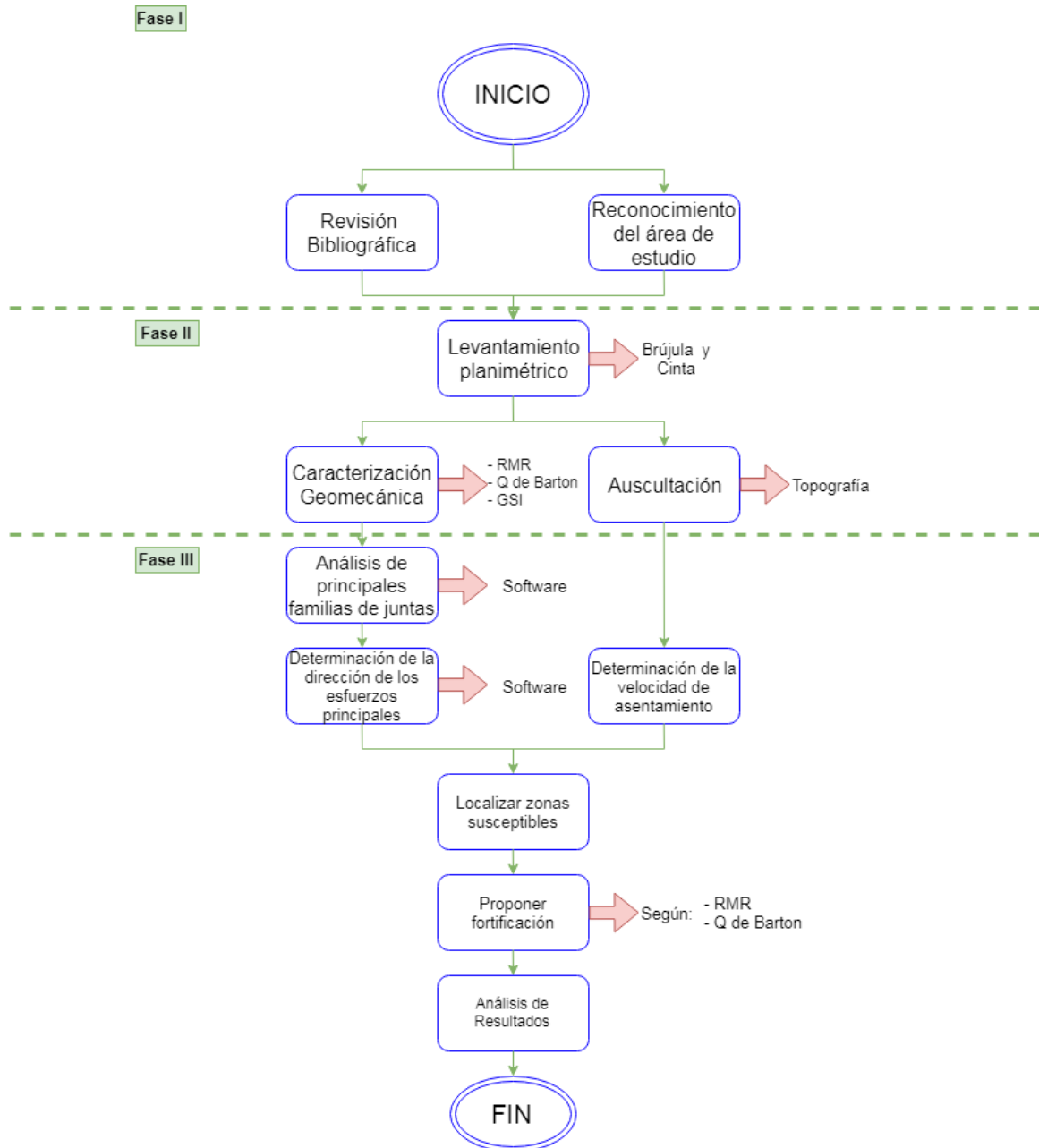
La formación está compuesta por areniscas volcánicas, limolitas, tobas turbidíticas redepositadas y lavas andesíticas, andesitas basálticas, volcanoclásticos gruesos (brechas) y sedimentos clásticos de grano fino. Las lavas pueden variar desde porfiríticas de grano fino masivas a vesiculares o almohadillas en donde la mayoría son de origen marino. Las rocas de esta unidad son de colores gris verdoso, compactas y duras con estratos de tipo volcanoclásticos de gran tamaño. Esta formación se considera ser de la edad cretácica superior. (Nuñez del arco, 2003)



# **CAPÍTULO 3**

## **METODOLOGÍA y MARCO TEÓRICO**

### 3.1 Metodología



**Figura 3.1** Flujograma de la metodología

**Fuente:** Duque, K., 2018

➤ **Fase 1: Revisión Bibliográfica**

- Revisión Bibliográfica: Revisión de antecedentes y trabajos realizados en la zona de estudio.
- Reconocimiento del área de estudio: Reconocimiento de la mina, el estado que se encuentra el macizo rocoso y la geología estructural de la zona.

➤ **Fase 2: Obtención de datos**

- Levantamiento planimétrico: Para el levantamiento planimétrico se utilizó brújula y cinta, a su vez se realizó un levantamiento tridimensional para futuras investigaciones.
- Caracterización Geomecánica: Determinación de las propiedades estructurales del macizo rocoso en cada EGM así como también un mapeo geomecánico de las discontinuidades. Se propuso establecer una EGM por cada cambio observado en la roca. Si no se observaban cambios entonces solo se ubicó una estación por cada nivel y una por acceso a niveles. Existen zonas donde no se establecieron EGMs por su alta peligrosidad.
- Auscultación: Mediante la ayuda de equipos topográficos se midió el movimiento del macizo rocoso eligiendo puntos estratégicos para su medición semanal, la cual consistía en medir las coordenadas (X, Y, Z) de cada EGM existente. Debido a las condiciones de riesgo dentro de los

diferentes niveles o se pudieron colocar todas las EGMs que requerían ya que los lapsos de tiempo utilizado para tomar dichas medidas están en el orden de 40 minutos. Los puntos de control fueron elaborados con impresoras 3D de material acrílico en forma cuadrada con una dimensión de 20x20 mm. Estos fueron pegados a la pared de la mina utilizando epóxico ET-22 de alta resistencia. Para una medición adecuada se optó por utilizar un miniprisma.

➤ ***Fase 3: Trabajo de gabinete***

- Análisis de las principales familias de diaclasas: En este proceso se estableció el número de familias principales que se encuentra en cada EGM. Para este proceso se utilizó el software DIPSv6.
- Determinación de la dirección de los principales esfuerzos: Para la determinación de los esfuerzos principales que ejercen el movimiento del macizo rocoso, se utilizaron las coordenadas iniciales y finales de los puntos de control tomados en campo. Con los datos se obtiene un vector de dirección del desplazamiento que es el esfuerzo real mientras que también se analizó las direcciones de los esfuerzos principales de manera teórica utilizando el software DIPSv6.
- Determinación de la velocidad de asentamiento: Para el cálculo de la velocidad del asentamiento se determinó de manera semanal, el

desplazamiento de los puntos de control mediante sus coordenadas iniciales y finales.

$$Velocidad\ de\ asentamiento = \frac{Z_{final} - Z_{inicial}}{\#\ de\ semillas\ que\ se\ tomo\ datos} \quad \mathbf{Ec. 1}$$

- Localizar zonas susceptibles: Se definió las zonas de la mina más inestables mediante clasificaciones geomecánicas y se lo representa en un mapa planimétrico de la mina.
- Proponer fortificación: Se propuso fortificación a la mina según la calidad del macizo rocoso, utilizando ábacos de las clasificaciones geomecánicas RMR y Q de Barton.
- Análisis de resultados: Por medio de los resultados se infirió lo que sucede en el área de estudio y la causa del asentamiento que ocurre.

## 3.2 Marco Teórico

En este capítulo se describirá los diferentes conceptos principales utilizados para este trabajo de investigación, así como también el método utilizado para la auscultación de la subsidencia.

### 3.2.1 Estación Geomecánica

Se denomina EGM a un conjunto ordenado de observaciones geomecánicas (orientación de discontinuidades, litología, etc.) realizada en un entorno con objeto de valorar las características de un macizo rocoso. (Jordá, 2016)

Para el estudio de las EGM se usó una plantilla de datos que incluía direcciones de buzamientos, buzamientos y parámetros de las discontinuidades, así como también características del macizo rocoso. De cada una de estos EGM se realizará una caracterización para determinar la calidad de la roca mediante la Q de Barton, RMR y GSI.

**Tabla I:** Grado de Meteorización

<b>Clase</b>	<b>Término</b>	<b>Descripción</b>
<b>I</b>	Fresco	No aparecen signos visibles de meteorización, tal vez ligera decoloración en las grandes superficies de discontinuidad.
<b>II</b>	Ligeramente Meteorizado	Todo el conjunto rocoso está decolorado por meteorización. La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad.
<b>III</b>	Moderadamente Meteorizado	Menos de la mitad del macizo aparece descompuesto o transformado en suelo. A roca fresca o decolorada aparece de forma continua o como núcleos aislados.
<b>IV</b>	Altamente Meteorizado	Más de la mitad del macizo aparece descompuesto o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece de forma discontinua o como núcleos aislados.
<b>V</b>	Completamente Meteorizado	Todo el macizo aparece descompuesto o transformado en suelo. Se conserva la estructura original del macizo rocoso.
<b>VI</b>	Suelo Residual	Todo el material rocoso se ha transformado en suelo. Se ha destruido la estructura del macizo rocoso y la fábrica del material. Existe cambio de volumen pero el suelo no se ha transportado significativamente.

**Fuente:** ISRM, 1981

### 3.2.1.1 Estructura Geológica

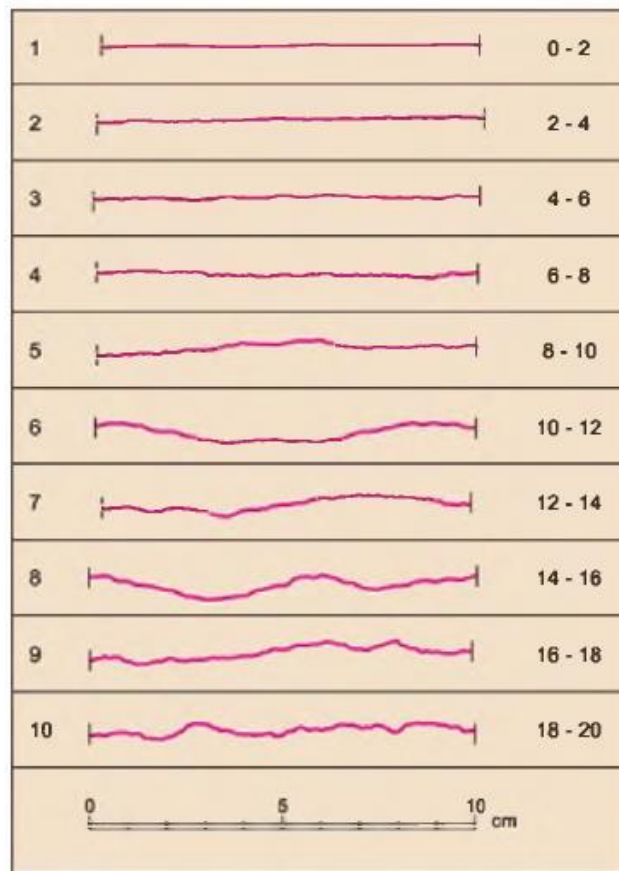
Los aspectos del macizo rocoso usados para este estudio geomecánico son los siguientes:

- *Identificación geológica* (características mineralógicas y petrográficas, dureza, color y granulometría)
- *Fracturas por metro lineal ( $\lambda$ )*: Indica el número de diaclasas o fracturas que se encuentra en el macizo de la EGM de manera vertical y horizontal.
- *Meteorización*: Este parámetro indica el grado de descomposición de la superficie del macizo rocoso (Gonzalez de Vallejo, 2002). (Tabla I).
- *Resistencia a compresión simple*: Este parámetro se obtiene a partir de ensayos uniaxiales y se define como el máximo esfuerzo que puede soportar el macizo que está sometida a una compresión uniaxial (Gonzalez de Vallejo, 2002).
- *Discontinuidades*: Según González de Vallejo, 2002; comprenden los planos en el macizo rocoso donde se produce una fracturación que puede producir un movimiento de la roca. La existencia de sectores inestables en los túneles se debe a las

características de las discontinuidades y los parámetros para su reconocimiento son:

- *Espaciado*: Medida perpendicular a la diaclasa que determina la separación media de las diaclasas
- *Continuidad*: Estimación de cuan largo se extiende el plano de discontinuidad
- *Apertura*: Distancia perpendicular a las caras de las diaclasas.
- *Rugosidad*: Es la presencia de irregularidades del plano de discontinuidad que determina la resistencia al corte. Se puede determinar utilizando una herramienta llamada peine de Barton en donde se analiza la diaclasa con respecto a al figura 3.1.





**Figura 3.2** Perfiles tipo para estimar el coeficiente de rugosidad

**Fuente:** González de Vallejo, 2002

- *Relleno*: Material que se encuentra dentro de las diaclasas.
- *Presencia de agua*: Describe la cantidad de agua que se presenta en el afloramiento (Seco, Ligeramente Húmedo, Húmedo, Goteando, Fluyendo) (Cuervas-Mons, 2015)



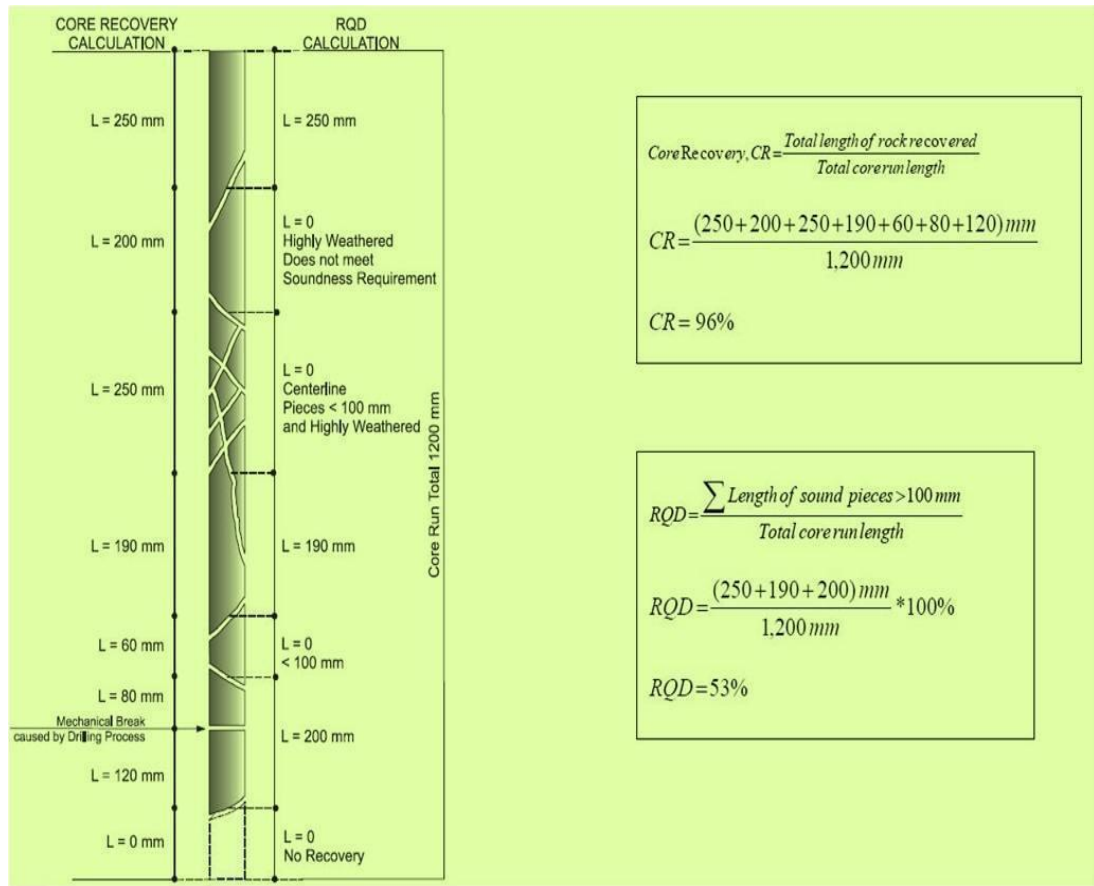
**Figura 3.3** Representación esquemática de las propiedades de las discontinuidades

**Fuente:** González de Vallejo, 2002

### 3.2.2 Clasificaciones Geo mecánicas

#### 3.2.2.1 RQD

Rock Quality Designation (RQD) (Deere, 1967) se basa en obtener un valor de la calidad de la roca mediante un testigo en donde se obtiene un porcentaje de fragmentación de este. Se escoge las piezas del testigo con longitudes mayores a 10 centímetros. La suma de estas longitudes se relaciona con la longitud total del testigo.



**Figura 3.4** Obtención del RQD de un testigo  
**Fuente:** CivilBlog

En este proyecto no se usó testigos de sondeos, por lo que se procedió a usar el método de Índice de Fracturas por metro lineal ( $\lambda$ ) (Priest & Hudson, 1981), donde  $\lambda$  representa el número de fracturas visibles en un metro lineal, con un flexómetro (Figura 3.3), de macizo rocoso ya sea vertical y horizontal para obtener

un RQD mínimo y otro máximo. Para este método se usa la siguiente expresión:

$$RQD = 100 * e^{-0,1\lambda} * (0,1\lambda + 1) \quad \text{Ec. 2}$$

Una vez calculado el RQD mínimo y máximo se puede obtener un rango de la calidad del macizo rocoso según la tabla II (Deere, 1967).

**Tabla II:** Calidad del macizo rocoso según RQD, según Deere 1967

RQD%	Calidad Macizo Rcoso
<25%	Muy Mala
25% - 50%	Mala
50% - 75%	Media
75% - 90%	Buena
>90%	Muy Buena

**Fuente:** Deere, 1967

### 3.2.2.2 Q de Barton

La Q de Barton (N. Barton, 1974) es un sistema de clasificación del macizo rocoso donde se expresa como :

$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

- $J_n$ : Grado de fracturación que existe en el macizo
- $J_r$ : Índice de rugosidad
- $J_a$ : Índice de alteración de macizo

- *J<sub>w</sub>*: Coeficiente reductor por presencia de agua
- *SRF*: Stress Reductor Factor, coeficiente de influencia del estado tensional a que se encuentra el macizo rocoso
- *RQD*: se tendrá 2 valores de RQD y por ende 2 valores de Q a su vez, uno mayor y otro menor.

La ecuación de Q de Barton se puede observar que la relación de RQD y *J<sub>n</sub>* describen el tamaño del bloque al analizar, mientras que *J<sub>r</sub>* y *J<sub>a</sub>* precisan la resistencia al corte de los bloques. Por último, la influencia del estado tensional del macizo lo estiman *J<sub>w</sub>* y *SRF*. (Cuervas-Mons, 2015)

Posteriormente se valoran los parámetros de la ecuación anterior utilizando tablas normalizadas que se encuentran en el Anexo A (A.1 al A.5). Para los valores de *J<sub>n</sub>* se requiere dibujar las discontinuidades en un software y determinar la cantidad de familias que existen.

Para obtener el valor de *SRF* se utiliza a siguiente:

$$\sigma_c / \sigma_1 \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

$\sigma_c$ : Esfuerzo de la compresión de la roca (RCS)

$\sigma_1$ : Esfuerzo de la columna lito estática (densidad de la roca \* profundidad)

Una vez valorizadas las características de las diaclasas se procede a calcular la Q de Barton en donde el resulta de la ecuación nos indica la calidad del macizo rocoso en cada EGM (Tabla III).

**Tabla III:** Calidad de la roca según Q de Barton

<b>Calidad</b>	<b>Q</b>
Excepcionalmente Mala	0.001-0.01
Extremadamente Mala	0.01-0.1
Muy Mala	0.1-1
Mala	1-4
Media	4-10
Buena	10-40
Muy buena	40-100
Extremadamente Buena	100-400
Excepcionalmente Buena	400-1000

**Fuente:** N, Barton, 1974

### 3.2.2.3 RMR

Rock Mass Rating (Bieniawski, 1989) se utiliza para estimar una calidad de un macizo rocoso, donde se puede obtener un rango de RMR entre 0 y 100 (Tabla IV). Para calcular este valor se utiliza los siguientes 5 parámetros :

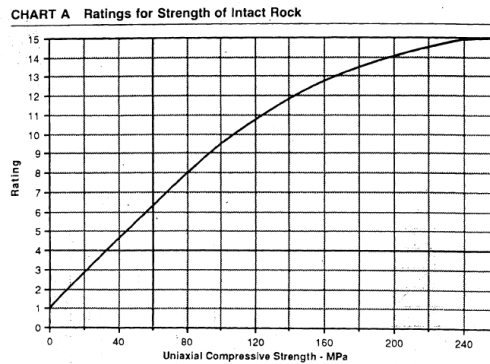
1. P1: Resistencia a compresión simple (máximo puntaje: 15)

2. P2: Porcentaje de fragmentación obtenida por el RQD mayor y otro menor (máximo puntaje: 20)
3. P3: El espaciamiento que existe entre las juntas (máximo puntaje: 20)
4. P4: Este parámetro se basa en el estado que se encuentra las juntas: Persistencia, apertura, rugosidad, relleno y grado de alteración. (máximo puntaje: 30)
5. P5: Presencia de agua (máximo puntaje:15)
6. Factor de corrección que se basa en la orientación de las juntas principales con respecto a la excavación. (RMRC)

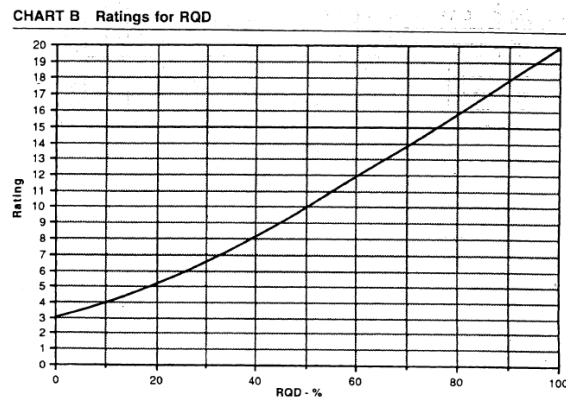
$$RMR_b = P1 + P2 + P3 + P4 + P5 \quad \text{Ec.5}$$

Para la determinación de los parámetros 1 a 5 se utiliza una tabla normalizada de Bieniawski (Anexo A, A.6) en donde en base a rangos de medidas preestablecidas de los parámetros, se obtiene un valor para cada uno de ellos. Bieniawski elaboró ábacos para los primeros 3 parámetros y así tratar de minimizar posibles errores en los umbrales (figuras 3.4, 3.5 y 3.6), *“Los ábacos son útiles para los casos límite y también eliminan la impresión de que*

se producen cambios abruptos en las calificaciones entre categorías” (Bieniawski, 1989).



**Figura 3.5** Ábaco para determinar el valor del P1  
**Fuente:** Bieniawski, 1989



**Figura 3.6** Ábaco para determinar el valor del P2  
**Fuente:** Bieniawski, 1989



CHART C Ratings for Discontinuity Spacing

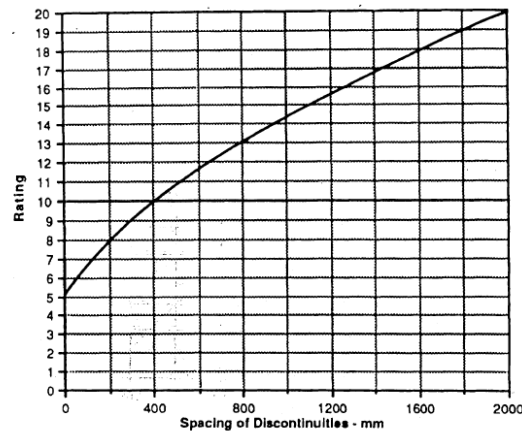


Figura 3.7 Ábaco para determinar el valor del P3

Fuente: Bieniawski, 1989

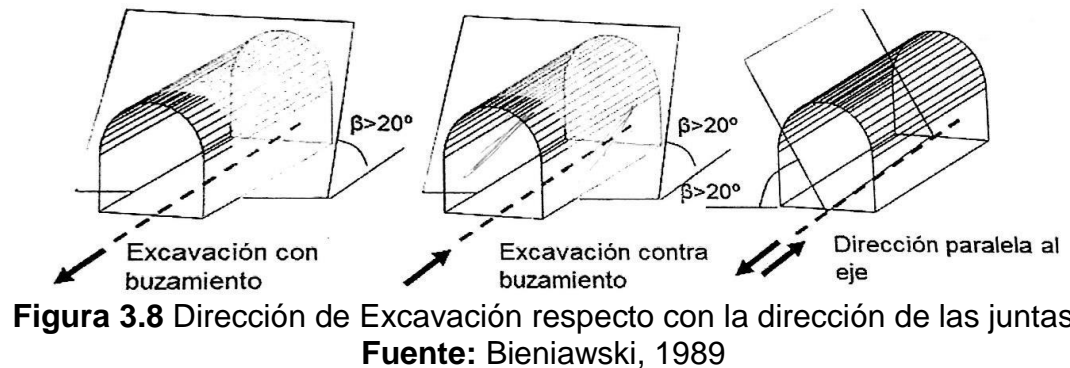
Para determinar el factor de corrección se requiere saber el ángulo de inclinación de la familia de discontinuidad más importante con respecto al eje de la tunelación de cada EGM (Figura 3.7) y de esta manera con la tabla encontrada en el Anexo A, Anexos A.7 a A.9 se valoriza el  $RMR_c$  y así obteniendo el  $RMR$  mayor y menos de cada caso.

$$RMR = RMR_b + RMR_c \quad \text{Ec. 6}$$

Tabla IV: Clasificación de calidad de la roca usando  $RMR$ 

CLASE	I	II	III	IV	V
CALIDAD	Muy Buena	Buena	Media	Mala	Muy Mala
RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0

Fuente: Bieniawski, 1989



**Figura 3.8** Dirección de Excavación respecto con la dirección de las juntas  
**Fuente:** Bieniawski, 1989

#### 3.2.2.4 GSI

Esta clasificación geomecánica fue propuesta por Hoek (1994) y Hoek et al. (1995) para la amplificación del rango del cual se puede aplicar el criterio de rotura generalizado (Gonzalez de Vallejo, 2002) y a su vez proporcionar un sistema para la estimación de la reducción en la resistencia de la roca en diferentes condiciones (Hoek & Brown, 1997).

La estimación del valor del GSI se hace mediante su grado de fracturación y el estado de las juntas (Anexo A, Anexo A.10 y A.11). En campo se observa el grado de fracturación del macizo rocoso con sus respectivas diaclasas y el estado de las juntas de la roca, identificando el más parecido en su descripción en la tabla de GSI para cada uno de ellas. Hecho esto se interseca ambos y se obtiene un valor de este parámetro según las líneas en la

tabla. Según el GSI, su grado de fracturación puede estar en función de 4 tipos de estructuras:

- Bloques Regulares: Macizo roco fracturado en forma de cubos y sin alterar, formadas por 3 planos de discontinuidad ortogonales.
- Bloques Irregulares: Macizo rocoso fracturado y medianamente alterado en donde se forman bloques irregulares y angular por 4 o más familias.
- Bloques y Capas: Macizo rocoso alterado en donde se puede distinguir en forma de capas algunos bloques
- Fracturación Intensa: Macizo rocoso altamente fracturado con bloques de forma angulosa y/o redondeada con presencia de finos.

Según el estado de las juntas (rugosidad y meteorización):

- Muy Buena: Muy rugosas, no alteración
- Buena: Rugosas, ligeramente alteradas con presencia de oxidación
- Media: Onduladas, medianamente meteorizadas
- Pobre: Lisas, meteorizadas con relleno compacto de roca triturada

- Muy Pobre: Lisas, muy meteorizadas con relleno de arcilla

### 3.2.3 Sostenimiento y Fortificación

#### 3.2.3.1 Según Q de Barton

Para el sostenimiento según el criterio de Barton se deben estimar los siguientes dos parámetros geomecánicos:

- ESR (Excavation Support Ratio): Este parámetro es un factor que depende netamente del tipo de excavación de la tunelación (NGI, 2015). Para valorizar el ESR se utiliza la tabla V.

**Tabla V:** Valores de ESR

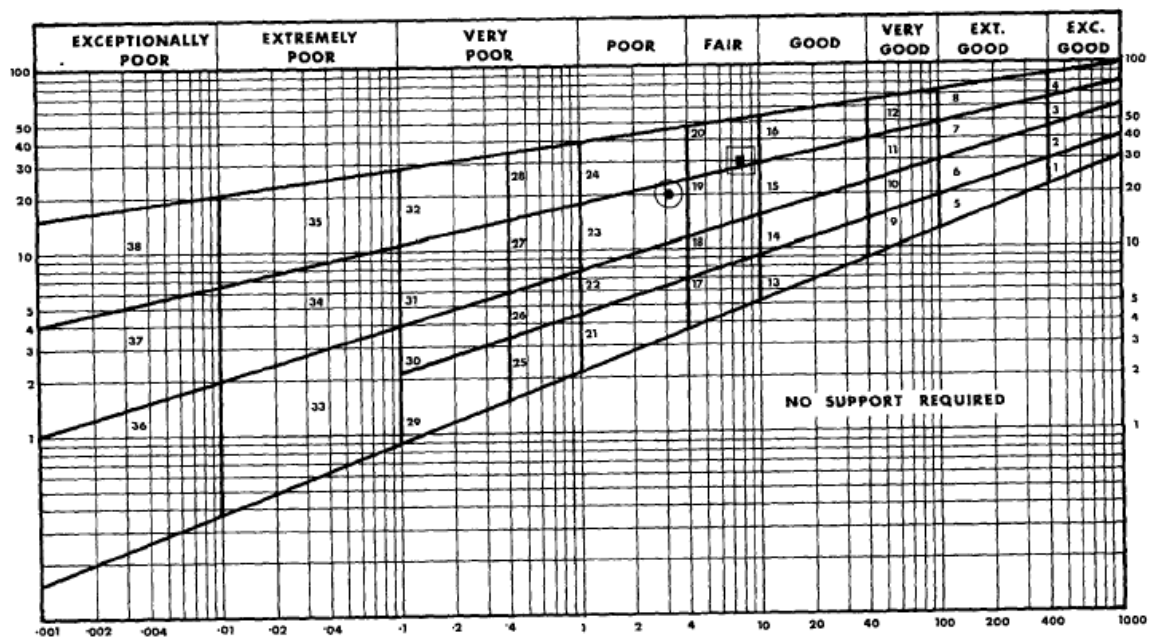
Tipo de Excavación		ESR
A	Labores mineras de carácter temporal	3-5
B	Pozos verticales: -Sección circular -Sección rectangular/cuadrada	2,5 2
C	Huecos mineros permanentes, túneles de centrales hidroeléctricas, de suministro de agua, túneles piloto, galerías de avance en grandes excavaciones	1,6
D	Túneles menores de carretera y ferrocarril, chimeneas de equilibrio, túneles de acceso, colectores	1,3
E	Centrales eléctricas subterráneas, cámaras de almacenamiento, plantas de tratamiento de aguas, túneles importantes de carreteras primarias y de ferrocarril, refugios subterráneos para defensa civil, emboquilles e intersecciones de túneles	1
F	Centrales nucleares subterráneas, estaciones de ferrocarril, instalaciones públicas y deportivas, fábricas	0,8
G	Cavernas muy importantes y huecos subterráneos con una duración de vida larga, ~ 100 años o sin acceso para mantenimiento	0,5

**Fuente:** NGI, 2015

- Diametro Equivalente: este valor se obtiene con la relación del ancho o alto de la galería en metros con el ESR.

$$\text{Diametro equivalente} = \frac{\text{Ancho, alto o radio en metros}}{\text{ESR}} \quad \text{Ec. 7}$$

Con la intersección de Q obtenida mediante el cálculo de sus parámetros y el diámetro equivalente en el ábaco se puede estimar el sostenimiento. El ábaco original se presenta a continuación:



**Figura 3.9** Ábaco original de sostenimiento de Q de Barton

**Fuente:** Barton, N., 1974

Se debe ubicar en que región se encuentra el estado de la mina intersectando la relación del ancho de la mina con su ESR y el

valor de Q calculado. Cada región en el ábaco indica el tipo de fortificación necesaria para la tunelación en donde se hizo la caracterización geomecánica. En el Anexo A, Anexos A.12 a A.16 se encuentra las diferentes regiones del ábaco original de Barton con su respectiva fortificación.

### **3.2.3.2 Según RMR de Bieniawski**

Para el sostenimiento utilizando RMR se debe tomar en cuenta el valor del RMR y el ancho de la excavación. En este ábaco proporcionado por Bieniawski, se debe primero fijar en el valor del ancho de la excavación e intersectarlo con las líneas diagonales que representan la calidad del macizo rocoso (RMR), y de esta manera estimar el tiempo que puede resistir la excavación sin sostenimiento.

Para el tipo de fortificación se debe tomar en cuenta el RMR (Tabla VI) en el cual indica la anchura recomendada de la excavación, así como también el sostenimiento que debe colocar dependiendo de la calidad del macizo.

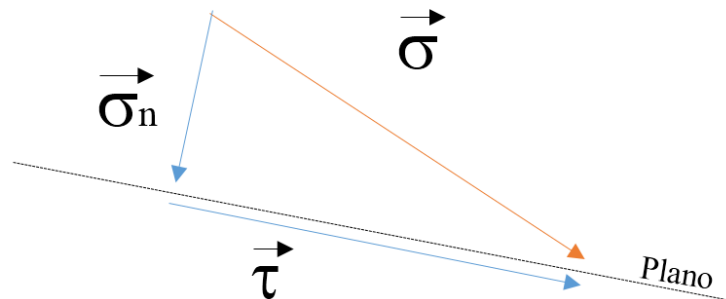
**Tabla VI:** Categorías de fortificación según su RMR, (Ruiz, 2000)

CLASE	RMR	EXCAVACIÓN (PASE)	Sostenimiento		
			Bulones (Longitud en m)	Hormigón Proyectado	Cerchas Metálicas
I Muy Buena	81 – 100	Sección Completa (3m)	OCASIONALMENTE	No necesario	No necesario
II Buena	61 – 80	Sección Completa (1 - 1.5m). Sostenimiento terminado a 20 m del avance	Localmente en clave L=3M. Espaciado a 2.5 m con mala ocasional	50 mm en clave donde sea necesario	No necesario
III Media	41 – 60	Avance y destroza. (1.5 - 3 m en avance). Sostenimiento empezado en el frente y terminando a 10 m del frente	Sistemáticamente en clave y hastial. L=4m. Espaciados 1.5 a 2 m. Malla en clave	50-100 mm en clave. 30mm en hastiales	No necesario
IV Mala	21 – 40	Avance y destroza. (1.0 - 1.5 m en avance). Sostenimiento empezado simultáneamente con la excavación y hasta 10 m de frente	Sistemáticamente en clave y hastiales. L=4 a 5 m. Espaciados a 1 - 1.5 m. Con malla	100 - 150 mm en clave. 100 mm en hastiales	Ligeras a medias, espaciadas a 1.5 m donde sea necesario
V Muy Mala	21 – 0	Galerías múltiples. (0.5 - 1.5 en avance). Sostenimiento simultaneo con la excavación. Hormigón proyectado inmediatamente después de la voladura.	Sistemáticamente en clave y hastiales. L= 5-6m. Espaciados a 1-1.5m. Con malla. Bulonar la contrabóveda	150-200 mm en clave. 150 mm en hastiales. 50 mm en el frente	Medias a pesadas, espaciadas a 0.75 m, con forro y longarinas donde sea necesario. Contrabóveda

Fuente: Ruiz, 2005

### 3.2.4 Resistencia y rotura

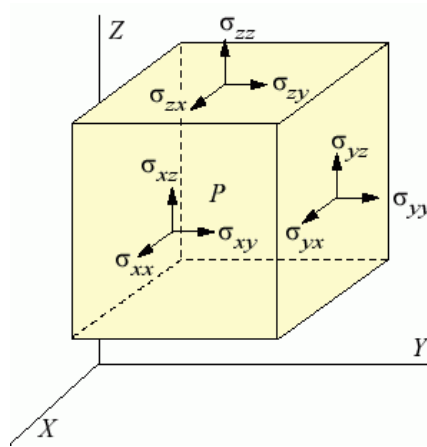
El comportamiento mecánico del macizo depende en su gran parte de las fuerzas aplicadas a este y la resistencia que tiene a estas fuerzas generando de esta manera un determinado estado tensional o un estado de los esfuerzos (Gonzalez de Vallejo, 2002). El esfuerzo al ser un tensor se puede descomponer en sus componentes tangenciales y normales, figura 3.9 (1 dimensión).



**Figura 3.10** Componentes del esfuerzo sobre un plano  
**Fuente:** Duque, K., 2018

Siguiendo este análisis para las tres dimensiones se puede obtener  $\sigma_{xx}$ ,  $\sigma_{yy}$  y  $\sigma_{zz}$  como los componentes normales, así como también los tangenciales  $\tau_{xy}$ ,  $\tau_{xz}$ ,  $\tau_{yz}$ ,  $\tau_{yx}$ ,  $\tau_{zx}$  y  $\tau_{zy}$  que los acompañan, figura 3.10 (Gonzalez de Vallejo, 2002).





**Figura 3.11** Tensiones en 3 dimensiones  
**Fuente:** González de Vallejo, 2002

Si se considera el cubo de la figura 3.10 en equilibrio, como es el caso del macizo, entonces se anularían los esfuerzos tangenciales y se quedarían solamente los normales. Estos esfuerzos normales, y ortogonales entre sí, se los consideran como los esfuerzos principales ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$ ) en el estado tensional del macizo rocoso que pueden producir deformación o una rotura al superar el esfuerzo que puede soportar el macizo. Donde:

$\sigma_1$  es el esfuerzo principal mayor

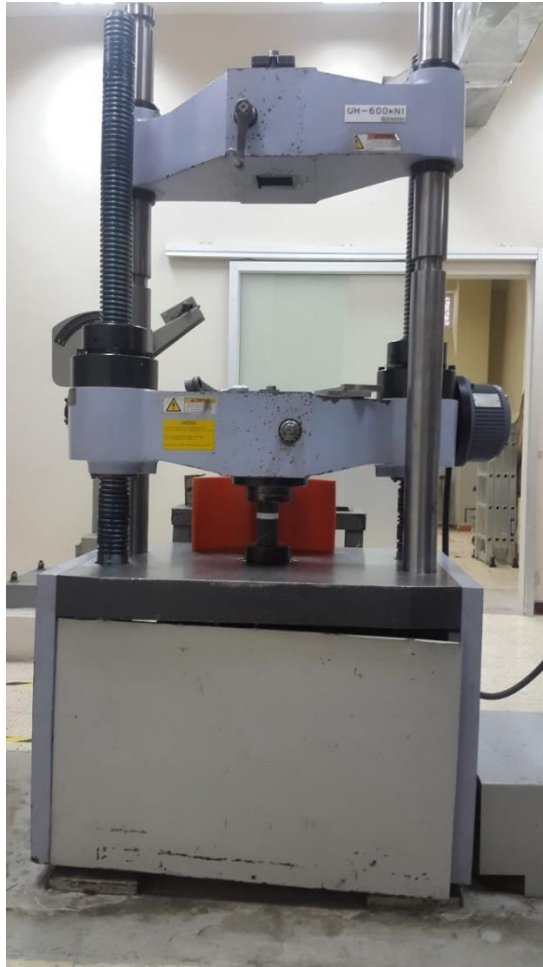
$\sigma_3$  es el esfuerzo principal menor

#### 3.2.4.1 Resistencia

La resistencia de la roca se define como el esfuerzo que soporta la roca a su deformación o rotura. Esta resistencia está en función de la cohesión y su ángulo de fricción, que son valores

específicos para cada tipo de roca. Sin embargo, la resistencia no es un valor único ya que también depende de la resistencia de los planos de discontinuidad de la roca, así como también su distribución. (Gonzalez de Vallejo, 2002)

La resistencia a la compresión simple (R.C.S) se define como el esfuerzo necesario para romper la roca que es sometida a una compresión uniaxial, la cual se puede determinar en el laboratorio con ensayos y este valor se emplea para la clasificación geomecánica de la roca. Este simula un esfuerzo principal mayor diferente de cero y los demás iguales a cero. El ensayo de compresión simple o uniaxial se lo realiza a una probeta cilíndrica obtenida de una muestra del macizo rocoso, al que se le aplica de manera gradual un esfuerzo uniaxial hasta producir su rotura. (Gonzalez de Vallejo, 2002). Otro dato a registrar de este ensayo es la dirección de la rotura que se mide con la ayuda de una brújula con respecto al norte real de la muestra en el lugar que se lo obtuvo.



**Figura 3.12** Máquina de ensayo uniaxial en LEMAT utilizado para la investigación  
**Fuente:** Laboratorio LEMAT., 2018

En teoría, si se conoce la relación entre las tensiones principales que como resultado genera un nivel de deformación entonces se puede predecir el comportamiento de una roca siempre y cuando sea homogénea e isotrópica. Lamentablemente este no es el caso para la mayoría de las rocas, es por este motivo que se emplea

los criterios de rotura para poder predecir su comportamiento. Estos criterios se expresan como modelos matemáticos simples obtenidos de a partir de varios ensayos de laboratorios, para la estimación de la resistencia del macizo rocoso mediante los esfuerzos aplicados y sus propiedades de resistencia y de esta manera predecir su rotura. (Gonzalez de Vallejo, 2002)

#### **3.2.4.2 Criterio de rotura de Hoek y Brown**

Este criterio en su nacimiento utilizaba el RMR como sistema de clasificación geológica para relacionar las observaciones geológicas con el criterio empírico y debido a que en su tiempo de creación no existían otras alternativas, este fue adoptado por la comunidad científica. Este criterio partía de que la roca era intacta, y por este motivo se vió en la necesidad de reexaminar este criterio para ampliar su rango de aplicación también para rocas alteradas. Todo esto produjo un cambio de las ecuaciones, pero también los autores de este criterio llegaron a reconocer que la clasificación geomecánica RMR no era el adecuado para la relación del criterio con las observaciones geológicas. Por este motivo, se introdujo al GSI como nueva clasificación geomecánica para utilizar este criterio generando así como resultado final el

“Criterio de Hoek-Brown Generalizado” (Hoek, Carranza-Torres, & Corkum, Hoek - Brown Failure Criterion, 2002)

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left( m_b \frac{\sigma'_1}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Donde:

$\sigma'_1$ : Esfuerzo principal efectivo mayor en el momento de la rotura

$\sigma'_3$ : Esfuerzo principal efectivo menor en el momento de la rotura

$\sigma_{ci}$ : Resistencia a la compresión simple

$m_b$ : Es un valor reducido de la constante  $m_i$  (anexo A.17) que es una constante que depende de la matriz rocosa

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right)$$

$s$  y  $a$ : son constantes del material que se puede determinar en base al GSI o a la matriz rocosa (anexo A.17)

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left( e^{-\frac{GSI}{15}} - e^{-\frac{20}{3}} \right)$$

D: Es un factor de alteración del macizo producto de una voladura que depende de la forma que tiene la excavación y la maquinaria utilizada para elaboración de esta. (Anexo A.18).

### **3.2.5 Proyección estereográfica**

La proyección estereográfica es una herramienta muy útil que permite que los datos tridimensionales obtenidos se los puede representar y manipular en una red para su mejor comprensión. Estas proyecciones permiten procesar los datos y tener una idea clara de lo que sucede en el lugar donde se tomaron los datos (Lisle & Lesion).

#### **3.2.5.1 Determinación de los esfuerzos principales**

Según Bongiorno, Ucar, & Belandria, 2011, se puede determinar las direcciones de los esfuerzos principales no solo de manera analítica sino de manera gráfica con la ayuda de la red estereográfica.

Se necesita 2 familias principales, si en el caso que existan más se eligen la de mayor afectación a la zona de estudio.

Los polos de estas 2 familias principales se generan el plano de movimiento, así como también un polo promedio

entre ellos dos. Este polo promedio tiene a su vez un plano que pasa a través de la intersección de los dos planos principales (P1).

La dirección del esfuerzo principal mayor ( $\sigma_1$ ) se lo obtiene siguiendo una línea desde el centro de la red hacia la intersección del plano de movimiento y P1.

La dirección del esfuerzo principal medio ( $\sigma_2$ ) se lo obtiene siguiendo una línea desde el centro de la red hacia la intersección de los planos principales.

La dirección del esfuerzo principal menor ( $\sigma_3$ ) se lo obtiene siguiendo una línea desde el centro de la red hacia el polo de P1.

# **CAPÍTULO 4**

## **RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIONES**



## 4.1 Resultados

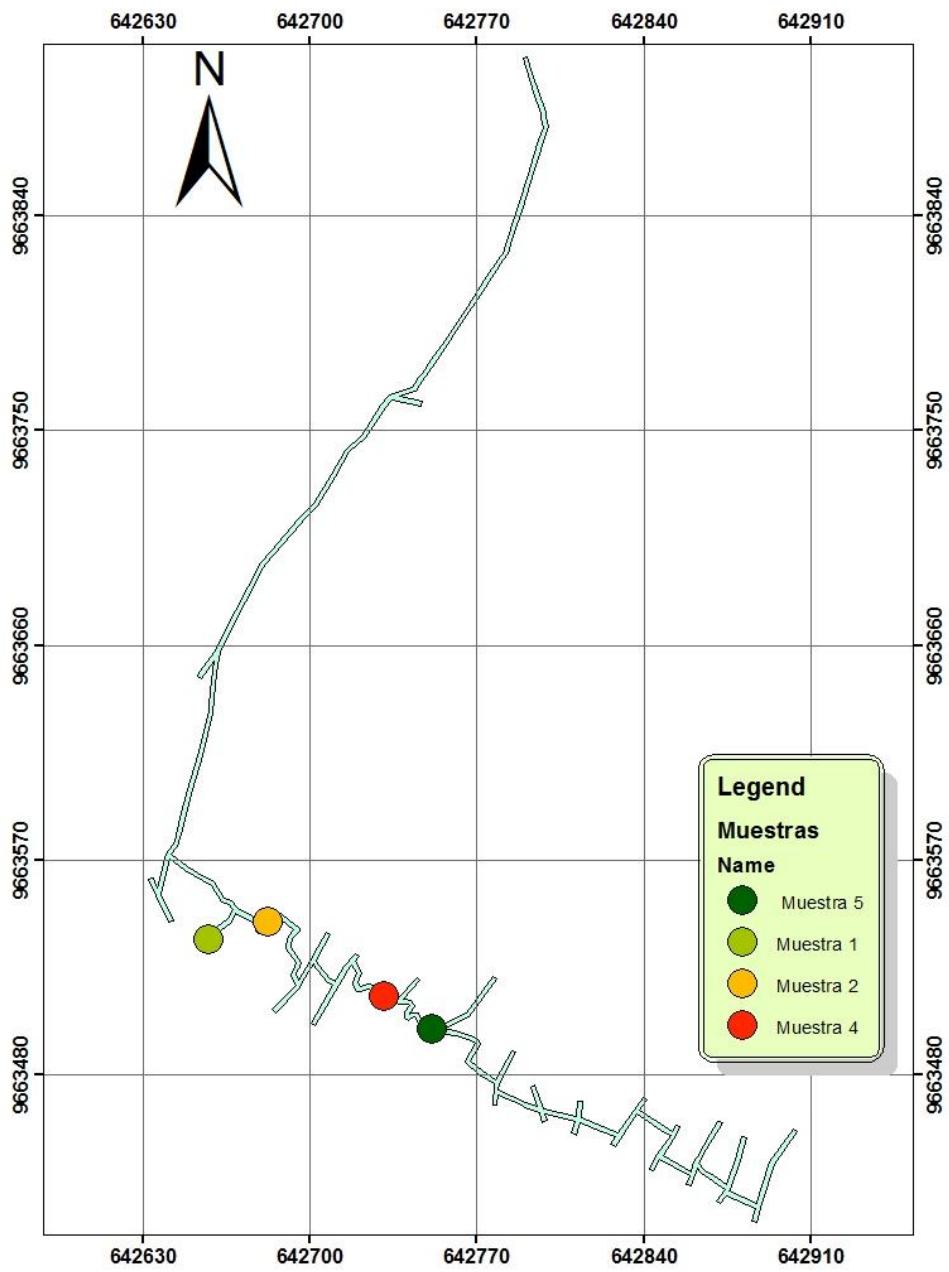
### 4.1.1 Ensayos

Para la realización de los ensayos uniaxiales se utilizaron 4 muestras cilíndricas de 55 mm de diámetro con relación 2:1 (longitud: diámetro), obtenidas cada una de un bloque de roca que se retiró de diferentes niveles. Las rocas de los niveles 3, 9 y Acceso 10 – 11 se clasifican como Andesitas basálticas mientras que la del nivel 2 una roca con matriz andesíticas pero con fragmentos de brechas por su proximidad a la veta principal (Tabla VII y Figura 4.1). Existía una muestra 3 que se obtuvo del nivel 7 que desafortunadamente en el viaje de Camilo Ponce Enríquez a Guayaquil se dañaron por el movimiento del carro. que Las muestras no cuentan con una homogeneidad perfecta ya que existen un gran número de diaclasas producto al asentamiento ocurrido (Anexo B, Anexos B.1 a B.4). No se pudo obtener mejores muestras ya que el riesgo de desequilibrar el macizo en los niveles es alto. Los resultados de los ensayos, proporcionados por LEMAT (Laboratorio de Ensayos Metrológicos y Materiales), se encuentran en Anexos B.5 a B.8.

**Tabla VII:** Especificaciones de las muestras

<b># Muestra</b>	<b>Nivel donde se obtuvo la muestra</b>	<b>Tipo de roca</b>	<b>R.C.S (MPa) / Ton/m2</b>	<b>Dirección de rotura</b>
1	Nivel 2	Roca fragmental – Brecha hidrotermal de matriz andesítica con pirita diseminada y venillas	29.32 / 2989.80	238°N
2	Nivel 3	Andesita Basáltica	31.81 / 3243.71	343°N
4	Nivel 9	Andesita Basáltica	85.99 / 8768.53	326°N
5	Acceso entre los Niveles 10 - 11	Andesita Basáltica	62.08 / 6330.39	333°N

**Fuente:** Duque,K. 2018



**Figura 4.1** Localización de las muestras obtenidas  
**Fuente:** Duque, K., 2018

#### **4.1.2 Clasificaciones Geomecánicas**

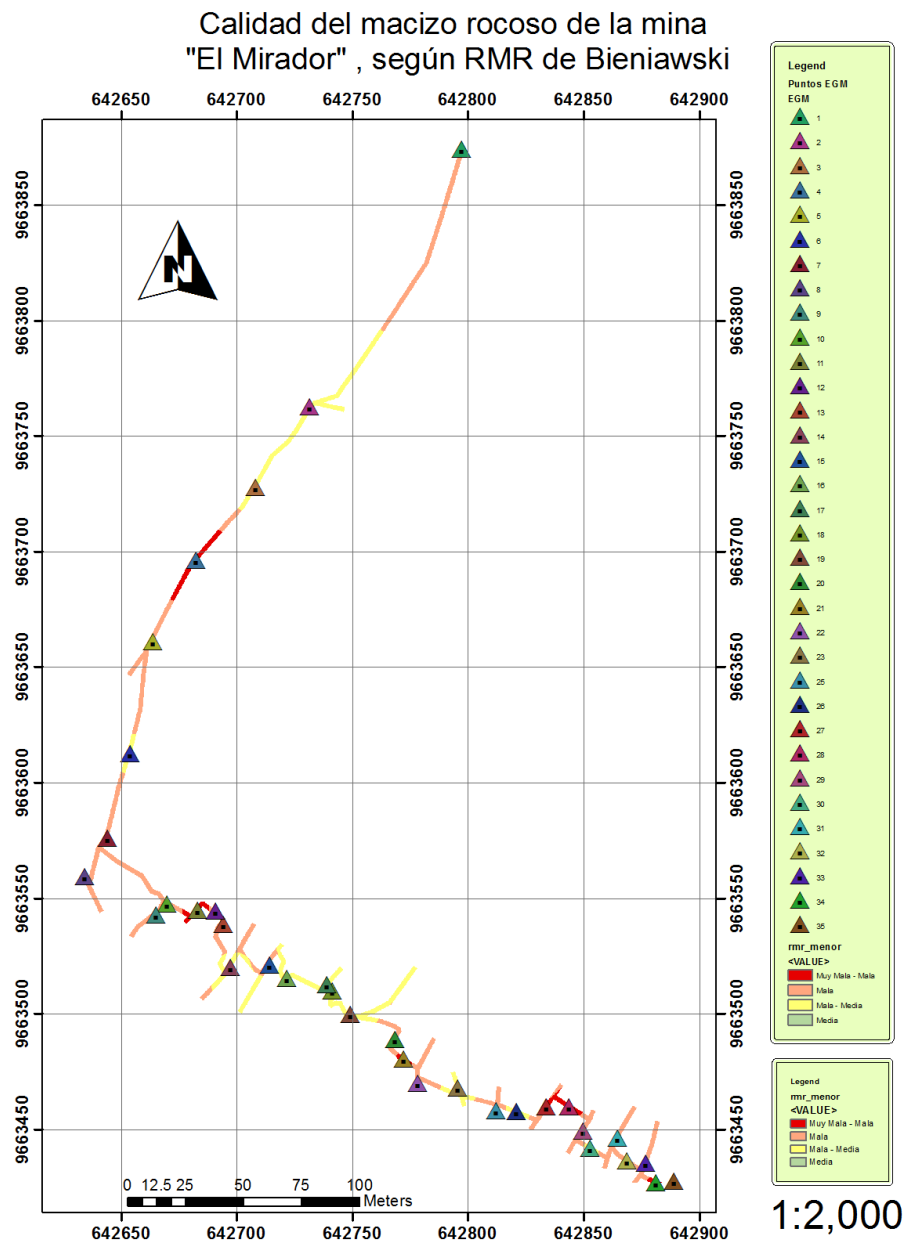
A partir de datos tomados en campo se determinó las calidades del macizo rocoso según, RMR, Q de Barton y GSI teniendo en cuenta los valores máximos y mínimos de cada uno. En el Anexo C se encuentran tablas con los datos levantados en campo de cada EGM que no disponen de coordenadas reales exactas ya que se levantó la mina con brújula y cinta.

#### 4.1.2.1 RMR

**Tabla VIII:** Calidad del macizo rocoso en cada estación geomecánica según RMR de Bieniawski

EGM #	RMR	CALIDAD	EGM #	RMR	CALIDAD
1	<u>33-35</u>	<i>Mala</i>	18	<u>47-49</u>	<i>Media</i>
2	<u>28-34</u>	<i>Mala</i>	19	<u>50-53</u>	<i>Media</i>
3	<u>34-35</u>	<i>Mala</i>	20	<u>37-40</u>	<i>Mala</i>
4	<u>30-33</u>	<i>Mala</i>	21	<u>43-49</u>	<i>Media</i>
5	<u>32-34</u>	<i>Mala</i>	22	<u>37-38</u>	<i>Mala</i>
6	<u>44-46</u>	<i>Media</i>	23	<u>32-37</u>	<i>Mala</i>
7	<u>32-33</u>	<i>Mala</i>	25	<u>21</u>	<i>Muy Mala</i>
8	<u>25-31</u>	<i>Mala</i>	26	<u>37-38</u>	<i>Mala</i>
9	<u>29-31</u>	<i>Mala</i>	27	<u>34-37</u>	<i>Mala</i>
10	<u>49-52</u>	<i>Media</i>	28	<u>41-44</u>	<i>Mala</i>
11	<u>33-37</u>	<i>Mala</i>	29	<u>22-23</u>	<i>Mala</i>
12	<u>47-51</u>	<i>Media</i>	30	<u>23-46</u>	<i>Media</i>
13	<u>31</u>	<i>Mala</i>	31	<u>34-40</u>	<i>Mala</i>
14	<u>28-30</u>	<i>Mala</i>	32	<u>39-48</u>	<i>Media - Mala</i>
15	<u>34-39</u>	<i>Mala</i>	33	<u>40-42</u>	<i>Media - Mala</i>
16	<u>49-53</u>	<i>Media</i>	34	<u>44-48</u>	<i>Media</i>
17	<u>46</u>	<i>Media</i>	35	<u>36-42</u>	<i>Media - Mala</i>

**Fuente:** Duque, K. 2018



**Figura 4.2** Plano de El Mirador indicando la calidad del macizo rocoso según RMR de Bieniawski  
**Fuente:** Duque, K., 2018

En el Anexo B, Anexo B.9, se encuentra el plano de la figura 4.2 en formato A3 para su mejor comprensión. Se puede observar en la figura 4.2 que los accesos 3 – 4 y 16 – 17 son los que tienen una peor calidad y con mayor susceptibilidad de desprendimiento de roca.

#### 4.1.2.2 Q de Barton

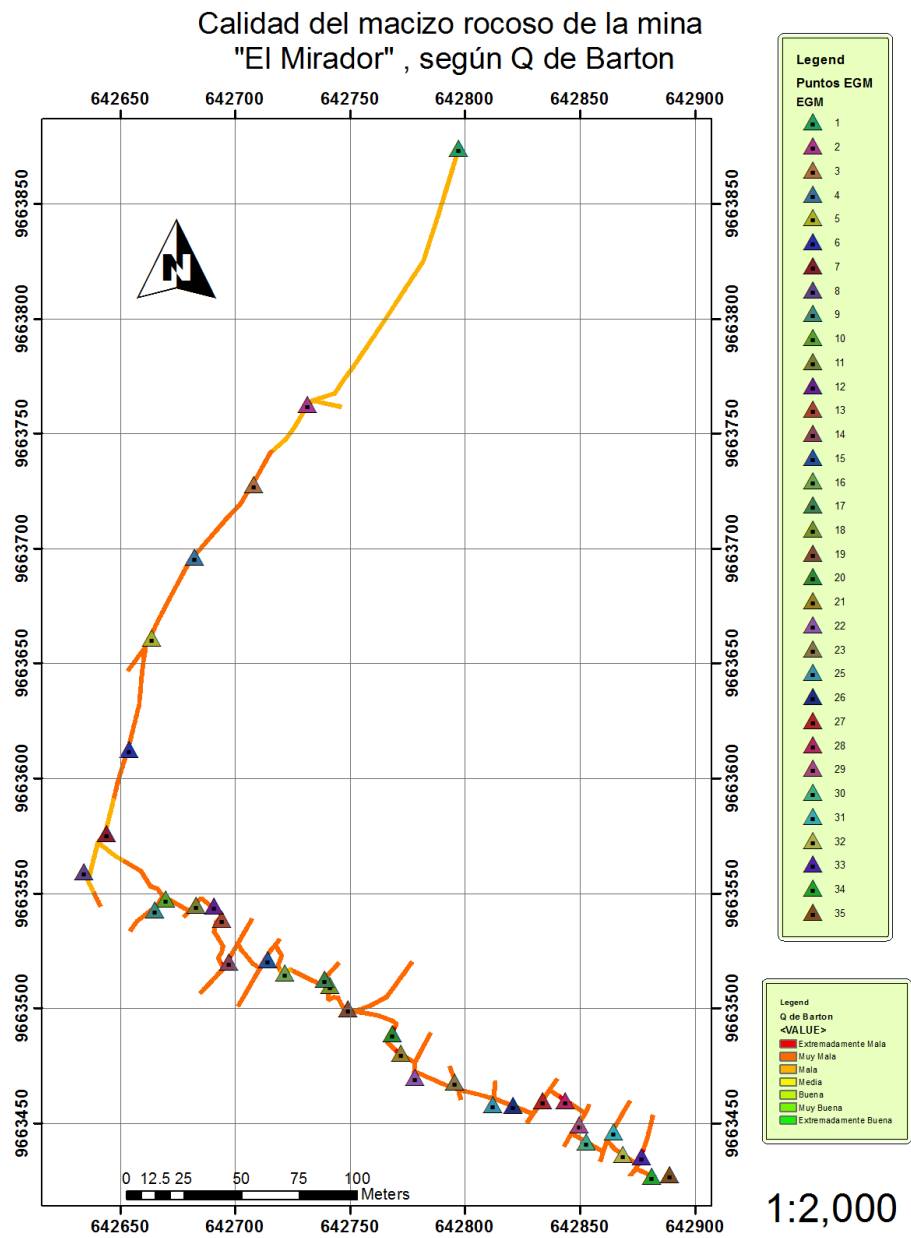
**Tabla IX:** Calidad del macizo rocoso en cada estación geomecánica según Q de Barton

EGM #	Q	CALIDAD
1	<u>0.52-0.58</u>	<i>Muy Mala</i>
2	<u>0.13-0.20</u>	<i>Muy Mala</i>
3	<u>0.06-0.07</u>	<i>Extremadamente mala</i>
4	<u>0.12-0.19</u>	<i>Muy Mala</i>
5	<u>0.16-0.21</u>	<i>Muy Mala</i>
6	<u>1.06-1.14</u>	<i>Mala</i>
7	<u>0.17-0.18</u>	<i>Muy Mala</i>
8	<u>0.06-0.10</u>	<i>Extremadamente mala - Muy Mala</i>
9	<u>0.14-0.16</u>	<i>Muy Mala</i>
10	<u>0.16-0.20</u>	<i>Muy Mala</i>
11	<u>0.29-0.41</u>	<i>Muy Mala</i>
12	<u>0.12-0.17</u>	<i>Muy Mala</i>
13	<u>0.66-0.66</u>	<i>Muy Mala</i>
14	<u>0.07-0.08</u>	<i>Extremadamente mala</i>
15	<u>0.07-0.10</u>	<i>Extremadamente mala - Muy Mala</i>
16	<u>0.36-0.49</u>	<i>Muy Mala</i>

17	<u>0.99-0.99</u>	<i>Muy Mala</i>
18	<u>0.26-0.32</u>	<i>Muy Mala</i>
19	<u>1.16-1.48</u>	<i>Mala</i>
20	<u>0.09-0.14</u>	<i>Extremadamente mala - Muy Mala</i>
21	<u>0.07-0.12</u>	<i>Extremadamente mala - Muy Mala</i>
22	<u>0.14-0.14</u>	<i>Muy Mala</i>
23	<u>0.11-0.21</u>	<i>Muy Mala</i>
25	<u>0.44-0.46</u>	<i>Muy Mala</i>
26	<u>0.19-0.23</u>	<i>Muy Mala</i>
27	<u>0.11-0.15</u>	<i>Muy Mala</i>
28	<u>0.13-0.14</u>	<i>Muy Mala</i>
29	<u>0.99-1.29</u>	<i>Muy Mala – Mala</i>
30	<u>0.89-1.66</u>	<i>Muy Mala – Mala</i>
31	<u>0.72-1.84</u>	<i>Muy Mala – Mala</i>
32	<u>1.75-2.02</u>	<i>Mala</i>
33	<u>1.23-1.75</u>	<i>Mala</i>
34	<u>1.31-2.02</u>	<i>Mala</i>
35	<u>1.08-1.16</u>	<i>Mala</i>

**Fuente:** Duque, K. 2018





**Figura 4.3** Plano de El Mirador indicando la calidad del macizo rocoso según Q de Barton

**Fuente:** Duque, K., 2018

En el Anexo B, Anexo B.11 se encuentra el plano de la figura 4.3 en formato A3 para su mejor comprensión. Se puede observar en la figura 4.3 que el acceso 16 – 17 es la zona de peor calidad y con mayor susceptibilidad de desprendimiento de roca, siendo este el factor común entre ambas clasificaciones geomecánicas.

#### 4.1.2.3 GSI

**Tabla X:** Calidad del macizo rocoso en cada estación geomecánica según GSI

<b>EGM #</b>	<b>GSI</b>	<b>EGM #</b>	<b>GSI</b>
<b>1</b>	55	<b>18</b>	48
<b>2</b>	43	<b>19</b>	50
<b>3</b>	70	<b>20</b>	55
<b>4</b>	60	<b>21</b>	30
<b>5</b>	30	<b>22</b>	43
<b>6</b>	65	<b>23</b>	45
<b>7</b>	60	<b>25</b>	35
<b>8</b>	55	<b>26</b>	50
<b>9</b>	50	<b>27</b>	45
<b>10</b>	65	<b>28</b>	45
<b>11</b>	40	<b>29</b>	45
<b>12</b>	40	<b>30</b>	60
<b>13</b>	50	<b>31</b>	60
<b>14</b>	45	<b>32</b>	65
<b>15</b>	45	<b>33</b>	55
<b>16</b>	48	<b>34</b>	55
<b>17</b>	48	<b>35</b>	57

**Fuente:** Duque, K. 2018

#### **4.1.3 Proyecciones Estereográficas**

En el Anexo D se observa 2 figuras por cada estación geomecánica.

La primera indica los datos tomados en campo separadas en base a las familias, así como también la dirección de la galería.

Mientras que la segunda muestra las 2 familias principales que actúan con mayor proporción a la inestabilidad de la galería con sus planos de movimiento y P1. Estas se eligen en base a los siguientes criterios:

- La familia 1 es siempre la familia de la falla
- Las familias con mayor inestabilidad

#### **4.1.4 Dirección de los esfuerzos principales**

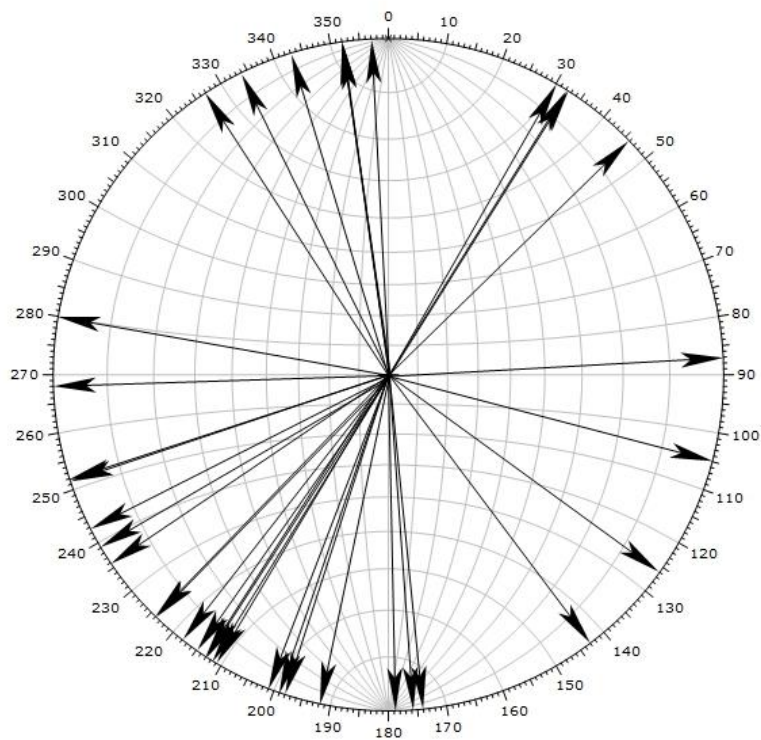
Utilizando la red estereográfica se determinó las direcciones de los esfuerzos principales de cada estación de manera gráfica según Bongiorno, Ucar, & Belandria, 2011 (Tabla XI). Este muestra:

- Rake y Plunge de cada esfuerzo
- Esfuerzo principal mayor ( $\sigma_1$ )
- Esfuerzo principal medio ( $\sigma_2$ )
- Esfuerzo principal menor ( $\sigma_3$ )

**Tabla XI:** Dirección de los esfuerzos principales, según autor

EGM #	s1	s2	s3
1	30/3	123/38	296/52
2	280/7	190/4	73/83
3	224/33	103/38	340/35
4	211/365	86/37	328/33
5	179/6	84/37	276/52
6	213/13	113/37	320/50
7	352/21	95/32	234/51
8	87/57	353/34	187/55
9	215/38	103/34	348/41
10	46/19	160/51	304/33
11	174/43	68/16	323/42
12	126/56	217/1	308/35
13	334/20	69/13	190/66
14	243/36	131/27	14/42
15	198/34	84/31	324/40
16	105/19	209/35	352/49
17	192/33	85/23	328/48
18	268/10	174/18	24/69
19	218/22	112/34	334/47
20	143/58	44/6	310/32
21	176/39	69/20	318/44
22	224/31	113/30	349/44
23	201/22	97/30	322/51
24	236/28	113/46	344/31
26	343/34	101/35	223/37
27	212/42	97/25	346/38
28	199/47	76/27	328/30
29	327/19	64/20	203/62
30	252/18	153/26	12/58
31	32/45	156/29	265/31
32	352/23	100/36	239/45
33	357/5	89/22	254/67
34	239/13	140/34	346/53
35	213/13	111/43	317/44

**Fuente:** Duque, K. 2018



**Figura 4.4** Dirección de los esfuerzos principales en una red estereográfica  
**Fuente:** Duque, K., 2018

La figura anterior (Figura 4.4) muestra todas direcciones de los principales esfuerzos mayores ( $\sigma_1$ ) de cada estación geomecánica, en donde se observa que existe una predominancia de los esfuerzos en dirección SW.

En el Anexo E de anexos se mostrará la dirección de los esfuerzos principales obtenidos de manera gráfica en la red estereográfica.

#### 4.1.5 Desplazamiento de puntos de control

Para la medición del desplazamiento del macizo rocoso se optaron por colocar 15 puntos de control en donde se midió el asentamiento. Los puntos de control no se colocaron en todas las estaciones geomecánicas por diferentes factores:

- La EGM 1 no tenía señales de asentamiento ya que como se encontraba cerca a la boca mina no tenía una columna de roca tan grande como las demás. Para reemplazar este se tomó como punto de control en el primer cruce en forma de y cerca de la EGM 2.
- En la EGM 8 no se colocó punto de control ya que estaba próximo a fortificar y se iba a perder el punto.
- No se colocó en accesos por dificultad de medición.
- No se colocó en algunos niveles por su alta peligrosidad.

Para auscultación topográfica inicial se utilizó inicialmente una tabla de material Mdf en forma triangular con 1 perno, 2 tuercas y 2 anillos en cada vértice para simular una base nivelante y con un nivel ojo de pollo garantizar la horizontalidad (Figura 4.5). A estos triángulos de mdf se les agregó una capa de pintura para aumentarle su

resistencia a la humedad. Las tablas triangulares se pusieron en cada estación geomecánica debajo de un punto de control que se marcó por encima de este (en el techo de la mina). Estos puntos de control servían para tomar mediciones de manera semanal para ver el desplazamiento del macizo rocoso utilizando un distanciometro laser, de marca Bosch.



**Figura 4.5** Triangulo MDF nivelado antes de empotrarlo al piso de la galería

**Fuente:** Duque, K., 2018

El problema de este método es que los triángulos de mdf a pesar de poseer cierta resistencia a la humedad, se doblaban como producto

de la misma y otros fueron dañados por los trabajadores de la mina. Por este motivo se optó por cambiar a otro método para la toma de los puntos de control.

Se cambió el control del asentamiento por mediciones con estación total. Se utilizó cuadrados de acrílico de 20x20 mm con una cruz en medio con un mini prisma ubicado en el centro de esta cruz para obtener las coordenadas X,Y,Z de los puntos semanalmente (Figura 4.6).



**Figura 4.6** Puntos de control de acrílico con miniprisma  
**Fuente:** Duque, K., 2018

En el Anexo B, Anexos B.11 al B .17 se muestra fotos de evidencia de los puntos de control acrílicos pegados en las paredes y techo de las galerías donde se consideró los EGMs a medir.



Las coordenadas de las estaciones de control, utilizadas para referenciar los puntos de control, se tomaron de manera arbitraria por falta de georreferenciación en ciertas estaciones. Existen puntos de control de los cuales no se tienen datos de las primeras mediciones y/o en la medición final.

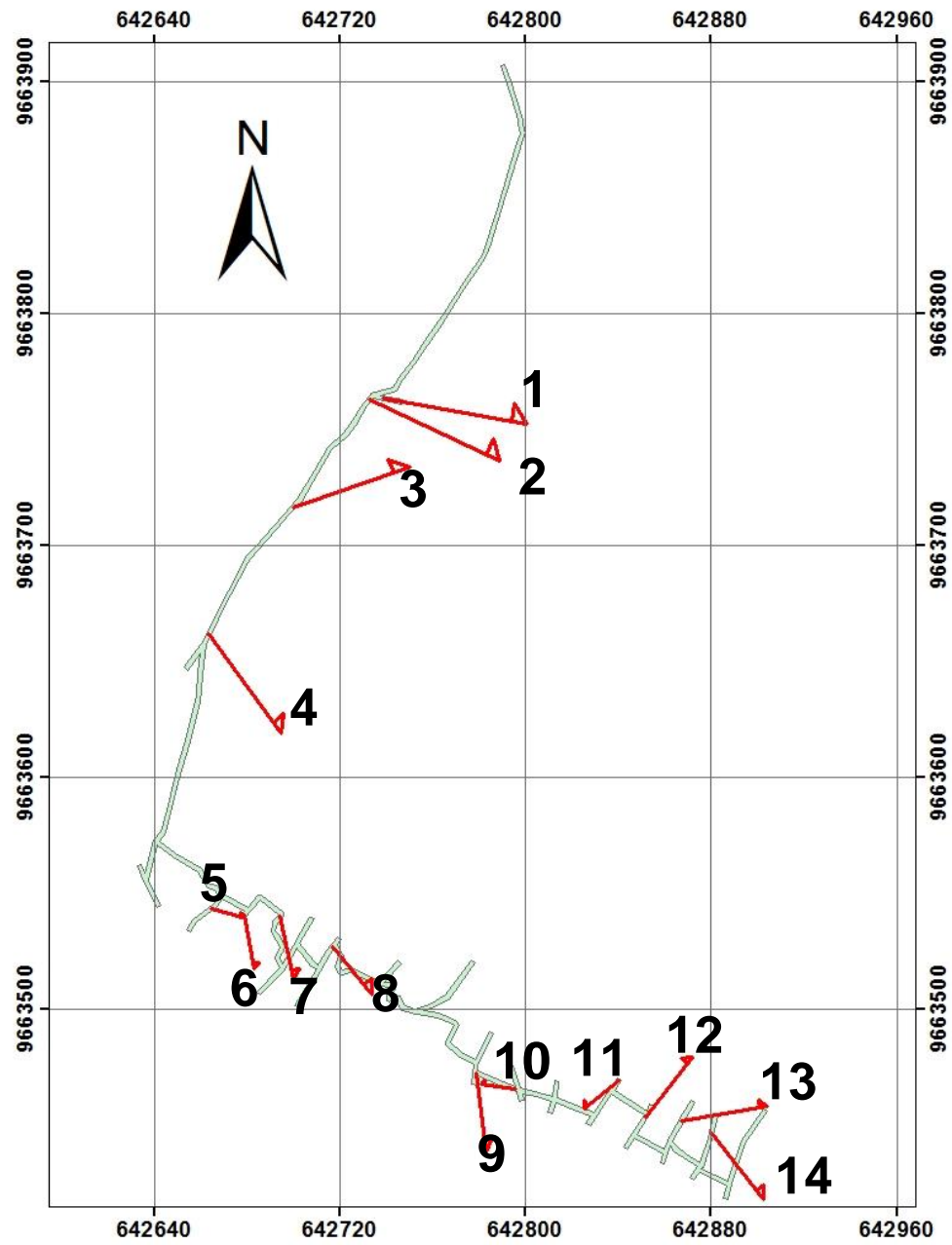
- Los puntos que faltan mediciones iniciales fueron por razones de tiempo
- Los puntos que faltan mediciones finales fueron por daños de las estaciones en donde se georreferenciaba el equipo.
- No existen puntos de control en ciertos EGMs por la peligrosidad y por motivo de que los trabajadores quitaron algunos cuadrados de acrílico como por ejemplo 2 veces en el nivel 12, en el nivel 1 EGM 4 y EGM 6, etc.

La auscultación de los puntos de control en los EGMs genera como resultado un mapa planimétrico de la mina con direcciones de movimientos (figura 4.7), y los asentamientos totales durante el estudio (Tabla XII).

**Tabla XII:** Dirección de los esfuerzos y asentamiento total

<b>EGM</b>	<b># Dirección</b>	<b>Azimut</b>	<b>Asentamiento total</b>
-	1	100°N	-2
2	2	115°N	1
3	3	71°N	-1
5	4	144°N	-5
9	5	107°N	-1
11	6	170°N	-8
13	7	168°N	-5
15	8	140°N	-7
22	9	173°N	-9
23	10	280°N	-11
27	11	230°N	-11
29	12	38°N	-7
31	13	81°N	-5
33	14	42°N	-1

**Fuente:** Duque, K. 2018

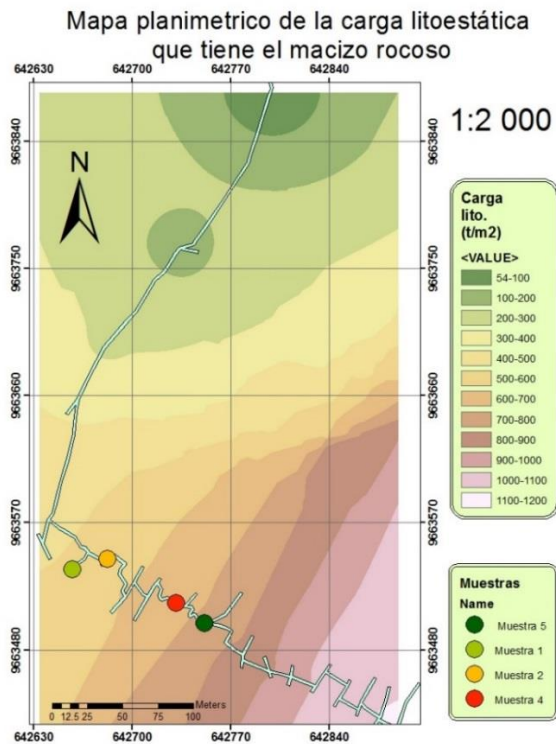


**Figura 4.7** Dirección de los movimientos del macizo  
**Fuente:** Duque, K., 2018

## 4.2 Análisis y Resultados

### 4.2.1 Afectación por la carga litoestática

Teniendo en cuenta los resultados de los ensayos uniaxiales, la roca soporta menos de 100 Mpa de esfuerzo antes de producirse la rotura. A pesar de eso mediante la topografía superficial y las cotas calculadas dentro de mina se determinó la carga litoestática ejercida en la mina, siendo esta menor a la resistencia de la compresión simple. (Figura 5.1).



**Figura 4.8** Carga litoestática que se encuentra afectando la mina

**Fuente:** Duque, K., 2018

La dirección predominante de la rotura evidenciada en los núcleos testeados es NW – SE que es perpendicular a los esfuerzos predominantes (SW). Estos resultados indican que la roca dentro del área de estudio se rompe por presiones litoestáticas siempre en la misma dirección, con una tendencia a los bloques fracturados deslizarse hacia el NE.

Cabe recalcar que los valores que se obtuvieron en los ensayos demuestran valores no representativos ya que las muestras no están en condiciones perfectas, y existía fracturamiento. Este fracturamiento de las rocas alrededor de la excavación es causado por el mismo asentamiento y por la gran carga litoestática que sufre la roca estando en sus peores condiciones. Se recomienda que en futuras investigaciones se escoja muestras en mejor estado en zonas menos alteradas por el asentamiento como por ejemplo en niveles inferiores.

#### **4.2.2 Análisis de movimiento del macizo rocoso**

Analizando las velocidades de los asentamientos del macizo rocoso, se distingue 3 tipos de bloques según su velocidad (Tabla XIII). Del nivel 1 al nivel 4 existe un bloque con una velocidad fluctuante que se mantiene hasta acercarse el nivel 7 en donde tiende a crecer.

Desde el nivel 7 al 17 se observa un aumento de la velocidad de asentamiento y luego una disminución. El último bloque está conformado por los niveles 18 y 19 que tienen un comportamiento similar al bloque 1.

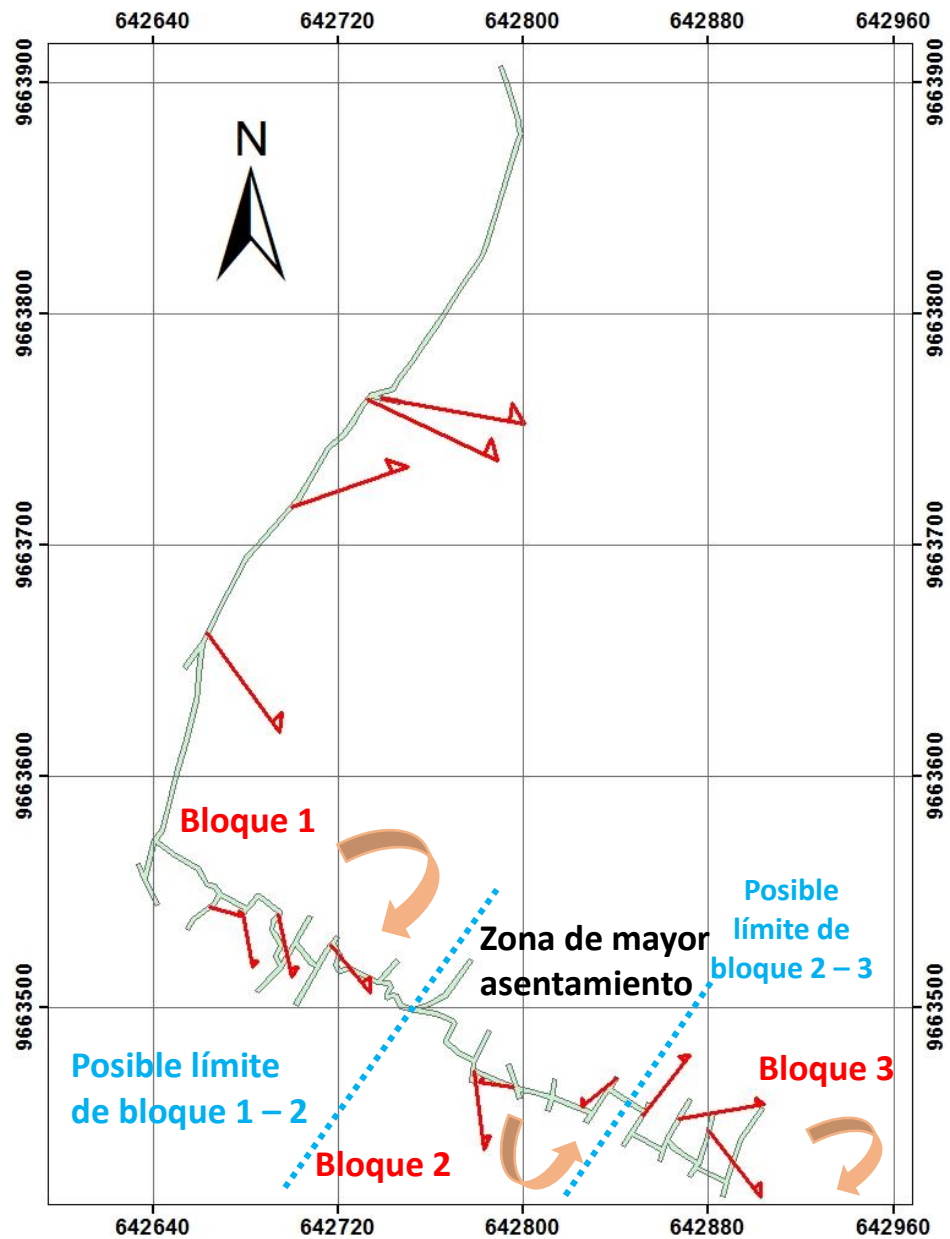
**Tabla XIII:** Velocidades de asentamientos de las EGMs

<b>PTO DE CONTROL</b>	<b>Velocidad promedio (mm/semana)</b>
<b>Niv 19</b>	-0.25
<b>Niv 18</b>	-1.25
<b>Niv 17</b>	-1.40
<b>Niv 16</b>	-2.75
<b>Niv 14</b>	-3.67
<b>Niv 13</b>	-1.80
<b>Niv 7</b>	-1.40
<b>Niv 4</b>	-1.00
<b>Niv 3</b>	-1.60
<b>Niv 2</b>	-0.25
<b>Niv 1 - EGM 5</b>	-1.67
<b>Niv - EGM 3</b>	-0.33
<b>Niv 1 - EGM 2</b>	0.33
<b>Niv 1 - EGM 1</b>	-0.67

**Fuente:** Duque, K. 2018

Teniendo en cuenta la dirección que predomina el movimiento de los bloques fracturados, se puede llegar a la misma conclusión que

existe 3 bloques con un movimiento rotacional. La rotación de un bloque incide en el movimiento de los bloques próximos a él asemejándose a un sistema de engranajes. En medio de estos bloques existen zonas de pulverización de material, por la cual aumenta la inestabilidad siendo mayor en estas zonas. Estos posibles límites separan los primeros niveles (1 al 10) en el bloque 1, los niveles (11 a 17) en el bloque 2 y los niveles inferiores al 17 como el bloque 3.



**Figura 4.9** Mapa planimétrico de la mina con los posibles límites y los bloques con sus rotaciones respectivas

**Fuente:** Duque, K., 2018



### 4.2.3 Sostenimiento

Según el sostenimiento por Q de Barton se tiene resultados (considerando un ESR=1.6 para niveles y ESR=1.3 para accesos) que se muestra a continuación (figura 5.3 y Tabla XIV):

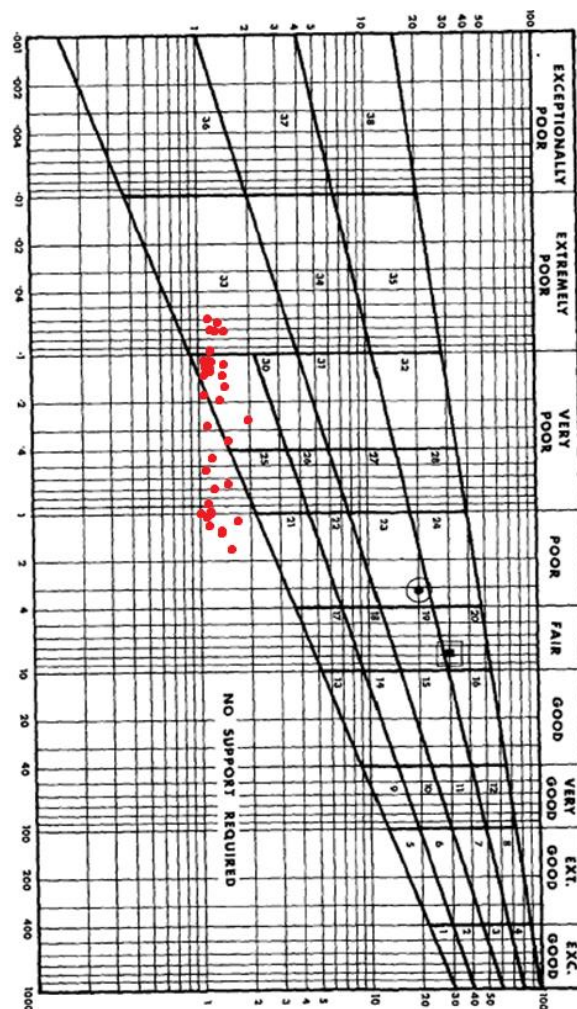


Figura 4.10 Ubicación de EGMs en las regiones dentro del ábaco de Barton

**Tabla XIV:** Tabla con datos utilizados para obtener la region que se encuentran los EGMs

EGM	Q	Altura	ESR	Altura/ESR	Region
1	0.52	1.95	1.6	1.22	-
2	0.13	1.93	1.6	1.21	29
3	0.06	2.2	1.6	1.38	33
4	0.12	1.83	1.6	1.14	29
5	0.16	2.1	1.6	1.31	29
6	1.06	1.84	1.6	1.15	-
7	0.17	1.85	1.6	1.16	-
8	0.06	2.3	1.6	1.44	33
9	0.14	2.3	1.6	1.44	29
10	0.16	2.05	1.3	1.58	29
11	0.29	1.8	1.6	1.13	-
12	0.12	2.05	1.3	1.58	29
13	0.66	2.71	1.6	1.69	-
14	0.07	2.14	1.6	1.34	33
15	0.07	2.28	1.6	1.43	33
16	0.36	1.94	1.3	1.49	29
17	0.99	1.72	1.6	1.08	-
18	0.26	2.7	1.3	2.08	29
19	1.16	2.25	1.3	1.73	-
20	0.09	2	1.6	1.25	33
21	0.07	1.98	1.3	1.52	33
22	0.14	1.98	1.6	1.24	29
23	0.11	2.1	1.6	1.31	29
25	0.44	2	1.6	1.25	-
26	0.19	1.85	1.3	1.42	29
27	0.11	2	1.6	1.25	29
28	0.13	1.80	1.3	1.38	29
29	0.99	1.9	1.6	1.19	-
30	0.89	1.8	1.3	1.38	-
31	0.72	2.2	1.6	1.38	-
32	1.75	2.3	1.3	1.77	-
33	1.23	2.5	1.6	1.56	-
34	1.31	1.75	1.3	1.35	-
35	1.08	2.3	1.6	1.44	-

Fuente: Duque, K. 2018

Se puede distinguir que los puntos de los EGMs ubicados dentro del ábaco de Barton, abarcan 3 regiones diferentes:

Para los niveles que se encuentran dentro de la región 29, como indica la tabla XIV, se los debe fortificar de la siguiente manera:

- Para los niveles 1 EGM 2, 1 EGM 5, ACCESO 2 – 3, ACCESO 8 – 9, NIV 13, NIV 15, ACCESO 15 – 16 y NIV 16 se debe colocar bulonado sistemático, sin tensionar, a cada 1 m de la excavación con hormigón proyectado de grosores de 2 a 3 cm.
- A los niveles 1 EGM 4, ACCESO 3 – 4, ACCESO 9 – 10 y NIV 14 se propone colocar bulonado sistemático no tensionado a cada metro de excavación con un grosor de hormigón proyectado de 5 cm con malla reforzada.
- Por último, NIV 2, ACCESO 15 – 16 y NIV 16 se recomienda colocar bulonado sistemático bulonado tensionado con un espesor de 5cm capa de hormigón proyectado con malla reforzada.

Los niveles ubicados en la región 33 (NIV 1 EGM 3, NIV 1 EGM 8, NIV 6, NIV 7, NIV 12 y ACCESO 12 – 13) tienen como recomendación de colocar un bulonado sistemático tensionado,

separados 1 m con una capa de 2.5 – 5cm de hormigón proyectado con malla reforzada.

Se hace énfasis que las propuestas de fortificación generadas son de métodos empíricos basados en una recopilación de varias investigaciones pero que no siempre va a cumplir en todas las minas. Por eso en base a criterios ingenieriles se propone mejor no colocar sostenimiento por las siguientes razones:

- La calidad del macizo rocoso está cambiando con el pasar el tiempo por factores como el asentamiento, la lluvia y la mala explotación. Indicando que la fortificación propuesta no funcionara en un futuro.
- El macizo rocoso de la mina está muy dañado para la colocación de fortificaciones que pueda soportar todo su peso.
- Se propone cambiar el método de explotación o la apertura de un pozo, que es lo que permite la topografía de la zona, para el transporte de material y movilización de personal y de esta manera evitar el paso por los bloques 1 y 2, generando seguridad laboral a los trabajadores y seguridad al material.

# **CAPÍTULO 5**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

Mediante el estudio geomecánico realizado en “El Mirador”, se ha determinado la velocidad de asentamiento y la dirección de los esfuerzos de la subsidencia del macizo rocoso, donde el Bloque 2 corresponde a una mayor velocidad de asentamiento y una predominancia en los esfuerzos hacia SW, por lo que se propone realizar un cambio de explotación o aperturar una nueva galería de transporte de personal.

En base al mapa planimétrico, se ha determinado que la calidad del macizo rocoso en el área de estudio, varía de Malo a Muy Malo debido al sistema de fallas NE asociado a la veta principal y a las condiciones del fracturamiento, donde se establece que las zonas de mayor vulnerabilidad son los niveles superficiales #1, #3, #4, #5; los niveles inferiores #16, #17 y sus debidos accesos.

Mediante técnicas de auscultación topográfica se ha determinado, que en la mina existen tres bloques, donde el bloque 2 gira en dirección anti horaria mientras que los otros dos bloques (1 y 3) en sentido horario.

Analizando las velocidades de los asentamientos, se ha concluido que el bloque 2 tiene una mayor velocidad en contraste a las velocidades de los bloques 1 y 3.

Se propone cambiar el método de explotación o aperturar una nueva galería hasta los niveles inferiores y de esta manera disminuir el riesgo a los trabajadores y el material al moverse por los bloques 1 y 2.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un estudio geotécnico a detalle de la mina para la toma de datos y facilitar estudios de asentamientos futuros.

Debido a la proximidad de las otras minas de AM-12 se sugiere analizar la incidencia que existe dentro del cono de influencia de cada una de ellas para tener una idea global de lo que sucede en la montaña.

Se sugiere una mayor cantidad de tiempo para la toma de datos suficientes en el área de estudio y tener resultados más fiables debido a que se logra apreciar mejor el asentamiento en un periodo largo de tiempo.

Se recomienda dar charlas a los trabajadores para que no interfieran con los puntos de control ya que se encontraron puntos de control dañados a propósito, además que el estudio es importante para la seguridad laboral de ellos mismos.

Debido a que solo se sabe la influencia que tiene la roca a esfuerzos uniaxiales, se sugiere realizar ensayos triaxiales para tener una idea de cómo existe la rotura del macizo al haber esfuerzos en 3 dimensiones.



# **ANEXOS**

## ANEXO A

### TABLAS Y FIGURAS DEL MARCO TEÓRICO

**Tabla A.1:** Valorización del índice de diaclasado,

<b>Jn (Índice de diaclasado)</b>		
	<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
<b>A</b>	Masiva, sin o con juntas ocasionales	0,5 - 1
<b>B</b>	Una familia	2
<b>C</b>	Una familia y ocasionales	3
<b>D</b>	Dos familias	4
<b>E</b>	Dos familias y ocasionales	6
<b>F</b>	Tres familias	9
<b>G</b>	Tres familias y ocasionales	12
<b>H</b>	Cuatro o más familias, ocasionales o roca muy fracturada	15
<b>I</b>	Roca triturada, Suelo	20
Notas: En intersecciones de túneles se utiliza a expresión 3xJn En las bocas de los túneles se utiliza a expresión 2xJn		

**Fuente:** NGI, 2015

**Tabla A.2:** Valoración del coeficiente reductor por presencia de agua

<b>Jw (Coeficiente reductor por presencia de agua)</b>		
<b>Factor de reducción por presencia de agua en juntas</b>	<b>Jw</b>	
<b>A</b>	Excavaciones secas o pequeñas afluencias (húmedo o pocas gotas)	1
<b>B</b>	Afluencia a presión media, con lavado ocasional de rellenos de discontinuidades (muchas gotas-lluvia)	0,66
<b>C</b>	Afluencia en chorro o presión alta en rocas competentes con discontinuidades sin relleno	0,5
<b>D</b>	Afluencia importante o presión alta, produciéndose un lavado considerable de los rellenos de las diaclasas	0,33
<b>E</b>	Afluencia excepcionalmente alta o presión elevada decreciendo con el tiempo. Causa lavado de material y quizás sobre excavación	0,2-0,1
<b>F</b>	Afluencia excepcionalmente alta, o presión elevada de carácter persistente, sin disminución apreciable. Causa lavado de material y quizás sobre excavación	0,1-0,05
<p>Notas:</p> <p>Los factores C a F son simples estimaciones, se debe incrementar el valor de Jw si se drena el macizo rocoso</p> <p>No se consideran los problemas que pueda ocasionar el hielo</p>		

**Fuente:** NGI,2015

**Tabla.3:** Valoración del índice de rugosidad

<b>Jr (Índice de rugosidad)</b>		
Contacto entre las dos caras de a discontinuidad		
Contacto entre las dos caras de a discontinuidad ante un desplazamiento cortante inferior a 10 cm		
<b>A</b>	Diaclasas continuas	4
<b>B</b>	Diaclasas rugosa, irregulares u onduladas	3
<b>C</b>	Diaclasas Lisas, onduladas	2
<b>D</b>	Diaclasas estriadas, cizalladas, onduladas	1,5
<b>E</b>	Rugosas, irregulares, planares	1,5
<b>F</b>	Diaclasas lisas, planares	1
<b>G</b>	Diaclasas estriadas-cizalladas, planares	0,5
<p>Notas:</p> <p>Las descripciones se refieren a caracterizaciones a pequeña escala y escala intermedia, por este orden</p> <p>No existe contacto entre las caras de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante</p>		
<b>H</b>	Zona que contiene minerales arcillosos con un espesor suficiente que impida el contacto entre caras de una discontinuidad	1
<b>J</b>	Zona arenosa, de gravas o triturada con un espesor suficiente que impida el contacto entre caras de discontinuidad	1
<p>Notas:</p> <p>Si el espaciado de a principal familia de discontinuidades es superior a 3 m se debe aumentar el índice Jr en una unidad (dependiendo del tamaño del hueco subterráneo)</p> <p>En el caso de diaclasas planas perfectamente lisas que presenten lineaciones, y que dichas lineaciones estén orientadas según la dirección de mínima resistencia se puede utilizar el valor Jr=0,5</p>		

**Fuente:** NGI, 2015

**Tabla A.4:** Valoración del índice de alteración

<b>Ja Índice de alteración</b>		<b><math>\Psi</math>aprox.</b>	<b>Ja</b>
<b>Contacto entre planos de discontinuidades (sin relleno intermedio, solo recubrimientos-manchas)</b>			
<b>A</b>	Discontinuidad cerrada, dura, sin reblandecimientos, relleno impermeable	-	0,75
<b>B</b>	Planos de discontinuidad inalterados, superficie ligeramente manchada	25°-35°	1
<b>C</b>	Planos de discontinuidad lig. Alterados presentan minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcillas	25°-30°	2
<b>D</b>	Recubrimientos de arcillas limosas o arcillas arenosas. Fracción pequeña de arcilla (no blanda)	20°-25°	3
<b>E</b>	Recubrimiento de arcillas blandas o de baja fricción, es decir, caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito y pequeñas cantidades de arcillas expansivas	8°-16°	4
<b>Contacto entre planos de discontinuidad ante un desplazamiento cortante inferior a 10 cm (minerales de relleno en pequeños espesores)</b>			
<b>F</b>	Partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla	25°-30°	4
<b>G</b>	Rellenos arcillosos fuertemente sobre consolidados, no reblandecibles (continuos, espesores mayores a 5 mm)	16°-24°	6
<b>H</b>	Rellenos arcillosos con sobre consolidación media a baja, con reblandecimientos (continuos, espesores mayores a 5mm)	12°-16°	8
<b>J</b>	Rellenos de arcillas expansivas, es decir, tipo momtmorillonita (continuos, espesores menores a 5 mm). El valor de Ja depende de porcentaje de partículas expansivas tamaño arcilla	6°-12°	8 a 12
<b>No se produce contacto entre los planos de discontinuidad desplazamiento cortante (rellenos gruesos de mineral)</b>			
<b>K</b>	Zona o bandas de roca desintegrada o triturada. Fuertemente sobre consolidadas	16°-24°	6
<b>L</b>	Zonas o bandas de arcilla, roca desintegrada o triturada. Media a baja sobre consolidación o rellenos reblandecibles	12°-16°	8
<b>M</b>	Zonas o bandas, roca desintegrada o triturada. Arcilla expansiva. Ja depende del porcentaje de partículas expansivas tamaño arcilla	6°-12°	8 a 12
<b>N</b>	Zonas gruesas continuas o bandas de arcilla. Fuertemente sobre consolidadas	12°-16°	10
<b>O</b>	Zonas continuas o bandas de arcilla, gruesas. Sobre consolidación media a baja	12°-16°	13
<b>P</b>	Zonas continuas o bandas con arcilla, gruesas. Arcilla expansiva. Ja depende de porcentaje de partículas expansivas tamaño arcilla.	6°-12°	13 a 20

**Fuente:** NGI, 2015

**Tabla A.5:** Valoración del Factor de reducción por tensiones

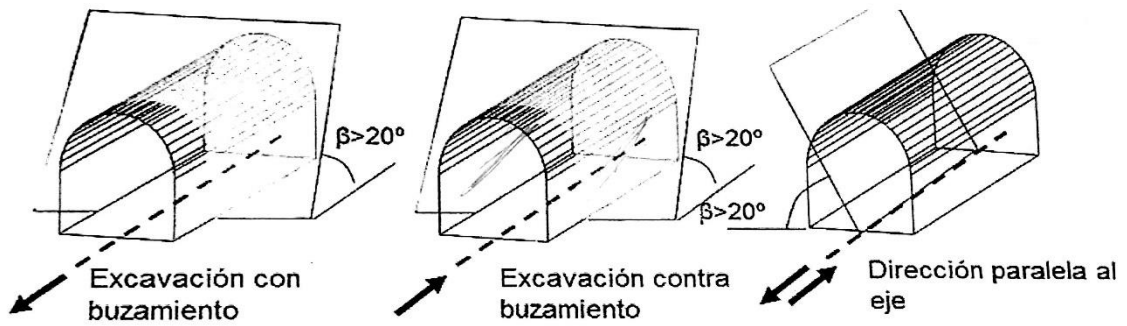
Factor de reducción por tensiones		SRF		
<b>Hay zonas débiles que intersectan a la excavación, pudiendo producirse desprendimientos de roca a medida que la excavación de túnel avanza</b>				
<b>A</b>	Múltiples zonas débiles con pequeña porción conteniendo arcilla o roca desintegrada químicamente, roca de contorno muy suelta (a cualquier profundidad). O largas secciones con roca débil e incompetente (a cualquier profundidad). Para squeezing, categorías L y M.	10		
<b>B</b>	Múltiples zonas de cizalla con corta seccionen roca competente libre de arcillas y roca suelta alrededor (a cualquier profundidad)	7,5		
<b>C</b>	Zonas débiles aisladas con o sin arcilla o roca desintegrada químicamente (profundidad ≤50m)	5		
<b>D</b>	Terreno suelto, diaclasas abiertas, intensamente fracturado (a cualquier profundidad)	5		
<b>E</b>	Zonas débiles aisladas con o sin arcilla o roca desintegrada químicamente (>50m)	2,5		
Nota: Se reducen los valores expresados del SRF entre 25-50% si as zonas de fracturas solo ejercen influencia, pero no intersectan a a excavación				
<b>Rocas competentes, principalmente masivas, problemas tensionales</b>		$\sigma_c/\sigma_1$	$\sigma_\theta/\sigma_c$	<b>SRF</b>
<b>F</b>	Tensiones pequeñas cerca de la superficie, diaclasas abiertas	>200	<0,001	2,5
<b>G</b>	Tensiones medias, condiciones tensionales favorables	200 a 10	0,01-0,3	1
<b>H</b>	Tensiones elevadas, estructura muy compacta. Favorable para la estabilidad. Puede ser desfavorable para a estabilidad dependiendo de la orientación de las tensiones en relación con planos de debilidad o fracturación	10 a 5	0,3-0,4	0,5 a 2,5
<b>J</b>	Spalling, y/o lajamiento moderado de la roca después de 1 hora en rocas masivas	5 a 3	0,5-0,65	5 a 50
<b>K</b>	Spalling o estallido de roca después de algunos minutos en rocas masivas	3 a 2	0,65-1	50 a 200
<b>L</b>	Estadillos violentos de la roca y deformaciones dinámicas inmediatas en rocas masivas	<2	>1	200 a 400
Nota: Si se comprueba la existencia de campos tensionales vírgenes, fuertemente anisótropos; cuando $5 \leq \sigma_1/\sigma_3 \leq 10$ , se disminuye el parámetro $\sigma_c$ hasta $0,75 \sigma_c$ ; si $\sigma_1/\sigma_3 \leq 10$ , se tomará el valor de $0,5\sigma_c$ . Siendo: $\sigma_c$ la resistencia a compresión simple, $\sigma_1$ y $\sigma_3$ son las tensiones principales mayor y menor y $\sigma_\theta$ es la tensión tangencial máxima. En los casos en los que la profundidad de la clave del túnel es menor que el vano de la excavación, se sugiere aumentar el valor SRF de 2,5 a 5 (caso F)				
<b>Rocas con fenómenos de squeezing: deformación plástica en roca incompetente sometida a altas presiones</b>		$\sigma_\theta/\sigma_c$	<b>SRF</b>	
<b>M</b>	Presión de deformación (Squeezing) baja	1 a 5	5 a 10	
<b>N</b>	Presión de deformación (Squeezing) alta	>5	10 a 20	
Nota: Los fenómenos de deformación o fluencia de rocas suelen ocurrir a profundidades $H > 350Q^{1/3}$ (Singh et al, 1992)				
<b>Rocas expansivas: actividad expansiva química dependiendo de la presencia de agua</b>		<b>SRF</b>		
<b>R</b>	Presión de expansión baja	5 a 10		
<b>S</b>	Presión de expansión alta	10 a 15		

Fuente: NGI, 2015

**Tabla A.6:** Tabla para determinar el RMR

1	<b>Resistencia de la roca sana (MPa)</b>	<b>Ensayo de carga puntual</b>	>10	4 a 10	2 a 4	1 a 2	--			
		<b>Compresión simple</b>	>250	100 a 250	50 a 100	25 a 40	5 a 25	1 a 5	< 1	
	Valoración		15	12	7	4	2	1	0	
2	<b>RQD</b>		90 a 100	75 a 90	50 a 75	25 a 50	<25			
	Valoración		20	17	13	8	3			
3	<b>Separación de juntas</b>		>2m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	0,06-0,2 m	<0,06m			
	Valoración		20	15	10	8	5			
4	<b>Continuidad</b>		<1 m	1 a 3 m	3 a 10 m	10 a 20 m	>20 m			
	Valoración		6	4	2	1	0			
	<b>Apertura</b>		Nada	<0,1mm	0,1-1 mm	1-5 mm	>5mm			
	Valoración		6	5	4	1	0			
	<b>Rugosidad</b>		Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			
	Valoración		6	5	3	1	0			
	<b>Relleno</b>		Ninguno	Relleno duro		Relleno blando				
				<5mm	>5mm	<5mm	>5mm			
	Valoración		6	5	3	1	0			
	<b>Alteración</b>		Inalterado	Ligeramente Alterado	Moderadamente Alterado	Muy Alterado	Descompuesto			
Valoración		6	5	3	1	0				
5	<b>Presencia de agua</b>	<b>Calidad en 10m túnel</b>	Nulo	<10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	>125 l/min			
		$\sigma_w/\sigma_3$	0	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5			
		<b>Estado</b>	Seco	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo			
	Valoración		15	10	7	4	0			

**Fuente:** Bieniawski, 1989



**Figura A-7:** Dirección de Excavación respecto con la dirección de las juntas  
**Fuente:** Bieniawski 1989

**Tabla A.8:** Tabla indicando la calidad de la orientación de las principales juntas con respecto a la excavación

Dirección perpendicular al eje de túnel				Dirección paralela a eje de túnel		Buzamiento 0 - 20° en cualquier dirección
Exc. a favor del buzamiento		Exc. Contra del buzamiento		Buz. >45°	Buz.: 20-45°	
Buz. >45°	Buz.: 20-45°	Buz. >45°	Buz.: 20-45°			
<i>Muy Favorable</i>	<i>Favorable</i>	<i>Medio</i>	<i>Desfavorable</i>	<i>Muy Desfavorable</i>	<i>Medio</i>	<i>Desfavorable</i>





**Fuente:** Bieniawski, 1989

**Tabla A.9:** Factor de corrección para el RMR

Dirección buzamiento y		Muy Favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy Desfavorable
Valoración para	Túneles	0	-2	-5	-10	-12





**Fuente:** Bieniawski, 1989



<b>CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO PARA ESTIMAR SU RESISTENCIA</b>  Basándose en el aspecto de la roca elegir la categoría que mejor describa las condiciones del macizo previo a la excavación. Tener en cuenta que las voladuras pueden crear una impresión falsa sobre la calidad del macizo rocoso, en cuyo caso será necesario realizar algún tipo de ajuste por daños debidos a voladuras; la observación de testigos de sondeos y de frentes de roca en zonas afectadas y no afectadas por voladuras puede ser de ayuda. Para la definición del grado de fracturación ( <i>blockiness</i> ) debe considerarse la relación entre el tamaño del bloque y la dimensión del frente de excavación.		CONDICIÓN DEL FRENTE				
ESTRUCTURA		MUY BUENA (MB) Superficies muy rugosas sin alterar	BUENA (B) Superficies rugosas ligeramente alteradas, con patinas de oxidación	MEDIA (M) Superficies suaves moderadamente alteradas	POBRE (P) Superficies de azafra muy alteradas con rellenos compactos conteniendo fragmentos rocosos	MUY POBRE (MP) Superficies de azafra muy alteradas con rellenos arcillosos
	<b>BLOQUES REGULARES (BR)</b> Macizo rocoso sin alterar. Bloques en contacto de forma cúbica formados por tres familias de discontinuidades ortogonales, sin relleno.	BR/MB	BR/B	BR/M	BR/P	BR/MP
	<b>BLOQUES IRREGULARES (BI)</b> Macizo rocoso parcialmente alterado. Bloques en contacto de forma angular formados por cuatro o más familias de discontinuidades con rellenos con baja proporción de finos.	BI/MB	BI/B	BI/M	BI/P	BI/MP
	<b>BLOQUES Y CAPAS (BC)</b> Macizo alterado, plegado y fracturado con múltiples discontinuidades que forman bloques angulosos y con baja proporción de finos.	BC/MB	BC/B	BC/M	BC/P	BC/MP
	<b>FRACTURACIÓN INTENSA (FI)</b> Macizo rocoso muy fracturado formado por bloques angulosos y redondeados, con alto contenido de finos.	FI/MB	FI/B	FI/M	FI/P	FI/MP

**Figura A.8:** Caracterización de macizos rocosos en base a su grado de fracturación y estado de las juntas

**Fuente:** González de Vallejo, 2002

<b>ÍNDICE GEOLÓGICO DE RESISTENCIA GSI (<i>geological strength index</i>)</b>  A partir de la clasificación obtenida en la Figura 3.94 seleccionar el cuadro correspondiente en este ábaco y obtener el valor medio del índice GSI.		CONDICIÓN DEL FRENTE				
ESTRUCTURA		MUY BUENA (MB) Superficies muy rugosas sin alterar	BUENA (B) Superficies rugosas ligeramente alteradas, con pátinas de oxidación	MEDIA (M) Superficies suaves moderadamente alteradas	POBRE (P) Superficies de cizalla muy alteradas con rellenos compactos conteniendo fragmentos rocosos	MUY POBRE (MP) Superficies de cizalla muy alteradas con rellenos arcillosos
 <p><b>BLOQUES REGULARES (BR)</b> Macizo rocoso sin alterar. Bloques en contacto de forma cúbica formados por tres familias de discontinuidades ortogonales, sin relleno.</p>	80	70				
 <p><b>BLOQUES IRREGULARES (BI)</b> Macizo rocoso parcialmente alterado. Bloques en contacto de forma angular formados por cuatro o más familias de discontinuidades con rellenos con baja proporción de finos.</p>		60	50			
 <p><b>BLOQUES Y CAPAS (BC)</b> Macizo alterado, plegado y fracturado con múltiples discontinuidades que forman bloques angulosos y con baja proporción de finos.</p>			40	30		
 <p><b>FRACTURACIÓN INTENSA (FI)</b> Macizo rocoso muy fracturado formado por bloques angulosos y redondeados, con alto contenido de finos.</p>				20	10	

**Figura A.9:** Tabla para estimación del GSI

**Fuente:** González de Vallejo, 2002

Support category	Q	Conditional factors			P	SPAN/ESR (m)	Type of support	Note see p. 229
		RQD/ $J_n$	$J_r/J_n$	SPAN/ESR (m)	kg/cm <sup>2</sup> (approx.)			
1*	1000—400	—	—	—	< 0.01	20—40	sb (utg)	—
2*	1000—400	—	—	—	< 0.01	30—60	sb (utg)	—
3*	1000—400	—	—	—	< 0.01	46—80	sb (utg)	—
4*	1000—400	—	—	—	< 0.01	65—100	sb (utg)	—
5*	400—100	—	—	—	0.05	12—30	sb (utg)	—
6*	400—100	—	—	—	0.05	19—45	sb (utg)	—
7*	400—100	—	—	—	0.05	30—65	sb (utg)	—
8*	400—100	—	—	—	0.05	48—88	sb (utg)	—
9	100—40	$\geq 20$	—	—	0.25	8.5—19	sb (utg)	—
		< 20	—	—			B (utg) 2.5—3 m	—
10	100—40	$\geq 30$	—	—	0.25	14—30	B (utg) 2—3 m	—
		< 30	—	—			B (utg) 1.5—2 m + clm	—
11*	100—40	$\geq 30$	—	—	0.25	23—48	B (tg) 2—3 m	—
		< 30	—	—			B (tg) 1.5—2 m + clm	—
12*	100—40	$\geq 30$	—	—	0.25	40—72	B (tg) 2—3 m	—
		< 30	—	—			B (tg) 1.5—2 m + clm	—
13	40—10	$\geq 10$	$\geq 1.5$	—	0.5	5—14	sb (utg)	I
		$\geq 10$	< 1.5	—			B (utg) 1.5—2 m	I
		< 10	$\geq 1.5$	—			B (utg) 1.5—2 m	I
		< 10	< 1.5	—			B (utg) 1.5—2 m + S 2—3 cm	I
14	40—10	$\geq 10$	—	$\geq 15$	0.5	9—23	B (tg) 1.5—2 m + clm	I, II
		< 10	—	$\geq 15$			B (tg) 1.5—2 m + S (mr) 5—10 cm	I, II
		—	—	< 15			B (utg) 1.5—2 m + clm	I, III
15	40—10	> 10	—	—	0.5	15—40	B (tg) 1.5—2 m + clm	I, II, IV
		$\leq 10$	—	—			B (tg) 1.5—2 m + S (mr) 5—10 cm	I, II, IV
16* See note XII	40—10	> 15	—	—	0.5	30—65	B (tg) 1.5—2 m + clm	I, V, VI
		$\leq 15$	—	—			B (tg) 1.5—2 m + S (mr) 10—15 cm	I, V, VI

\* Authors' estimates of support. Insufficient case records available for reliable estimation of support requirements.

The type of support to be used in categories 1 to 8 will depend on the blasting technique. Smooth wall blasting and thorough barring-down may remove the need for support. Rough-wall blasting may result in the need for single applications of shotcrete, especially where the excavation height is > 25 m. Future case records should differentiate categories 1 to 8.

Key to Support Tables:

sb = spot bolting  
 B = systematic bolting  
 (utg) = untensioned, grouted

Figura A.10: Medidas de soporte para tipo de rocas de calidad "Excepcional", "Extremadamente Buena", "Muy Buena" y "Buena"

Fuente: N. Barton, 1974

Support category	Q	Conditional factors		P	SPAN/ESR (m)	Type of support	Note See p. 229	
		$RQD/J_n$	$J_r/J_a$	$P$ Kg/cm <sup>2</sup> (approx.)				
17	10-4	$> 30$	—	—	1.0	3.5-9	sb (utg)	I
		$\geq 10, \leq 30$	—	—			B (utg) 1-1.5 m	I
		$< 10$	—	$\geq 6$ m			B (utg) 1-1.5 m	I
		$< 10$	—	$< 6$ m			+S 2-3 cm	I
18	10-4	$> 5$	—	$\geq 10$ m	1.0	7-15	B (tg) 1-1.5 m	I, III
		$> 5$	—	$< 10$ m			+clm	I
		$\leq 5$	—	$\geq 10$ m			B (tg) 1-1.5 m	I, III
		$\leq 5$	—	$< 10$ m			+S 2-3 cm	I
19	10-4	—	—	$\geq 20$ m	1.0	12-29	B (tg) 1-2 m	I, II, IV
		—	—	$< 20$ m			+S (mr) 10-15 cm	I, II
20* See note XII	10-4	—	—	$\geq 35$ m	1.0	24-52	B (tg) 1-2 m	I, V, VI
		—	—	$< 35$ m			+S (mr) 20-25 cm	I, II, IV
21	4-1	$\geq 12.5$	$\leq 0.75$	—	1.5	2.1-6.5	B (utg) 1 m	I
		$< 12.5$	$\leq 0.75$	—			+S 2-3 cm	I
		—	$> 0.75$	—			S 2.5-5 cm	I
22	4-1	$> 10, < 30$	$> 1.0$	—	1.5	4.5-11.5	B (utg) 1 m + clm	I
		$\leq 10$	$> 1.0$	—			S 2.5-7.5 cm	I
		$< 30$	$\leq 1.0$	—			B (utg) 1 m	I
		$\geq 30$	—	—			+S (mr) 2.5-5 cm	I
23	4-1	—	—	$\geq 15$ m	1.5	8-24	B (tg) 1-1.5 m	I, II, IV, VII
		—	—	$< 15$ m			+S (mr) 10-15 cm	I
24* See note XII	4-1	—	—	$\geq 30$ m	1.5	18-46	B (tg) 1-1.5 m	I, V, VI
		—	—	$< 30$ m			+S (mr) 15-30 cm	I, II, IV

\* Authors' estimates of support. Insufficient case records available for reliable estimation of support requirements.

(tg) = tensioned, (expanding shell type for competent rock masses, grouted post-tensioned in very poor quality rock masses; see Note XI)

S = shotcrete

(mr) = mesh reinforced

clm = chain link mesh

CCA = cast concrete arch

(sr) = steel reinforced

Bolt spacings are given in metres (m). Shotcrete, or cast concrete arch thickness is given in centimetres (cm).

**Figura A.11:** Medidas de soporte para tipo de rocas de calidad "Media" y "Mala"  
Fuente: N. Barton, 1974

Support category	Q	Conditional factors $\cdot RQD / J_n$	$J_r / J_a$	SPAN/ESR (m)	P kg/cm <sup>2</sup> (approx.)	SPAN/ESR (m)	Type of support	Note See p. 229
25	1.0-0.4	>10	>0.5	—	2.25	1.5-4.2	B (avg) 1 m + mr or clm	I
		≤10	>0.5	—			B (avg) 1 m + S (mr) 5 cm	I
		—	≤0.5	—			B (tg) 1 m + S (mr) 5 cm	I
26	1.0-0.4	—	—	—	2.25	3.2-7.5	B (tg) 1 m	VIII, X, XI
		—	—	—			+S (mr) 5-7.5 cm	
27	1.0-0.4	—	—	—	2.25	6-18	B (avg) 1 m + S 2.5-5 cm	I, IX
		—	—	≥12 m			B (tg) 1 m	I, IX
		—	—	<12 m			+S (mr) 7.5-10 cm	
		—	—	<12 m			B (avg) 1 m	I, IX
		—	—	>12 m			+S (mr) 5-7.5 cm	VIII, X, XI
28*	1.0-0.4	—	—	<12 m	2.25	15-38	CCA 20-40 cm	VIII, X, XI
		—	—	<12 m			+B (tg) 1 m	VIII, X, XI
		—	—	≥30 m			S (mr) 10-20 cm	VIII, X, XI
See note XII	—	—	—	—	—	—	+B (tg) 1 m	
See note XII	1.0-0.4	—	—	≥20, <30	2.25	15-38	B (tg) 1 m	I, IV, V, IX
		—	—	≥20, <30			+S (mr) 30-40 cm	
		—	—	<20 m			B (tg) 1 m	I, II, IV, IX
		—	—	<20 m			+S (mr) 20-30 cm	
See note XII	1.0-0.4	—	—	<20 m	2.25	15-38	B (tg) 1 m	I, II, IX
		—	—	<20 m			+S (mr) 15-20 cm	
See note XII	1.0-0.4	—	—	—	—	—	CCA (sr) 30-100 cm	IV, VIII, X, XI
See note XII	1.0-0.4	—	—	—	—	—	+B (tg) 1 m	

**Figura A.12:** Medidas de soporte para tipo de rocas de calidad " Muy Mala"  
**Fuente:** N. Barton, 1974

29*	0.4—0.1	>5 ≤5 —	>0.25 >0.25 ≤0.25	— — —	3.0	1.0—3.1	B (urg) 1 m + S 2—3 cm B (urg) 1 m + S (mr) 5 cm B (tg) 1 m + S (mr) 5 cm	— — —
30	0.4—0.1	≥5 <5 —	— — —	— — —	3.0	2.2—6	B (tg) 1 m + S 2.5—5 cm S (mr) 5—7.5 cm B (tg) 1 m + S (mr) 5—7.5 cm	IX IX VIII, X, XI
31	0.4—0.1	>4 ≤4, ≥1.5 <1.5 —	— — — —	— — — —	3.0	4—14.5	B (tg) 1 m + S (mr) 5—12.5 cm S (mr) 7.5—25 cm CCA 20—40 cm + B (tg) 1 m CCA (sr) 30—50 cm + B (tg) 1 m	IX IX IX, XI VIII, X, XI
32	0.4—0.1	—	—	≥20 m <20 m —	3.0	11—34	B (tg) 1 m + S (mr) 40—60 cm B (tg) 1 m + S (mr) 20—40 cm CCA (sr) 40—120 cm + B (tg) 1 m	II, IV, IX, XI III, IV, IX, XI IV, VIII, X, XI

See  
note XII

**Figura A.13:** Medidas de soporte para tipo de rocas de calidad " Muy Mala"  
Fuente N. Barton, 1974

Support category	$Q$	Conditional Factors $RQD/J_n$	$J_r/J_a$	SPAN/ESR (m)	P Kg/cm <sup>2</sup> (approx.)	SPAN/ESR (m)	Type of support	Note See p. 229
33*	0.1-0.01	$\geq 2$	—	—	6	1.0-3.9	B (tg) 1 m +S (mr) 2.5-5 cm S (mr) 5-10 cm S (mr) 7.5-15 cm	IX IX VIII, X IX
34	0.1-0.01	$\geq 2$	$\geq 0.25$	—	6	2.0-11	B (tg) 1 m +S (mr) 5-7.5 cm S (mr) 7.5-15 cm S (mr) 15-25 cm CCA (sr) 20-60 cm + B (tg) 1 m	IX IX IX VIII, X, XI
35	0.1-0.01	—	—	$\geq 15$ m	6	6.5-28	B (tg) 1 m +S (mr) 30-100 cm CCA (sr) 60-200 cm + B (tg) 1 m	II, IX, XI VIII, X, XI, II
See note XII		—	—	$\geq 15$ m			B (tg) 1 m +S (mr) 20-75 cm CCA (sr) 40-150 cm + B (tg) 1 m	IX, XI, III VIII, X, XI, III
36*	0.01-0.001	—	—	—	12	1.0-2.0	S (mr) 10-20 cm S (mr) 10-20 cm + B (tg) 0.5-1.0 m	IX VIII, X, XI
37	0.01-0.001	—	—	—	12	1.0-6.5	S (mr) 20-60 cm S (mr) 20-60 cm + B (tg) 0.5-1.0 m	IX VIII, X, XI
38	0.01-0.001	—	—	$\geq 10$ m	12	4.0-20	CCA (sr) 100-300 cm CCA (sr) 100-300 cm + B (tg) 1 m	IX VIII, X, II, XI
See note XIII		—	—	$\geq 10$ m			S (mr) 70-200 cm S (mr) 70-200 cm + B (tg) 1 m	IX VIII, X, III, XI

\* Authors' estimates of support. Insufficient case records available for confident prediction of support requirements.

**Figura A.14:** Medidas de soporte para tipo de rocas de calidad "Extremadamente Pobre" y "Excepcionalmente Pobre"






**Fuente N. Barton, 1974**

<b>Criterio de rotura empirico</b> $\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{m\sigma_{ci}\sigma_3 + s\sigma_{ci}^2}$ <p><math>\sigma_1</math> y <math>\sigma_3</math>: esfuerzos principales mayor y menor  <math>\sigma_{ci}</math>: esfuerzo compresivo uniaxial de la matriz rocosa  <math>m</math> y <math>s</math>: constantes empiricas del macizo rocoso</p>	Constantes del material: $m$ y $s$ .	<b>Rocas carbonatadas:</b> dolomitas, calizas y mármol.	<b>Rocas arcillosas:</b> argilitas, limolitas, lutitas y pizarras.	<b>Rocas areniscosas:</b> areniscas y cuarcitas	<b>Rocas igneas cristalinas de grano fino:</b> andesitas, doleritas, diabasas y rollitas.	<b>Rocas cristalinas igneas de grano grueso y metamórficas:</b> anfibolitas, gabros, gneises, granitos, noritas y cuarzoelutritas.
Valores para el macizo rocoso alterado o afectado por voladoras ( <i>disturbed</i> ) Valores para el macizo rocoso sin alterar ( <i>undisturbed</i> )						
<b>Muestras de roca intacta</b> Muestras de tamaño de probeta de laboratorio sin discontinuidades. RMR = 100 Q = 500	m s m s	7,0 1,0 7,0 1,0	10,0 1,0 10,0 1,0	15,0 1,0 15,0 1,0	17,0 1,0 17,0 1,0	25,0 1,0 25,0 1,0
<b>Macizo rocoso de muy buena calidad</b> Bloque de roca sana. Juntas sin meteorizar y con espaciado de 1 a 3 m. RMR = 85 Q = 100	m s m s	2,40 0,082 4,10 0,189	3,43 0,082 5,85 0,189	5,14 0,082 8,78 0,189	5,82 0,082 9,95 0,189	8,56 0,082 14,63 0,189
<b>Macizo rocoso de calidad buena</b> Bloques de roca sana o ligeramente meteorizada, con juntas espaciadas de 1 a 3 m. RMR = 65 Q = 10	m s m s	0,575 0,00293 2,006 0,0205	0,821 0,00293 2,865 0,0205	1,231 0,00293 4,298 0,0205	1,395 0,00293 4,871 0,0205	2,052 0,00293 7,163 0,0205
<b>Macizo rocoso de calidad media</b> Varias familias de discontinuidades moderadamente meteorizadas con espaciados de 0.3 a 1 m. RMR = 44 Q = 1	m s m s	0,128 0,00009 0,947 0,00198	0,183 0,00009 1,353 0,00198	0,275 0,00009 2,030 0,00198	0,311 0,00009 2,301 0,00198	0,458 0,00009 3,383 0,00198
<b>Macizo rocoso de calidad mala</b> Numerosas juntas meteorizadas con algo de relleno. Brechas compactas sin rellenos. Espaciado de 0.03 a 0.5 m. RMR = 23 Q = 0.1	m s m s	0,029 0,000003 0,447 0,00019	0,041 0,000003 0,639 0,00019	0,061 0,000003 0,959 0,00019	0,069 0,000003 1,087 0,00019	0,102 0,000003 1,598 0,00019
<b>Macizo rocoso de calidad muy mala</b> Numerosas juntas intensamente meteorizadas con rellenos. Espaciado < 0.05 m. Brechas con rellenos arcillosos. RMR = 3 Q = 0.01	m s m s	0,007 0,0000001 0,219 0,00002	0,010 0,0000001 0,313 0,00002	0,015 0,0000001 0,469 0,00002	0,017 0,0000001 0,532 0,00002	0,025 0,0000001 0,782 0,00002

**Figura A.15:** Relaciones entre calidad de los macizos rocosos y los valores de las constantes  $m$  y  $s$

Fuente González de Vallejo, 2002



Appearance of rock mass	Description of rock mass	Suggested value of $D$
	Excellent quality controlled blasting or excavation by Tunnel Boring Machine results in minimal disturbance to the confined rock mass surrounding a tunnel.	$D = 0$
	Mechanical or hand excavation in poor quality rock masses (no blasting) results in minimal disturbance to the surrounding rock mass.  Where squeezing problems result in significant floor heave, disturbance can be severe unless a temporary invert, as shown in the photograph, is placed.	$D = 0$  $D = 0.5$ No invert
	Very poor quality blasting in a hard rock tunnel results in severe local damage, extending 2 or 3 m, in the surrounding rock mass.	$D = 0.8$
	Small scale blasting in civil engineering slopes results in modest rock mass damage, particularly if controlled blasting is used as shown on the left hand side of the photograph. However, stress relief results in some disturbance.	$D = 0.7$ Good blasting  $D = 1.0$ Poor blasting
	Very large open pit mine slopes suffer significant disturbance due to heavy production blasting and also due to stress relief from overburden removal.  In some softer rocks excavation can be carried out by ripping and dozing and the degree of damage to the slopes is less.	$D = 1.0$ Production blasting  $D = 0.7$ Mechanical excavation

**Figura A.16:** Disturbancia de las excavaciones

**Fuente:** Hoek, Carranza.Torres, & Corkum, Hoek . Brown Failure Criterion, 2002

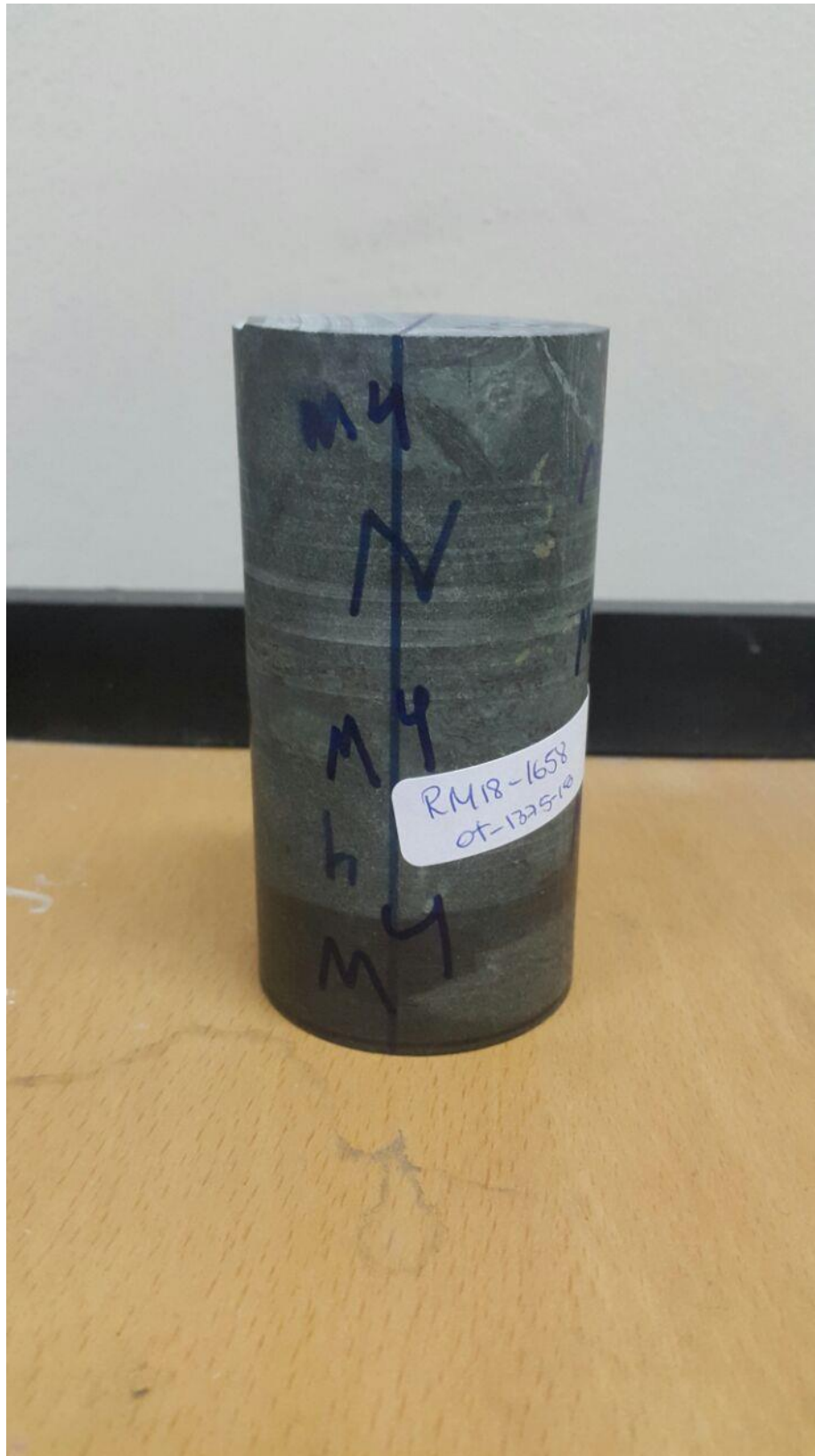
**ANEXO B**  
**EVIDENCIAS**



**Figura B.1:** Fotografía del cilindro de la muestra 1  
**Fuente:** Duque, K. 2018



**Figura B.2:** Fotografía del cilindro de la muestra 2  
**Fuente:** Duque, K. 2018



**Figura B.3:** Fotografía del cilindro de la muestra 4

**Fuente:** Duque, K. 2018

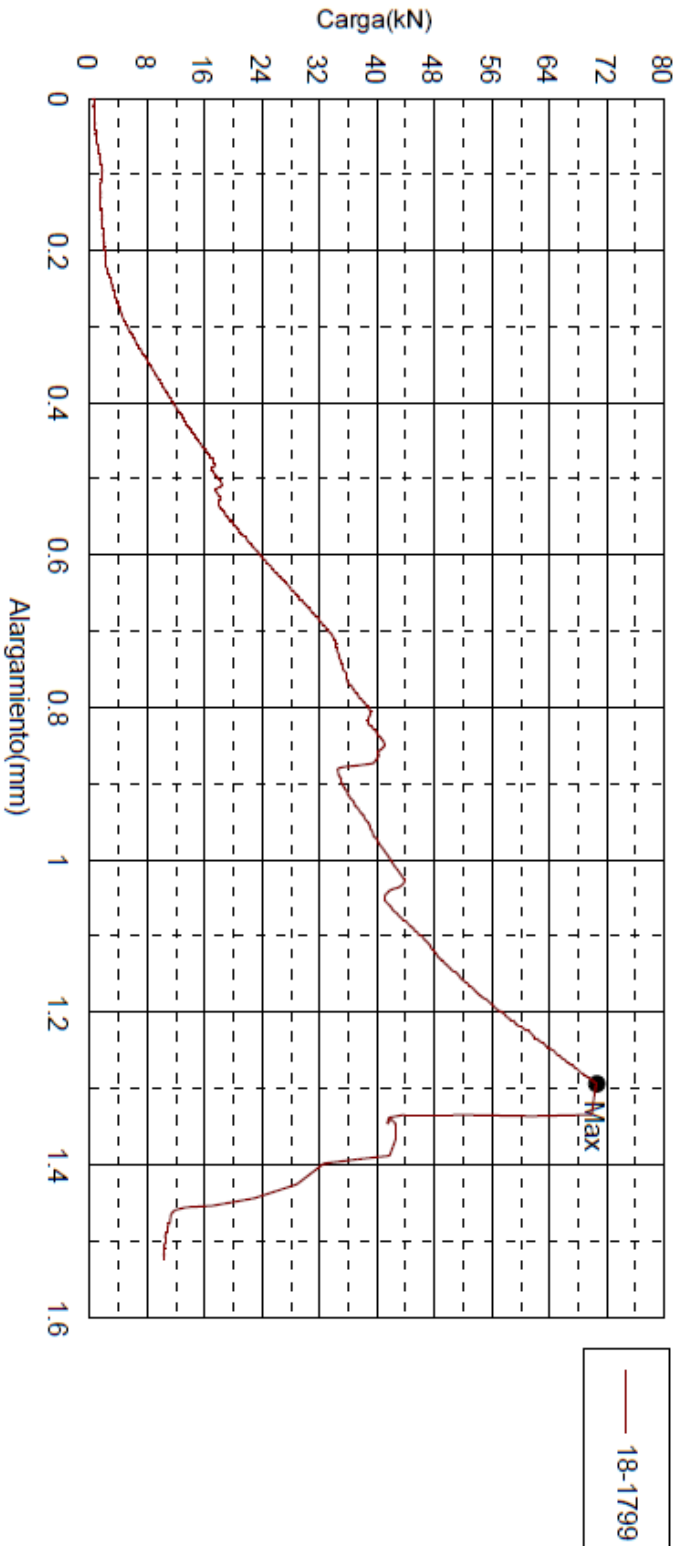


**Figura B.4:** Fotografía del cilindro de la muestra 5  
**Fuente:** Duque, K. 2018

Forma: Cilindrica

Diametro	Altura
Unidades	mm
18-1799	55.3300
	111.5200

Nombre	Max._Carga	Max._Esfuerzo	Rotura_Carga	Rotura_Esfuerz o
Unidades	KN	MPa	KN	MPa
18-1799	70.5188	29.3287	--	--

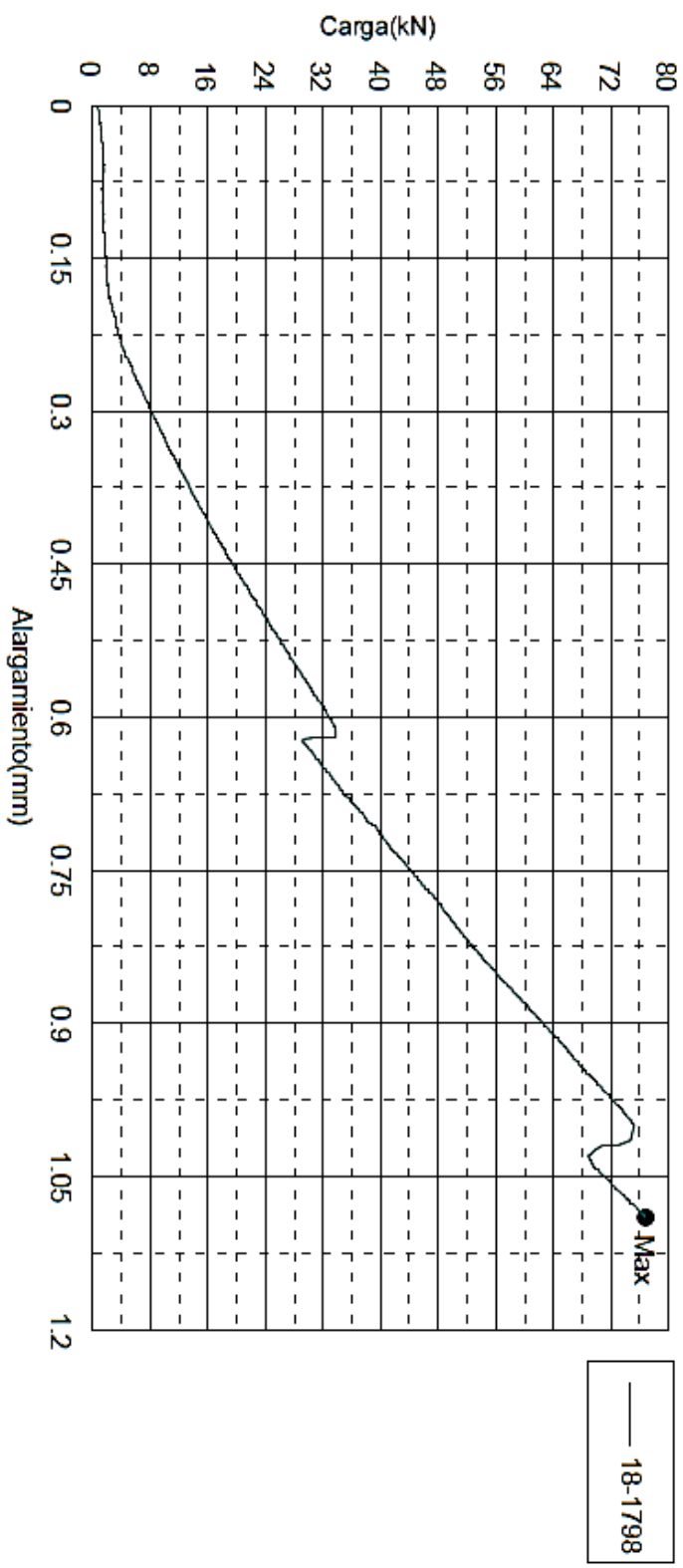


**Figura B.5:** Resultado del ensayo uniaxial de la muestra 1  
**Fuente:** LEMAT, ESPOL. 2018

Forma: Cilindrica

Diametro	mm	Altura	mm
Unidades	55.4500		114.1700
18-1798			

Nombre	Max._Carga	Max._Esfuerzo	Rotura_Carga	Rotura_Esfuerz <sup>o</sup>
Unidades	kN	MPa	kN	MPa
18-1798	76.8375	31.8185	--	--

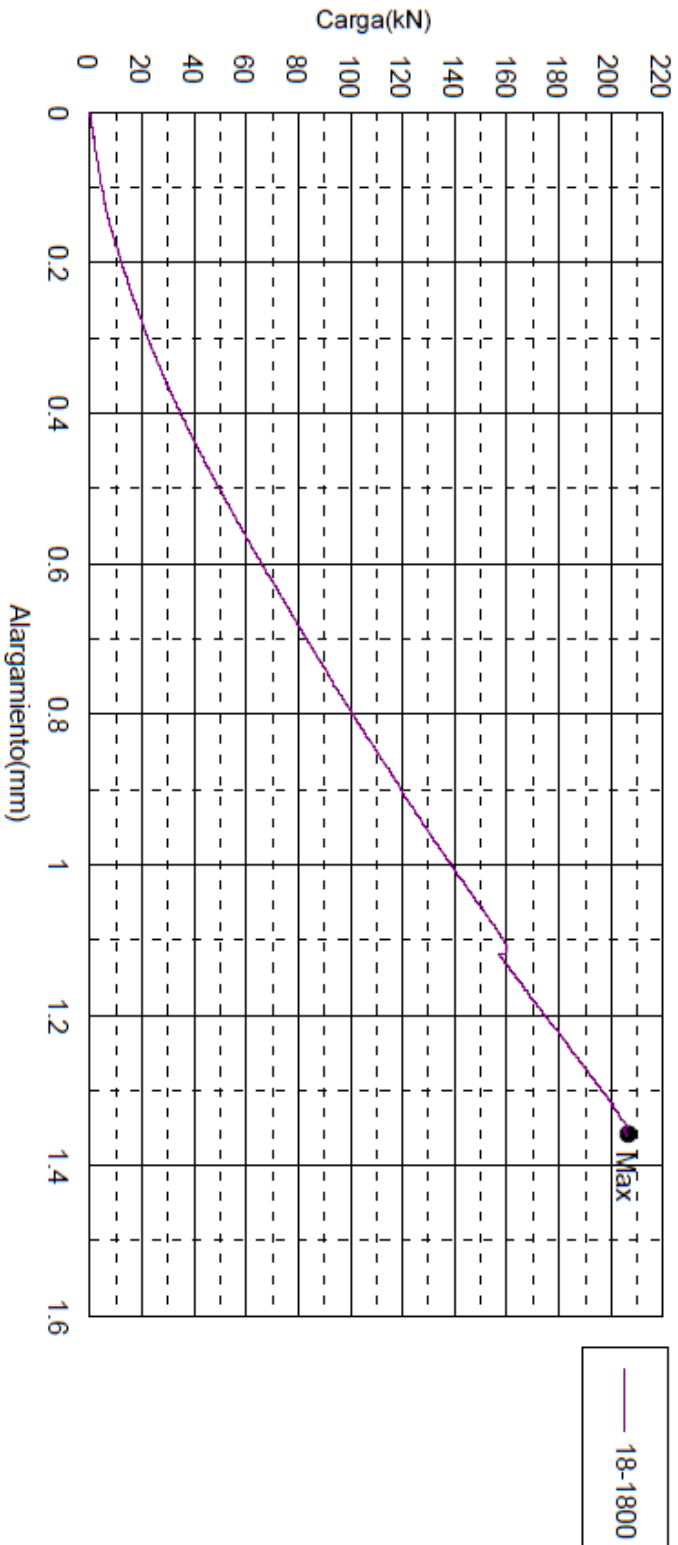


**Figura B.6:** Resultado del ensayo uniaxial de la muestra 2  
**Fuente:** LEMAT, ESPOL. 2018

Forma: Cilindrica

Diametro	mm	Altura	mm
Unidades	55.3100		108.1200
18-1800			

Nombre	Max._Carga	Max._Esfuerzo	Rotura_Carga	Rotura_Esfuerz
Unidades	kN	MPa	kN	MPa
18-1800	206.625	85.9975	--	--



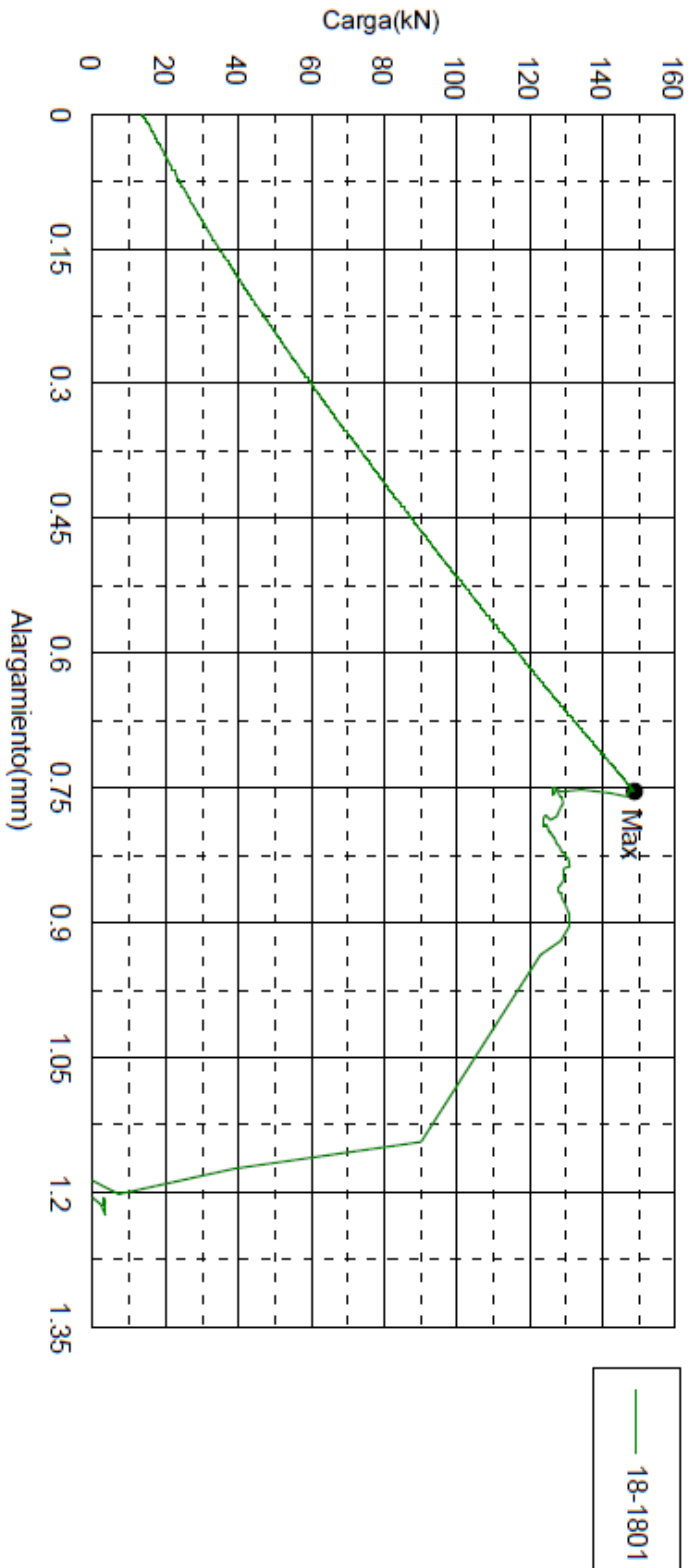
**Figura B.7:** Resultado del ensayo uniaxial de la muestra 4  
**Fuente:** LEMAT, ESPOL. 2018



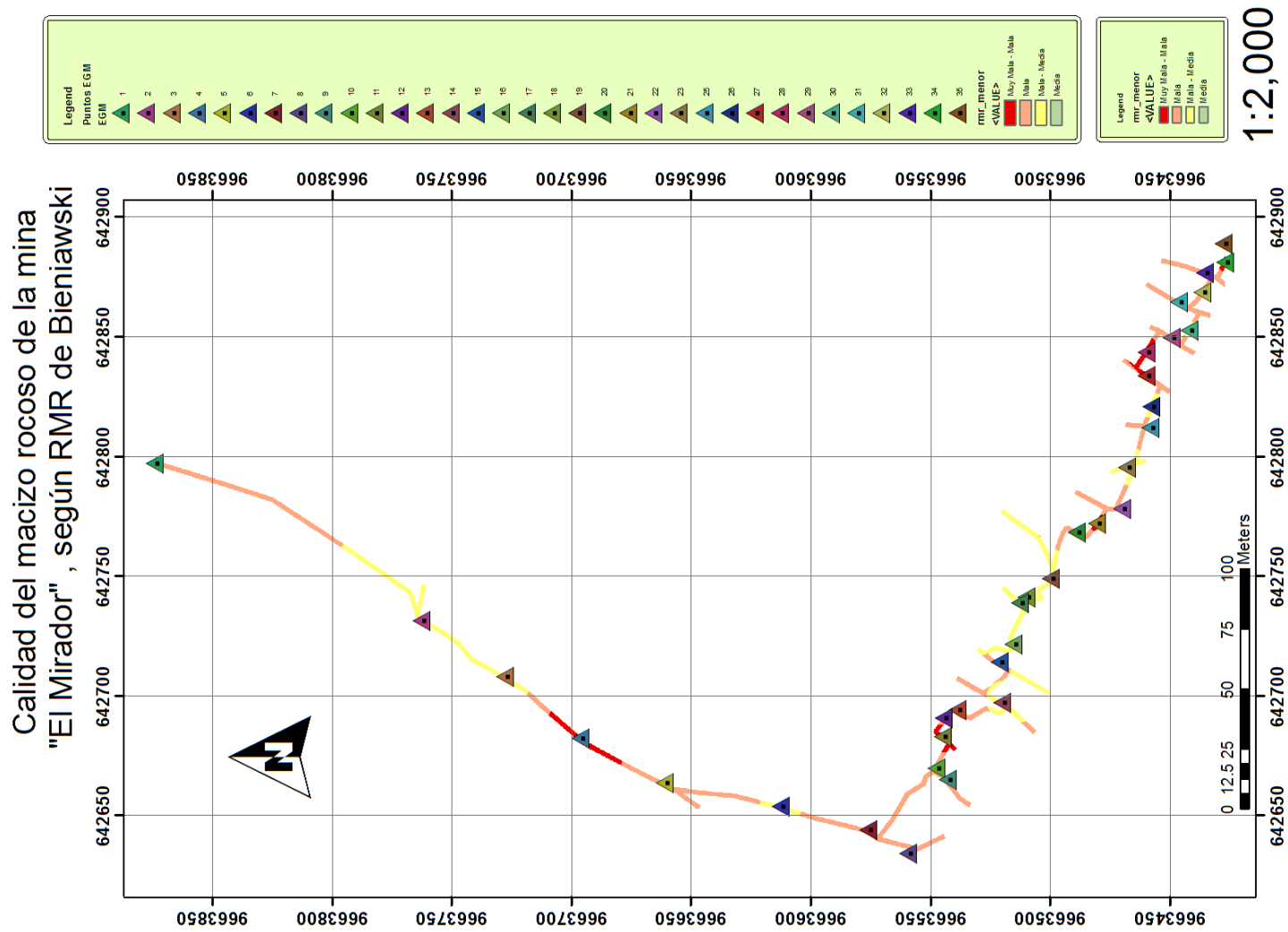
Forma: Cilindrica

Diametro	Altura
mm	mm
18-1801	55.2200
	110.3100

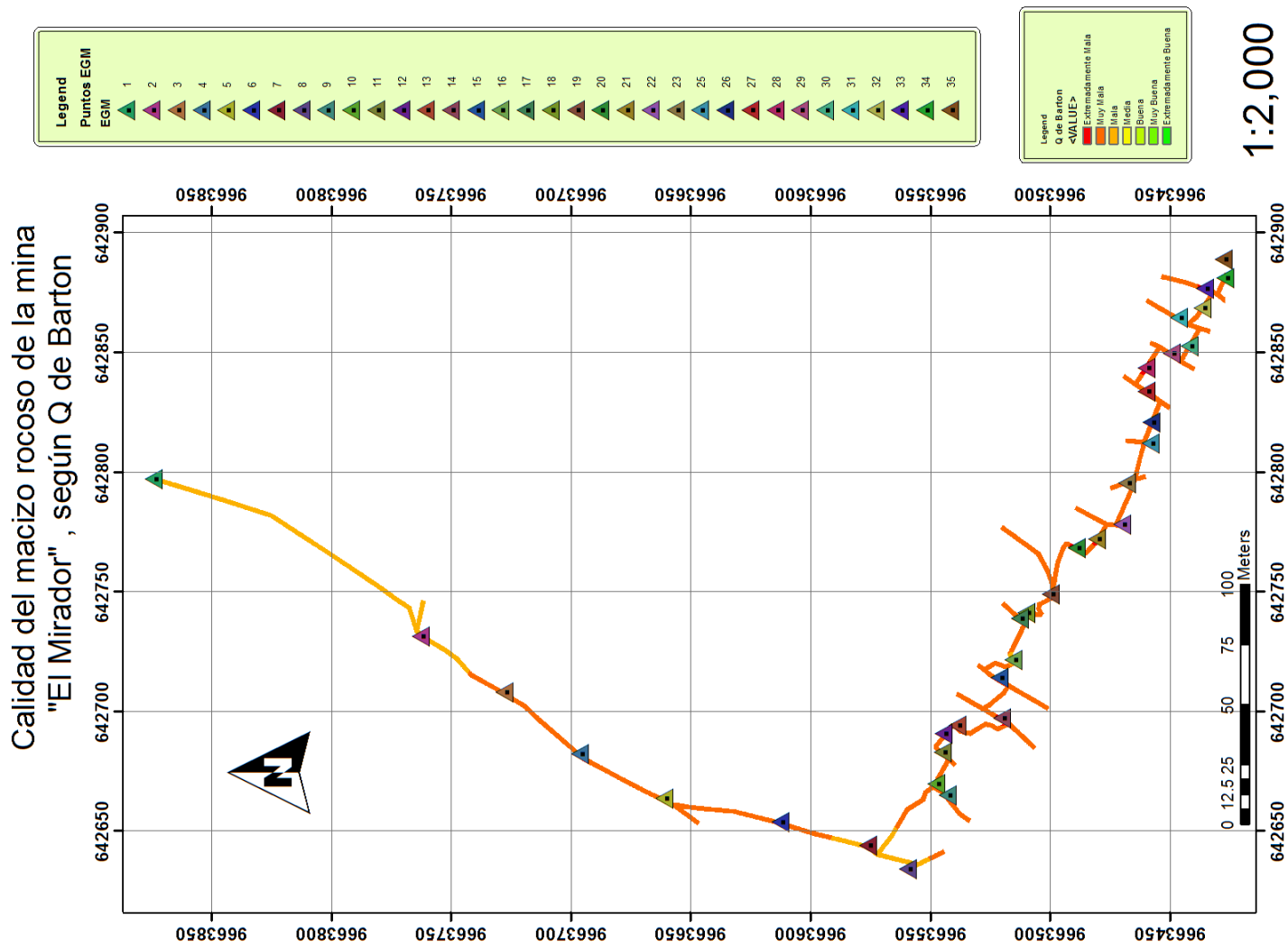
Nombre	Max._Carga	Max._Esfuerzo	Rotura_Carga	Rotura_Esfuerz <sup>o</sup>
Unidades	KN	MPa	KN	MPa
18-1801	148.688	62.0857	--	--



**Figura B.8:** Resultado del ensayo uniaxial de la muestra 5  
**Fuente:** LEMAT, ESPOL. 2018



**Figura B.9:** Plano de El Mirador indicando la calidad del macizo rocoso según RMR de Bieniawski  
**Fuente:** Duque, K. 2018



**Figura B.10:** Plano de El Mirador indicando la calidad del macizo rocoso según Q de Barton  
**Fuente:** Duque, K. 2018



**Figura B.11:** EGM 7 con punto de control  
**Fuente:** Duque, K. 2018



**Figura B.12:** EGM 9 con punto de control

**Fuente:** Duque, K. 2018



**Figura B.13:** EGM 13 con punto de control  
**Fuente:** Duque, K. 2018



**Figura B.14:** EGM 22 con punto de control  
**Fuente:** Duque, K. 2018



**Figura B.15:** EGM 29 con punto de control

**Fuente:** Duque, K. 2018





**Figura B.16:** EGM 32 con punto de control  
**Fuente:** Duque, K. 2018



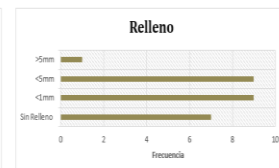
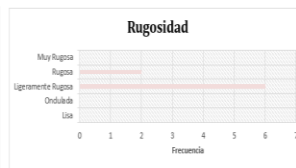
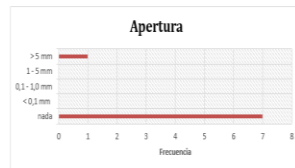
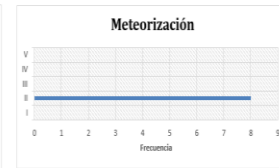
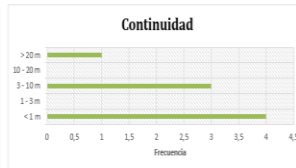
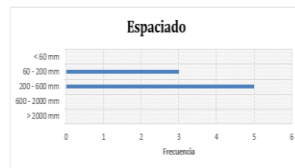
**Figura B.17:** EGM 33 con punto de control  
**Fuente:** Duque, K. 2018

## ANEXO C

### FICHAS DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

Estación N°	EGM #1. En la estación topografica M4			FECHA	29/09/2017		
Ficha de estación Geomecánica N° :			1	Calidad de Afloramiento			Buena
Litología	Andesitas			Fracturas/metro			
Meteorización	II			λ hor		11	
Formación				λ ver		13	
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:		XX	ALTURA			
Numero de Golpes con martillo de geologo:			6	GSI		55	

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tipo de plano	J1	J1	J1	J1	J2	J2	J3	J3		
Dir. de buz.	63	89	48	107	142	145	98	96		
Buzamiento	42	40	51	52	41	40	45	40		
<b>ESPACIADO</b>										
> 2000 mm										
600 - 2000 mm										
200 - 600 mm	X	X	X		X	X				
60 - 200 mm				X			X	X		
< 60 mm										
<b>CONTINUIDAD</b>										
< 1m					X	X	X	X		
1 - 3 m										
3 - 10 m	X	X	X							
10 - 20 m										
> 20 m				X						
<b>APERTURA</b>										
nada	X		X	X	X	X	X	X		
< 0,1 mm										
0,1 - 1,0 mm										
1 - 5 mm										
> 5 mm		X								
<b>RUGOSIDAD</b>										
ondulación	3	4	3	3	3	3	3	4		
JRC	10	11	10	6	7	5	10	10		
<b>METEORIZACIÓN</b>										
Grado	2	2	2	2	2	2	2	2		
<b>AGUA</b>										
Seco										
Lig. Húmedo										
Húmedo	X	X	X	X	X	X	X	X		
Goteando										
Fluyendo										
<b>RELLENO</b>										
Naturaleza	NO		NO	NO	NO	NO	NO	NO		
Plleno Duro		Arcilla								
Plleno Blando		X								
Espesor mm		100								



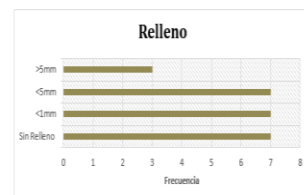
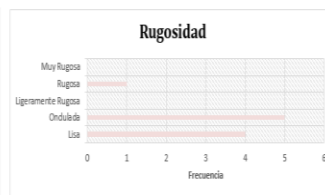
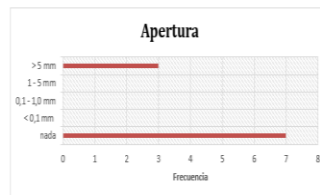
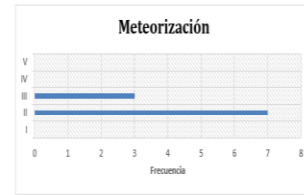
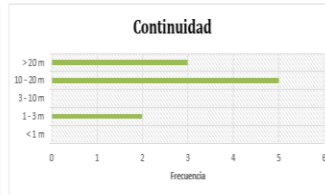
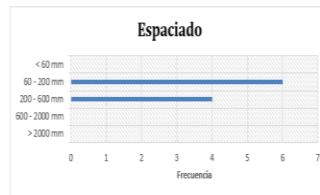
Estación N°	EGM #2 En la estación topografica M13		
Ficha de estación Geomecánica N° :			1
Litología	Andesitas		
Meteorización	II		
Formación			
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:		XX
	Numero de Golpes con martillo de geologo:		4

FECHA	29/09/2017
Calidad de Afloramiento	Medio

Fracturas/metro	
λ hor	10
λ ver	18

Altura	2,17
GSI	43

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tipo de plano	V,J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J4	J4
Dir. de buz	93	112	125	230	263	270	282	279	182	199
Buzamiento	30	21	25	23	38	40	48	42	88	80
<b>ESPACIADO</b>										
> 2000 mm										
600 - 2000 mm										
200 - 600 mm			X	X	X	X				
60 - 200 mm	X	X					X	X	X	X
< 60 mm										
<b>CONTINUIDAD</b>										
< 1m										
1 - 3 m									X	X
3 - 10 m										
10 - 20 m				X	X	X	X	X		
> 20 m	X	X	X							
<b>APERTURA</b>										
nada				X	X	X	X	X	X	X
< 0,1 mm										
0,1 - 10 mm										
1 - 5 mm										
> 5 mm	X	X	X							
<b>RUGOSIDAD</b>										
ondulación	1	4	1	2	2	2	1	2	1	2
JFC	2	12	2	6	6	6	4	6	4	5
<b>METEORIZACIÓN</b>										
Grado	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
<b>AGUA</b>										
Seco	x	x	x			x	x	x	x	x
Lig. Húmedo				x	x					
Húmedo										
Goteando										
Fluyendo										
<b>RELLENO</b>										
Naturalaleza	arcilla	arcilla	arcilla	no	no	no	no	no	no	no
Relleno Duro										
Relleno Blando	x	x	x							
Espesor mm	50	19	50							



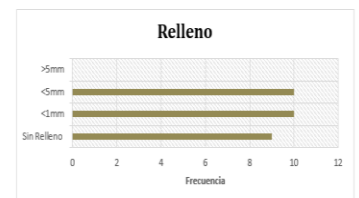
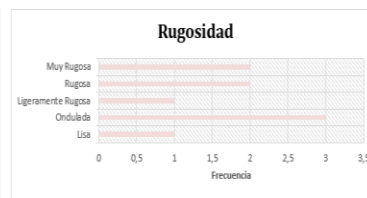
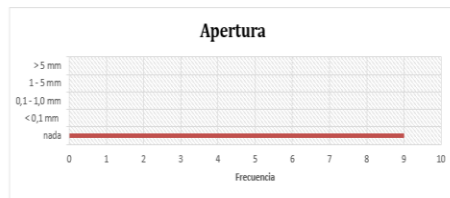
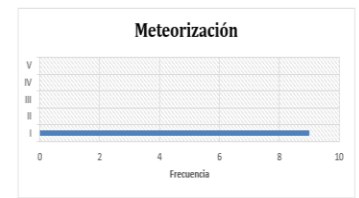
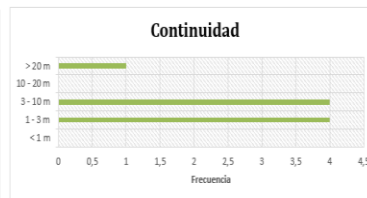
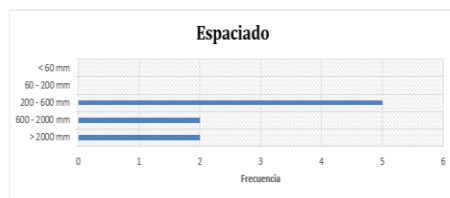
Estación N°	EGM #3 - 7.5 m delante de la estación topografica M18	
Ficha de estación Geomecánica N° :		3
Litología	Andesitas	
Meteorización	I	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
Numero de Golpes con martillo de geologo:		8

FECHA	29/09/2017
Calidad de Afloramiento	Medio

Fracturas/metro	
λ hor	18
λ ver	16

Altura	2,9
GSI	70

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	J3	J3	J4	J4	J4
Dir. de buc.	120		108	105	68	77	113	124	195	195
Buzamiento	44		34	54	40	62	32	30	82	30
<b>ESPACIADO</b>										
> 2000 mm				X	X					
600 - 2000 mm								X	X	
200 - 600 mm	X	X	X			X	X			
60 - 200 mm										
< 60 mm										
<b>CONTINUIDAD</b>										
< 1m				X	X				X	X
1- 3 m										
3- 10 m	X	X	X			X				
10- 20 m										
> 20 m							X			
<b>APERTURA</b>										
nada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
< 0,1 mm										
0,1- 10 mm										
1- 5 mm										
> 5 mm										
<b>RUGOSIDAD</b>										
ondulación	2	4	2	4	3	1	2	5	5	
JFC	6	8	6	10	9	2	5	12	13	
<b>METEORIZACIÓN</b>										
Grado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<b>AGUA</b>										
Seco	X	X	X		X	X	X	X	X	
Lig. Húmedo				X						
Húmedo										
Goteando										
Fluyendo										
<b>RELLENO</b>										
Naturaleza	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Prelleno Duro										
Prelleno Blando										
Espesor mm										



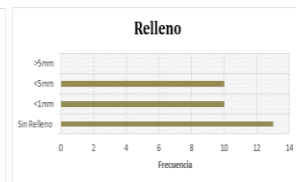
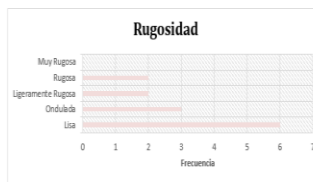
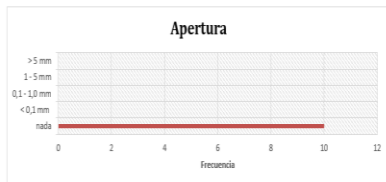
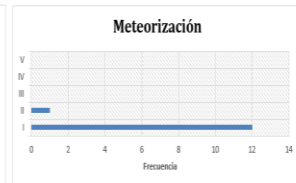
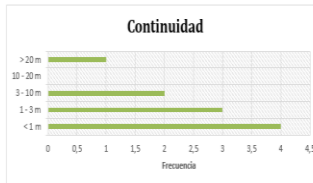
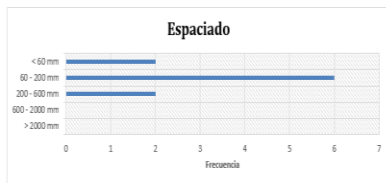
Estación N°	EGM #4 27.75m de la estación topografica M19	
Ficha de estación Geomecánica N° : 4		
Litología	Andesitas	
Meteorización	II	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
Numero de Golpes con martillo de geologo:		10

FECHA	29/09/2017
Calidad de Afloramiento	buena

Fracturas/metro	
λ hor	25
λ ver	18

Altura	2,5
GSI	60

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	J3	J3	J4	J4	J5	J5	J6	J6
Dir. de buz	102	99	96	169	176	100	106	48	48	138	125	103	108
Buzamiento	40	40	45	88	80	75	73	70	75	95	30	10	13
<b>ESPACIAMIENTO</b>													
> 2000 mm													
600 - 2000 mm													
200 - 600 mm												X	X
60 - 200 mm			X	X	X	X	X	X	X	X	X		
< 60 mm	X	X											
<b>CONTINUIDAD</b>													
< 1m				X	X	X	X						
1-3m	X	X	X					X	X				
3-10 m												X	X
10-20 m													
> 20 m										X	X		
<b>APERTURA</b>													
nada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
< 0,1 mm													
0,1 - 1,0 mm													
1-5 mm													
> 5 mm													
<b>RUGOSIDAD</b>													
ondulación	2	3	1	4	4	2	3	1	2	1	1	1	1
JFC	6	6	3	12	14	4	6	2	6	2	2	3	4
<b>Meteorización</b>													
Meteorización	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>AGUA</b>													
Seco													
Lig. Húmedo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Húmedo													
Goteando													
Fluyendo													
<b>RELLENO</b>													
Naturaleza	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no
relleno Duro													
relleno Blando													
Espesor mm													



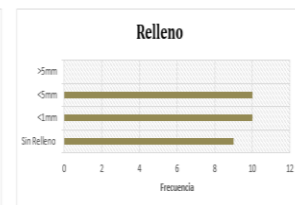
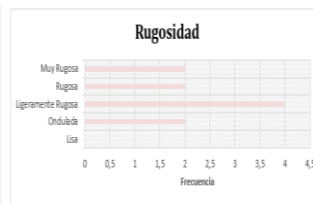
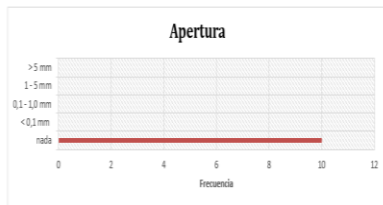
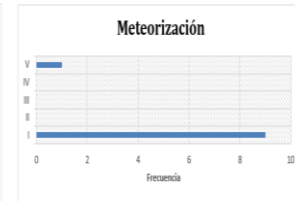
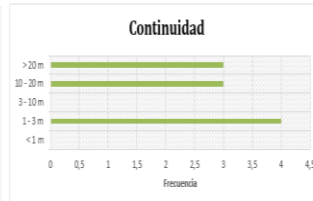
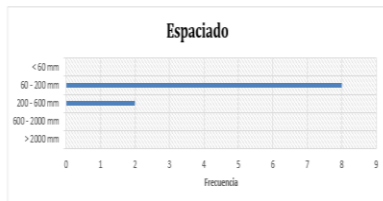
Estación N°	EGM #5	
Ficha de estación Geomecánica N° : 5		
Litología	Andesitas	
Meteorización	II	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a: XX	
Numero de Golpes con martillo de geologo: 2		

FECHA	30/09/2017
Calidad de Afloramiento	Mala

Fracturas/metro	
λ hor	25
λ ver	21

Altura	2,74
GSI	30

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Tipo de plano	J1	J1	J1	J1	J2	J2	J3	J3	J3	J3	
Dir. de buz.		113	113	123	118	64	63	66	146	128	140
Buzamiento		66	40	52	48	44	40	34	35	28	50
<b>ESPACIADO</b>											
> 2000 mm											
600 - 2000 mm					X						X
200 - 600 mm											
60 - 200 mm	X	X	X	X		X	X	X	X		
< 60 mm											
<b>CONTINUIDAD</b>											
< 1m											
1-3 m	X	X	X	X							
3-10 m											
10-20 m					X	X	X				
> 20 m								X	X	X	
<b>APERTURA</b>											
nada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
< 0,1 mm											
0,1-10 mm											
1-5 mm											
> 5 mm											
<b>RUGOSIDAD</b>											
ondulación	2	4	2	3	3	5	3	4	3	5	
JFC	4	10	5	8	8	12	8	10	7	17	
<b>METEORIZACIÓN</b>											
Grado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	
<b>AGUA</b>											
Seco	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Lig. Húmedo											
Húmedo											
Goteando											
Fluyendo											
<b>RELLENO</b>											
Naturaliza	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO		
Relleno Duro											
Relleno Blando											
Espesor mm											



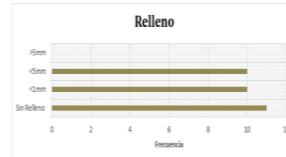
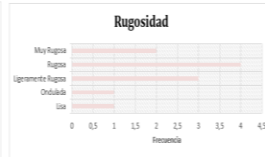
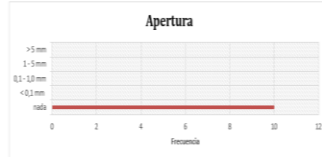
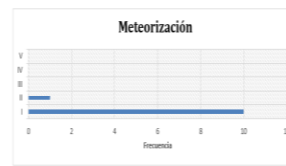
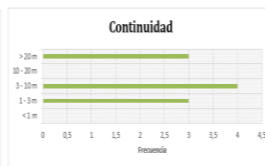
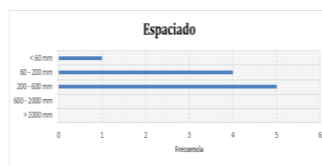
Estación N°	EGM #6 en la estación topografica M23	
Ficha de estación Geomecánica N° :		6
Litología	Andesitas	
Meteorización	I	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
	Numero de Golpes con martillo de geologo:	2

FECHA	30/09/2017
Calidad de Afloramiento	Mala

Fracturas/metro	
λ hor	7
λ ver	5

Altura	2,58
GSI	65

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J3	J4	J4	
Dir. de buz.	15		120	112	132	145	154	174	155	147	132	118
Buzamiento	22		30	38	40	36	60	38	43	50	47	47
<b>ESPACIADO</b>												
> 2000 mm												
600 - 2000 mm												
200 - 600 mm			X	X	X	X			X			
60 - 200 mm	X	X						X	X			
< 60 mm										X	X	
<b>CONTINUIDAD</b>												
< 1m												
1 - 3m								X	X	X		
3 - 10m				X	X	X					X	X
10 - 20m												
> 20m	X	X	X									
<b>APERTURA</b>												
nada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
< 0,1mm												
0,1 - 10 mm												
1 - 5 mm												
> 5 mm												
<b>RUGOSIDAD</b>												
ondulación	4	4	5	4	3	4	3	3	5	2	1	
JPC	8	7	13	9	6	11	6	5	12	5	2	
<b>METEORIZACIÓN</b>												
Grado	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	
<b>AGUA</b>												
Seco	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Lig. Húmedo												
Húmedo												
Goteando												
Pluviendo												
<b>RELLENO</b>												
Naturalaleza	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Relleno Duro												
Relleno Blando												
Espesor mm												





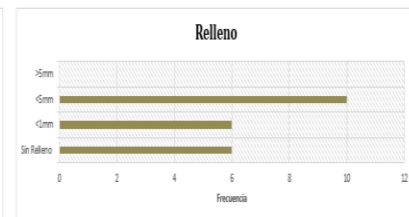
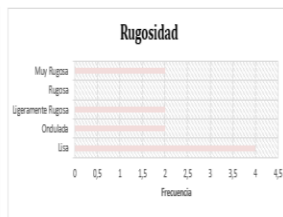
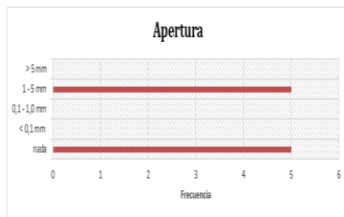
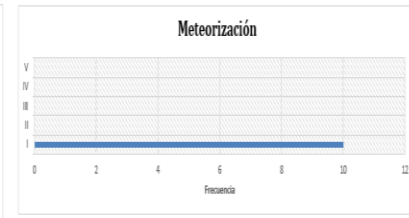
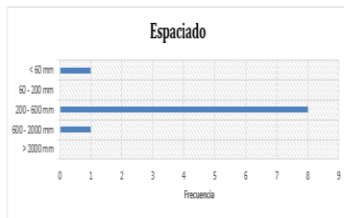
Estación N°	EGM #7 21m del pozo	
Ficha de estación Geomecánica N° : 7		
Litología	Andesitas	
Meteorización	I	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
	Numero de Golpes con martillo de geologo:	7

FECHA	30/09/2017
Calidad de Afloramiento	Media

Fracturas/metro	
λ hor	8
λ ver	7

Altura	2,44
GSI	60

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	J4	J5	J5	91
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J2	J3	J3	J4	J4	J5	J5	J5
Dir. de buz.	96	91	98	113	123	123	114	97	101	30	23	86	86	91
Buzamiento	40	40	32	26	28	26	20	40	42	60	60	62	64	64
<b>ESPACIADO</b>														
> 2000 mm														
600 - 2000 mm			X										X	X
200 - 600 mm	X	X		X	X	X	X	X	X					
60 - 200 mm														
< 60 mm										X				
<b>CONTINUIDAD</b>														
< 1m														
1- 3m										X		X	X	
3 - 10 m								X	X					
10 - 20 m	X	X	X	X	X	X	X							
> 20 m														
<b>APERTURA</b>														
nada	X		X			X	X			X	X			
< 0,1mm														
0,1 - 1,0 mm														
1- 5 mm		X		X	X			X	X				X	
> 5 mm														
<b>RUGOSIDAD</b>														
ondulación	1	1	3	1	3	5	5	1	2	2	2	3	3	3
JRC	2	1	8	3	7	12	14	2	3	3	4	5	5	5
<b>METEORIZACIÓN</b>														
Grado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>AGUA</b>														
Seco														
Lig. Húmedo				X				X	X	X	X	X	X	X
Húmedo	X	X	X		X									
Goteando						X	X							
Fluyendo														
<b>RELLENO</b>														
Naturaleza	NO	Arcilla	NO	Vet	Vet	NO	NO			NO	no	no	no	no
relleno Duro				x	x									
relleno Blando		x						x						
Espesor mm		5		1	5			3						



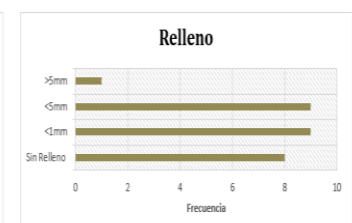
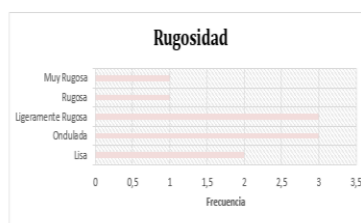
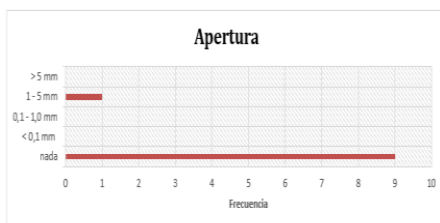
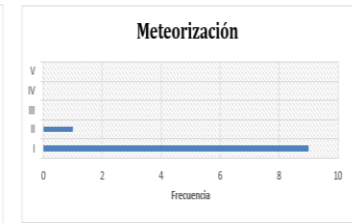
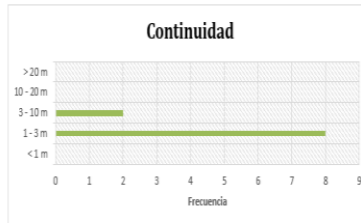
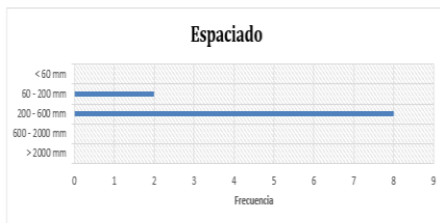
Estación N°	EGM #8 en la Y de la guincha	
Ficha de estación Geomecánica N° :		8
Litología	Andesitas	
Meteorización	II	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a: XX	
Numero de Golpes con martillo de geologo:		9

FECHA	30/09/2017
Calidad de Afloramiento	Mala

Fracturas/metro	
λ hor	8
λ ver	17

Altura	2,9
GSI	55

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J4	J4	
Dir. de buz.	46		42	30	324	332	300	42	72	110	90
Buzamiento	50		65	40	40	45	35	45	45	80	89
<b>ESPACIADO</b>											
> 2000 mm											
600 - 2000 mm											
200 - 600 mm	X	X	X			X	X	X	X	X	
60 - 200 mm				X	X						
< 60 mm											
<b>CONTINUIDAD</b>											
< 1 m											
1 - 3 m	X	X	X	X	X	X	X	X			
3 - 10 m									X	X	
10 - 20 m											
> 20 m											
<b>APERTURA</b>											
nada	X	X	X	X		X	X	X	X	X	
< 0,1 mm											
0,1 - 1,0 mm											
1 - 5 mm					X						
> 5 mm											
<b>RUGOSIDAD</b>											
ondulación	5	2	4	2	1	1	3	2	3	3	
JRC	12	6	10	4	2	1	7	4	8	7	
<b>METEORIZACIÓN</b>											
Grado	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	
<b>AGUA</b>											
Seco			X								
Lig. Húmedo	X	X									
Húmedo				X	X	X	X	X	X	X	
Goteando											
Fluyendo											
<b>RELLENO</b>											
Naturaleza	NO	NO	NO	NO		NO	NO	NO	NO		
Pleno Duro											
Pleno Blando											
Espesor mm					X						



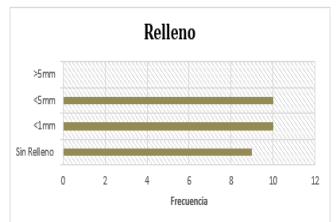
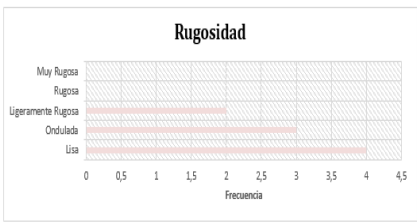
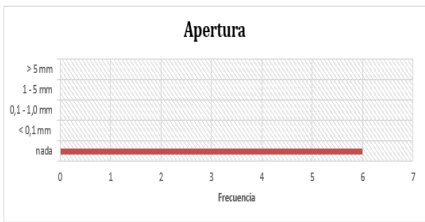
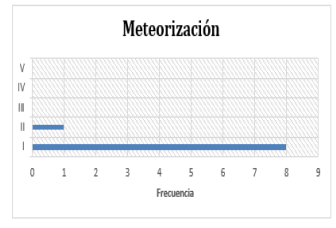
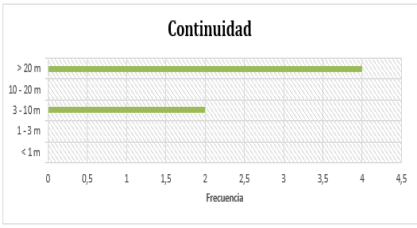
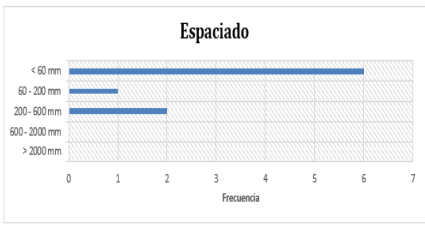
Estación N°	EGM #9 Nivel 2	
Ficha de estación Geomecánica N° :		8
Litología	Andesitas	
Meteorización	II	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
Numero de Golpes con martillo de geologo:		1 en veta y 10 en caja

FECHA	02/10/2017
Calidad de Afloramiento	Media a Mala

Fracturas/metro	
λ hor	7
λ ver	9

Altura	2,13
GSI	50

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tipo de plano	J1	J1	J1	J1	J2	J2	J3	J3	J3	
Dir. de buz.	134		127	132	112	296	292	186	194	182
Buzamiento	22		25	28	35	51	50	73	80	82
<b>ESPACIADO</b>										
> 2000 mm										
600 - 2000 mm										
200 - 600 mm					X					X
60 - 200 mm			X							
< 60 mm	X	X				X	X	X	X	
<b>CONTINUIDAD</b>										
< 1m										
1 - 3 m										
3 - 10 m					X		X			
10 - 20 m										
> 20 m	X	X	X	X						
<b>APERTURA</b>										
nada	X	X	X	X	X	X				
< 0,1mm										
0,1 - 1,0 mm										
1 - 5 mm										
> 5 mm										
<b>RUGOSIDAD</b>										
ondulación	1	1	1	2	1	2	3	3	2	
JFC	2	4	3	6	3	8	10	10	6	
<b>METEORIZACIÓN</b>										
Grado	1	1	1	2	1	1	1	1	1	
<b>AGUA</b>										
Seco	X	X	X	X	X	X	X	X		
Lig. Húmedo										
Húmedo										
Goteando										X
Fluyendo										
<b>RELLENO</b>										
Naturalidad	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Relleno Duro										
Relleno Blando										
Espesor mm										



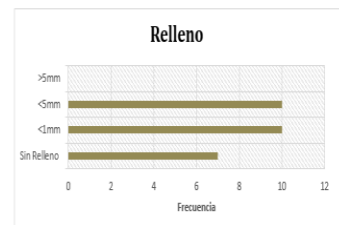
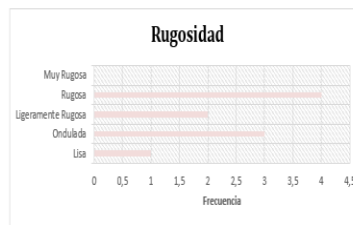
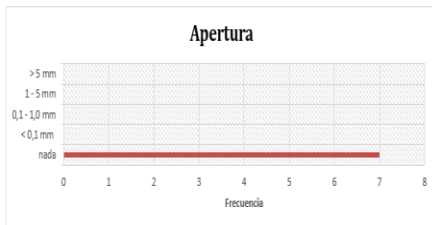
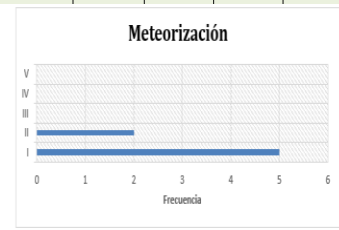
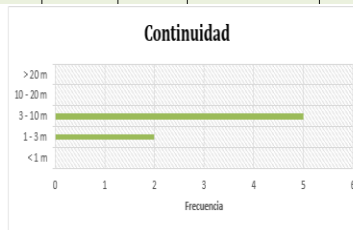
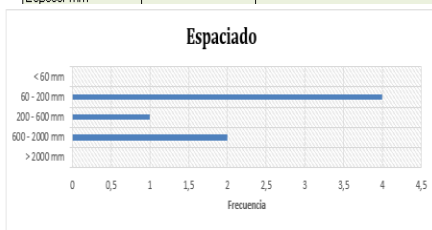
Estación N°	EGM #10 pozo N2 - N3	
Ficha de estación Geomecánica N°:		8
Litología	Andesitas	
Meteorización	II	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
	Numero de Golpes con martillo de geologo:	10

FECHA	02/10/2017
Calidad de Afloramiento	Media a Mala

Fracturas/metro	
λ hor	10
λ ver	14

Altura	1,7
GSI	65

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	J3	J3			
Dir. de buz.	35		20	48	98	99	160	154		
Buzamiento	70		68	65	75	65	50	53		
<b>ESPACIADO</b>										
> 2000 mm										
600 - 2000 mm				X	X					
200 - 600 mm			X							
60 - 200 mm	X	X				X	X			
< 60 mm										
<b>CONTINUIDAD</b>										
< 1 m										
1 - 3 m				X	X					
3 - 10 m	X	X	X			X	X			
10 - 20 m										
> 20 m										
<b>APERTURA</b>										
nada	X	X	X	X	X	X	X			
< 0,1 mm										
0,1 - 1,0 mm										
1 - 5 mm										
> 5 mm										
<b>RUGOSIDAD</b>										
ondulación	4	4	4	2	3	3	1	2	2	4
JRC	14	13	14	5	6	6	2	4	8	12
<b>METEORIZACIÓN</b>										
Grado	1	1	1	1	1	2	2			
<b>AGUA</b>										
Seco			X	X	X					
Lig. Húmedo	X									
Húmedo							X			
Goteando		X				X				
Fluyendo										
<b>RELLENO</b>										
Naturaliza	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO			
Repleno Duro										
Repleno Blando										
Espesor mm										



Estación N°	EGM #11 Nivel 3	
Ficha de estación Geomecánica N° : 11		
Litología	Andesitas	
Meteorización	2	
Formación	Andesitas	
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a: XX	
	Numero de Golpes con martillo de geologo: 2 en meteorizado y 10 en caja	

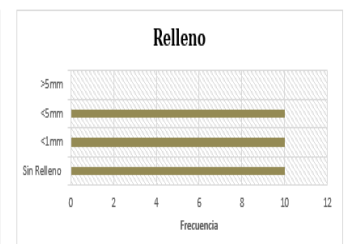
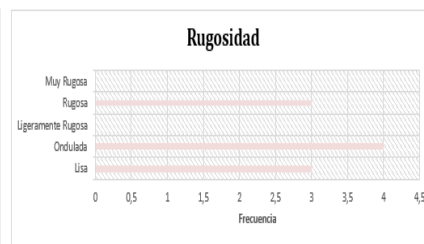
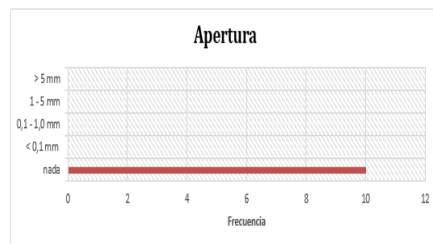
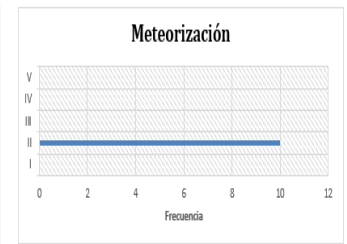
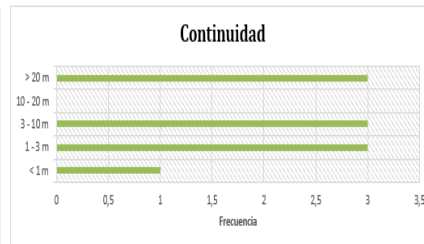
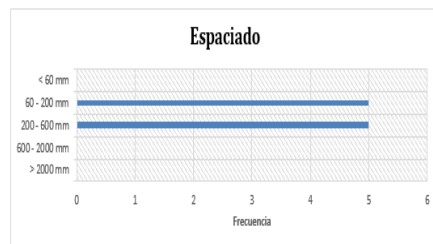
FECHA	02/10/2017
Calidad de Afloramiento	Media a mala

Fracturas/metro	
λ hor	14
λ ver	7

Altura	2,02
GSI	40

SE OBSERVA LEVANTAMIENTO DEL PISO

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tipo de plano	F(J1)	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J4	J4
Dir. de buz.	140		130	128	152	142	155	68	80	79
Buzamiento	30		38	30	65	65	60	68	65	56
<b>ESPACIADO</b>										
> 2000 mm										
600 - 2000 mm										
200 - 600 mm		X		X	X				X	X
60 - 200 mm	X			X			X	X	X	
< 60 mm										
<b>CONTINUIDAD</b>										
< 1 m										X
1 - 3 m								X	X	X
3 - 10 m				X	X	X				
10 - 20 m										
> 20 m	X	X	X							
<b>APERTURA</b>										
nada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
< 0,1 mm										
0,1 - 1,0 mm										
1 - 5 mm										
> 5 mm										
<b>RUGOSIDAD</b>										
ondulación	2	4	4	4	1	1	2	2	2	1



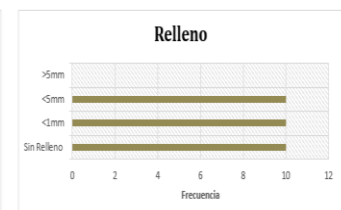
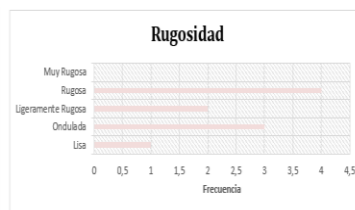
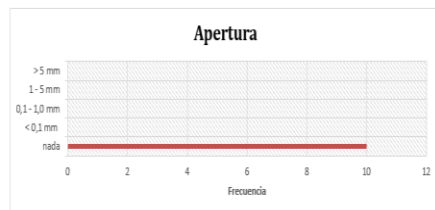
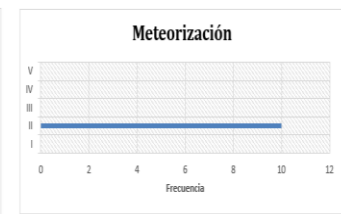
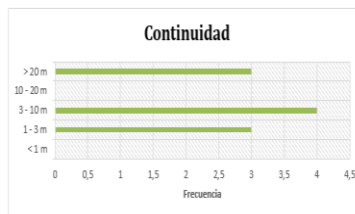
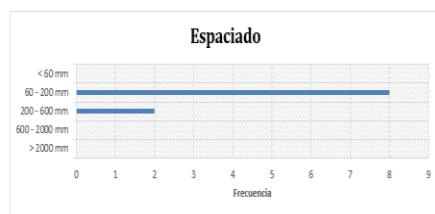
Estación N°	12 pozo N.3 a N.4	
Ficha de estación Geomecánica N° :		
Litología	Andesitas	12
Meteorización	II	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
	Numero de Golpes con martillo de geologo:	10

FECHA	04/10/2017
Calidad de Afloramiento	Medio

Fracturas/metro	
λ hor	8
λ ver	14

Altura	1,9
GSI	40

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J4	J4
Dir. de buz.	122		142	126	137	124	121	224	216	130
Buzamiento	45		30	35	86	87	90	85	87	5
<b>ESPACIADO</b>										
> 2000 mm										
600 - 2000 mm										
200 - 600 mm							X	X		
60 - 200 mm	X	X	X	X	X	X			X	X
< 60 mm										
<b>CONTINUIDAD</b>										
< 1 m										
1 - 3 m				X	X	X				
3 - 10 m							X	X	X	X
10 - 20 m										
> 20 m	X	X	X							
<b>APERTURA</b>										
nada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
< 0,1 mm										
0,1 - 1,0 mm										
1 - 5 mm										
> 5 mm										
<b>RUGOSIDAD</b>										
ondulación	4	4	4	2	3	3	1	2	2	4
JFC	14	13	14	5	6	6	2	4	8	12
<b>METEORIZACIÓN</b>										
Grado	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>AGUA</b>										
Seco										
Lig. Húmedo			X							
Húmedo	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Goteando										
Fluyendo										
<b>RELLENO</b>										
Naturaleza	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Repleno Duro										
Repleno Blando										
Espesor mm										



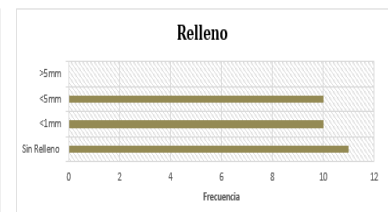
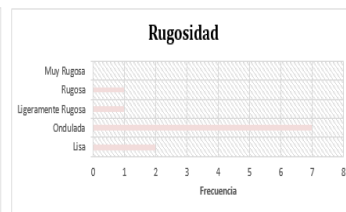
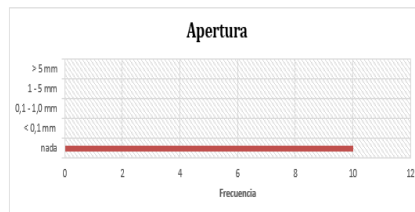
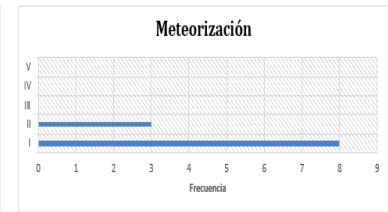
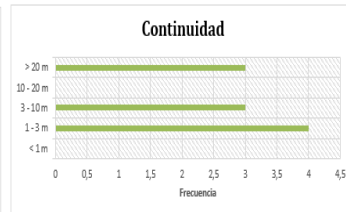
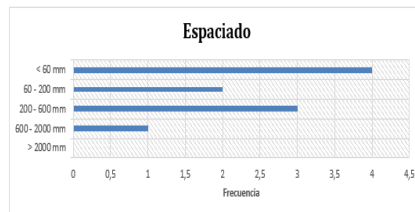
Estación N°	#13 Nivel 4	
Ficha de estación Geomecánica N° :		13
Litología	Andesitas	
Meteorización	II	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
Numero de Golpes con martillo de geologo:		10

FECHA	03/10/2017
Calidad de Afloramiento	MEDIO

Fracturas/metro	
λ hor	12
λ ver	12

Altura	2,23
GSI	50

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J3	J4	J4	
Dir. de buz.	142		128	134	54	52	30	356	345	334	121	131
Euzamiento	40		40	30	87	90	87	60	68	68	13	15
<b>ESPACIADO</b>												
> 2000 mm												
600 - 2000 mm							X					
200 - 600 mm		X		X							X	X
60 - 200 mm	X									X		
< 60 mm				X	X			X	X			
<b>CONTINUIDAD</b>												
< 1 m												
1 - 3 m							X	X	X	X		
3 - 10 m				X	X						X	X
10 - 20 m												
> 20 m	X	X	X									
<b>APERTURA</b>												
nada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
< 0,1 mm												
0,1 - 1,0 mm												
1 - 5 mm												
> 5 mm												
<b>RUGOSIDAD</b>												
ondulación	2	1	2	2	2	2	2	2	4	3	2	1
JPC	8	4	5	5	5	3	8	12	9	2	2	2
<b>METEORIZACIÓN</b>												
Grado	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>AGUA</b>												
Seco	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lig. Húmedo												
Húmedo												
Goteando												
Fluyendo												
<b>RELLENO</b>												
Naturaleza	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Repleno Duro												
Repleno Blando												
Espesor mm												



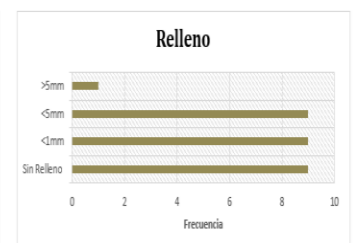
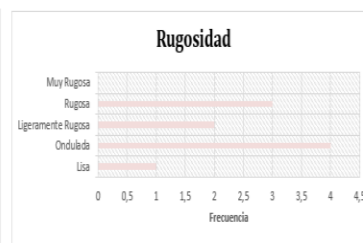
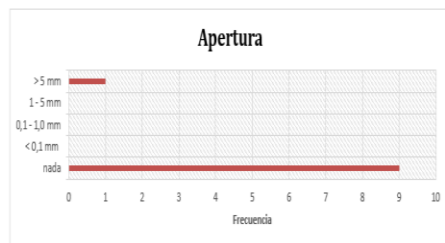
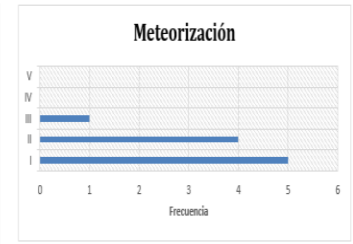
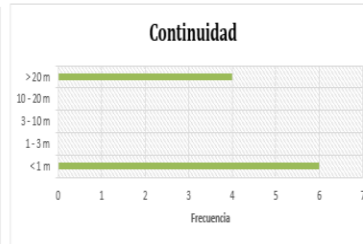
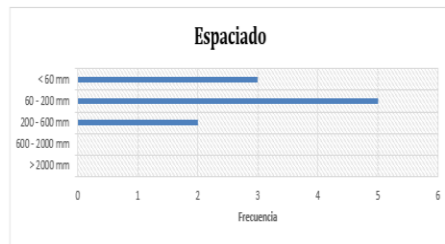
Estación N°	RGM #14 N. 6	
Ficha de estación Geomecánica N° :		14
Litología	Andesitas	
Meteorización		
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
Numero de Golpes con martillo de geologo:		07-oct

FECHA	02/10/2017
Calidad de Afloramiento	Mala

Fracturas/metro	
λ hor	8
λ ver	14

Altura	2,61
GSI	45

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tipo de plano	F(J1)	J1	J1	J1	J2	J2	J3	J3	J4	J4
Dir. de buz.	163		136	148	129	214	218	121	120	32
Buzamiento	35		35	28	35	80	80	18	15	35
<b>ESPACIADO</b>										
> 2000 mm										
600 - 2000 mm										
200 - 600 mm	x		x							
60 - 200 mm		x			x	x	x	x		
< 60 mm				x					x	x
<b>CONTINUIDAD</b>										
< 1m					x	x	x	x	x	x
1 - 3 m										
3 - 10 m										
10 - 20 m										
> 20 m	x	x	x	x						
<b>APERTURA</b>										
nada	x	x		x	x	x	x	x	x	x
< 0,1 mm										
0,1 - 1,0 mm										
1 - 5 mm										
> 5 mm			x							
<b>RUGOSIDAD</b>										
ondulación	4	2	3	3	2	2	4	4	1	2
JFC	8	4	2	7	8	3	10	9	5	7
<b>METEORIZACIÓN</b>										
Grado	3	2	1	2	2	2	1	1	1	1
<b>AGUA</b>										
Seco	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Lig. Húmedo										
Húmedo										
Goteando										
Fluyendo										
<b>RELLENO</b>										
Naturalaleza	NO	NO		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Relleno Duro										
Relleno Blando										
Espesor mm			12							





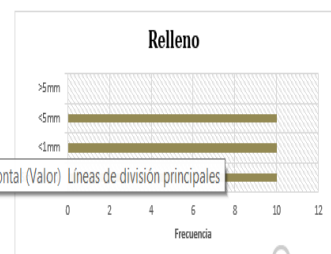
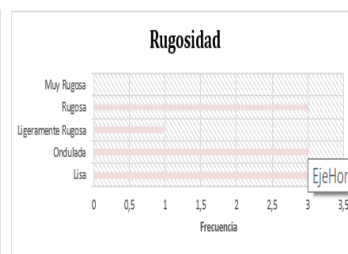
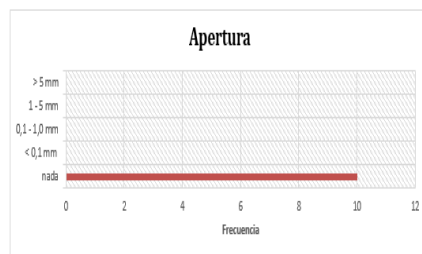
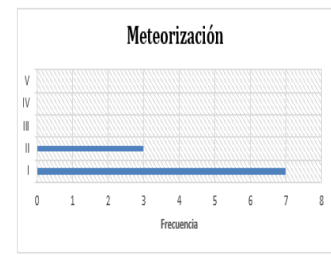
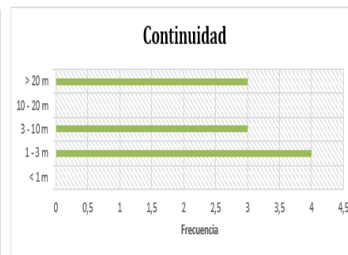
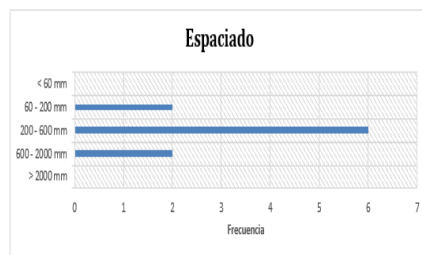
Estación N°	#15 Nivel 7	
Ficha de estación Geomecánica N° :	15	
Litología	Andesitas	
Meteorización	I-II	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
	Numero de Golpes con martillo de geologo:	3

FECHA	02/10/2017
Calidad de Afloramiento	

Fracturas/metro	
λ hor	10
λ ver	16

Altura	2,18
GSI	45

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	J3	J3	J4	J4	J4	
Dir. de buz.	202		200	202	172	166	86	88	78	66	56
Buzamiento	22		30	35	80	85	32	30	80	67	83
<b>ESPACIADO</b>											
> 2000 mm											
600 - 2000 mm	X										X
200 - 600 mm		X	X	X	X			X	X		
60 - 200 mm						X	X				
< 60 mm											
<b>CONTINUIDAD</b>											
< 1m											
1-3m				X	X	X	X				
3-10m								X	X	X	
10-20m											
> 20m	X	X	X								
<b>APERTURA</b>											
nada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
< 0,1mm											
0,1-1,0 mm											
1-5 mm											
> 5 mm											
<b>RUGOSIDAD</b>											
ondulación	4	2	4	1	4	1	2	1	2	3	
JRC	6	10	12	3	10	6	10	3	4	6	
<b>METEORIZACIÓN</b>											
Grado	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	
<b>AGUA</b>											
Seco	X	X		X	X	X	X	X	X	X	
Lig. Húmedo			X								
Húmedo											
Goteando											
Fluyendo											
<b>RELLENO</b>											
Naturalaleza	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Repleno Duro											
Repleno Blando											
Espesor mm											



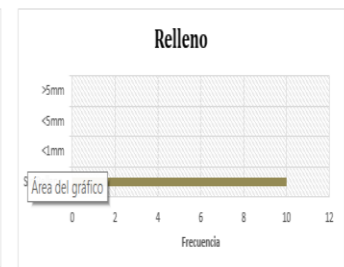
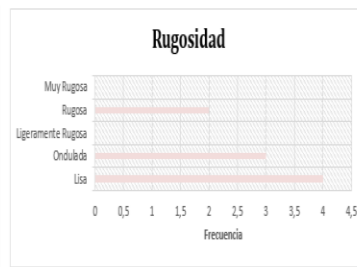
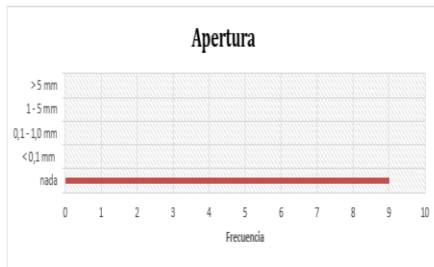
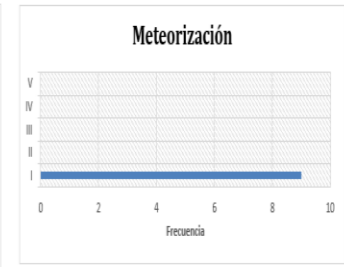
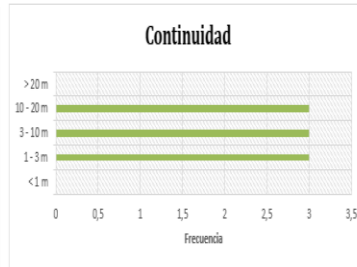
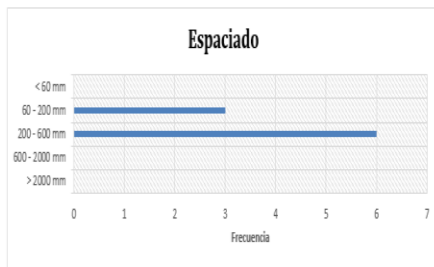
Estación N°	# 16 Pozo N.8 a N.9	
Ficha de estación Geomecánica N° :		16
Litología	Andesitas	
Meteorización	II	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
Numero de Golpes con martillo de geologo:		4

FECHA	03/10/2017
Calidad de Afloramiento	Mala

Fracturas/metro	
λ hor	14
λ ver	19

Altura	2,22
GSI	48

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J3	
Dir. de buz.	226		222	218	152	140	148	196	198	190
Buzamiento	45		43	4	55	55	59	30	29	32
<b>ESPACIADO</b>										
> 2000 mm										
600 - 2000 mm										
200 - 600 mm	X	X	X	X	X	X				
60 - 200 mm							X	X	X	
< 60 mm										
<b>CONTINUIDAD</b>										
< 1m										
1-3 m				X	X	X				
3-10 m							X	X	X	
10-20 m	X	X	X							
> 20 m										
<b>APERTURA</b>										
nada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
< 0,1mm										
0,1-1,0 mm										
1-5 mm										
> 5 mm										
<b>RUGOSIDAD</b>										
ondulación	2	1	1	4	2	1	4	1	2	
JRC	8	4	3	12	6	3	12	2	4	
<b>METEORIZACIÓN</b>										
Grado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<b>AGUA</b>										
Seco	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Lig. Húmedo										
Húmedo										
Goteando										
Fluyendo										
<b>RELLENO</b>										
Naturaleza	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Relleno Duro										
Relleno Blando										
Espesor mm										



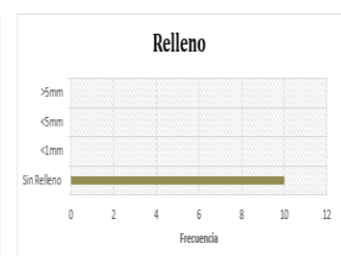
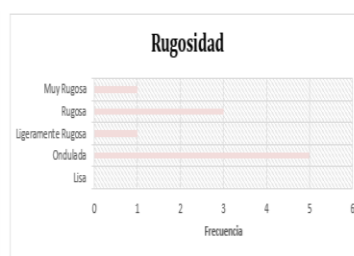
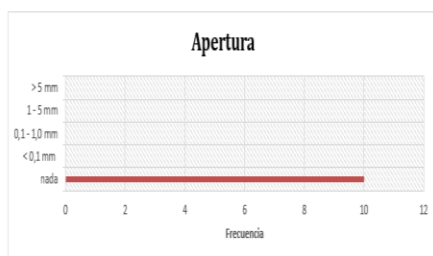
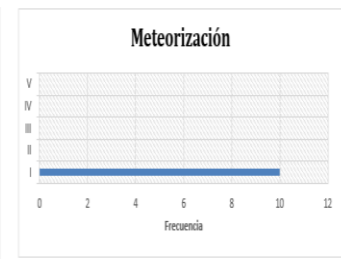
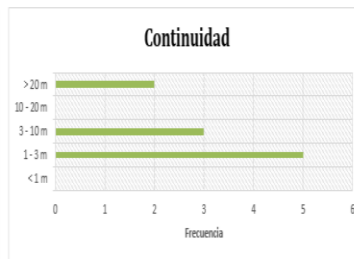
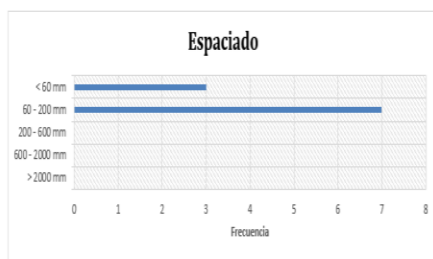
Estación N°	#17 Nivel 9	
Ficha de estación Geomecánica N° :		17
Litología	Andesitas	
Meteorización	I	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a: <b>XX</b>	
Numero de Golpes con martillo de geologo:		<b>10</b>

FECHA	03/10/2017
Calidad de Afloramiento	

Fracturas/metro	
λ hor	14
λ ver	14

Altura	1,62
GSI	48

MEDIDAS	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		
Tipo de plano	J1		J1		J1		J2		J2		J2		J3		J3		J4		J4		
Dir. de buz		102			106		115		164		162		158		158		132		66		52
Buzamiento		26			28		31		55		66		52		32		33		85		92
<b>ESPACIADO</b>																					
> 2000 mm																					
600 - 2000 mm																					
200 - 600 mm																					
60 - 200 mm		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
< 60 mm							X		X		X										
<b>CONTINUIDAD</b>																					
< 1m																					
1 - 3 m						X		X		X								X		X	
3 - 10 m		X		X								X									
10 - 20 m																					
> 20 m														X		X					
<b>APERTURA</b>																					
nada		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
< 0,1mm																					
0,1 - 1,0 mm																					
1 - 5 mm																					
> 5 mm																					
<b>RUGOSIDAD</b>																					
ondulación		2		2		2		4		4		5		4		2		2		2	
JRC		4		3		3		14		15		18		10		6		5		8	
<b>METEORIZACIÓN</b>																					
Grado		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	
<b>AGUA</b>																					
Seco		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
Lig. Húmedo																					
Húmedo																					
Goteando																					
Fluyendo																					
<b>RELLENO</b>																					
Naturalaleza		NO		NO		NO		NO		NO		NO		NO		NO		NO		NO	
Pielleno Duro																					
Pielleno Blando																					
Espesor mm																					



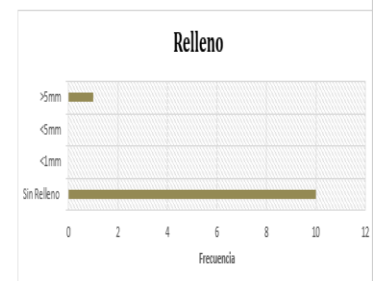
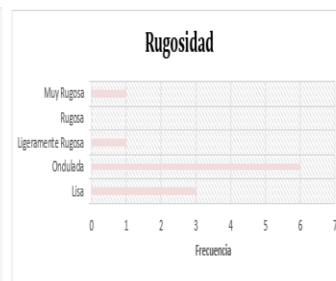
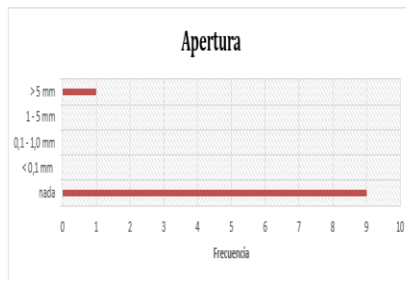
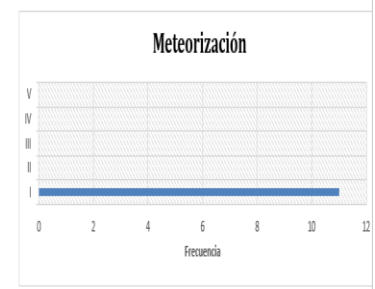
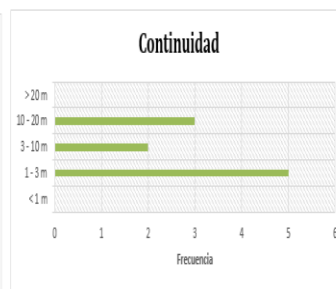
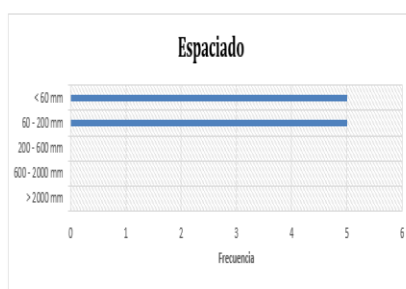
Estación N°	#18 Pozo N.9 a N.10	
Ficha de estación Geomecánica N° :		18
Litología	Andesitas	
Meteorización	I	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
	Numero de Golpes con martillo de geologo:	10

FECHA	03/10/17
Calidad de Afloramiento	MEDIA A MALA

Fracturas/metro	
λ hor	21
λ ver	24

Altura	1,85
GSI	48

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J3	J4	J4	
Dir. de buz	272		280	271	158	170	154	291	294	292	80	70
Buzamiento	35		32	35	85	85	86	65	75	60	65	65
<b>ESPACIAMIENTO</b>												
> 2000 mm												
600 - 2000 mm												
200 - 600 mm												
60 - 200 mm				X	X	X					X	X
< 60 mm	X	X	X				X	X	X			
<b>CONTINUIDAD</b>												
< 1 m												
1 - 3 m				X	X	X	X	X	X			
3 - 10 m											X	X
10 - 20 m	X	X	X									
> 20 m												
<b>APERTURA</b>												
nada	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
< 0,1 mm												
0,1 - 1,0 mm												
1 - 5 mm												
> 5 mm			X									
<b>RUGOSIDAD</b>												
ondulación	2	2	1	5	3	2	1	2	1	2	2	2
JFC	7	8	6	16	8	6	2	8	3	8	6	6
<b>METEORIZACIÓN</b>												
Grado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>AGÜA</b>												
Seco	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lig. Húmedo												
Húmedo												
Goteando												
Fluyendo												
<b>RELLENO</b>												
Naturalaleza	NO	NO	Vacio	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Repleno Duro												
Repleno Elastico												
Espesor mm			6									



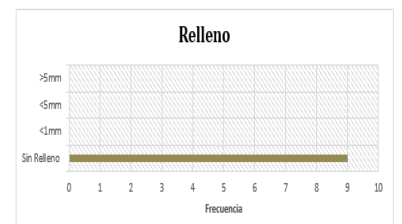
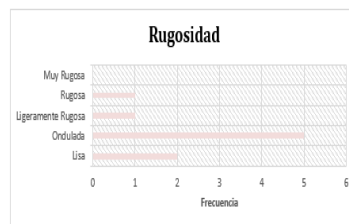
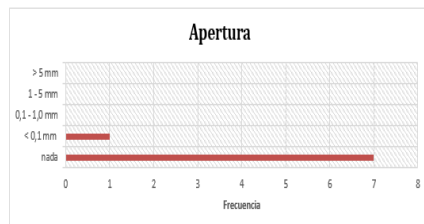
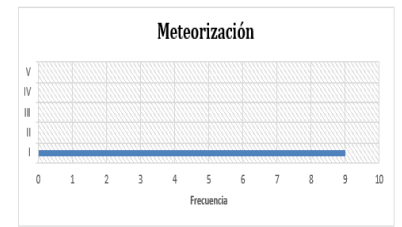
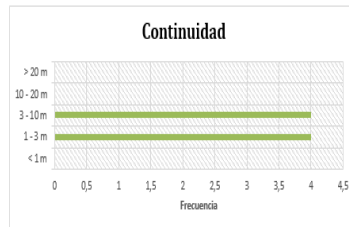
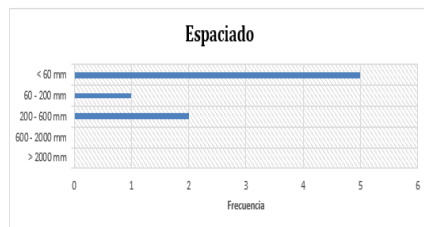
Estación N°	#19 pozo n. 10 a n. 11	
Ficha de estación Geomecánica N° :	19	
Litología	Andesitas	
Meteorización	I	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
	Numero de Golpes con martillo de geologo:	7-10

FECHA	03/10/2017
Calidad de Afloramiento	Media - Mala

Fracturas/metro	
λ hor	14
λ ver	18

Altura	2,16
GSI	50

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J3		
Dir. de buz.	94		106	107	108	94	98	188	186	176	
Buzamiento	30		25	26	50	45	35	70	69	60	
<b>ESPACIADO</b>											
> 2000 mm											
600 - 2000 mm											
200 - 600 mm	X	X								X	
60 - 200 mm					X						
< 60 mm			X	X		X	X	X			
<b>CONTINUIDAD</b>											
< 1m											
1 - 3 m				X	X	X			X	X	
3 - 10 m	X	X	X						X		
10 - 20 m											
> 20 m											
<b>APERTURA</b>											
nada	X		X	X	X	X	X	X	X	X	
< 0,1mm		X									
0,1-1,0 mm											
1-5 mm											
> 5 mm											
<b>RUGOSIDAD</b>											
ondulación	1	3	2	2	1	4	2	2	2		
JFC	4	10	6	9	7	10	6	8	6		
<b>METEORIZACIÓN</b>											
Grado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<b>RELENO</b>											
Naturalza	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Pielleno Duro											
Pielleno Blando											
Espesor mm											



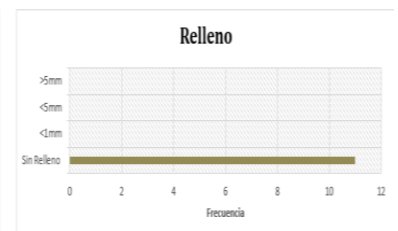
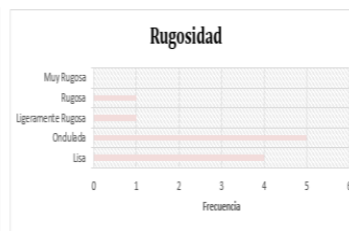
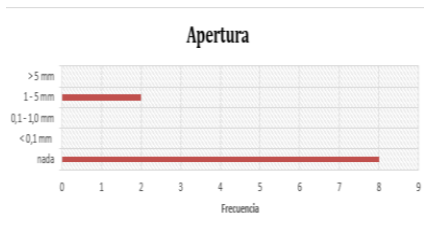
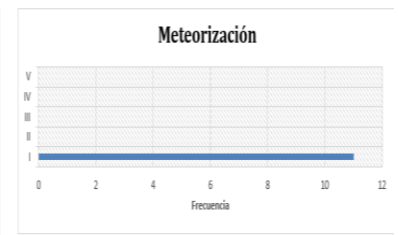
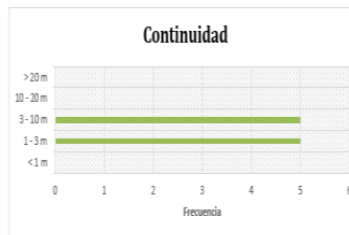
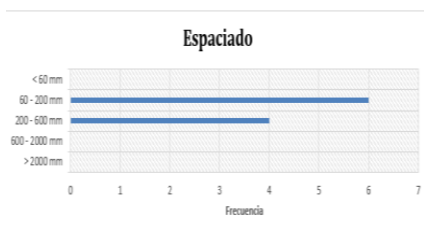
Estación N°	#20 Nivel 12	
Ficha de estación Geomecánica N° :	20	
Litología	Andesitas	
Meteorización	I	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a: XX	
	Numero de Golpes con martillo de geologo: 7-10	

FECHA	03/10/2017
Calidad de Afloramiento	Media - Mala

Fracturas/metro	
λ hor	21
λ ver	27

Altura	2,14
GSI	55

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J4	J4	J4	
Dir. de buz	122		126	128	186	181	182	65	62	128	132	140
Buzamiento	32		30	45	87	89	87	57	55	85	75	83
<b>ESPACIADO</b>												
> 2000 mm												
600 - 2000 mm												
200 - 600 mm				X			X	X	X			
60 - 200 mm	X	X		X	X						X	X
< 60 mm												
<b>CONTINUIDAD</b>												
< 1m												
1 - 3 m	X	X					X			X	X	X
3 - 10 m				X	X	X		X	X			
10 - 20 m												
> 20 m												
<b>APERTURA</b>												
nada	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X
< 0,1 mm												
0,1 - 1,0 mm												
1 - 5 mm					X		X					
> 5 mm												
<b>RUGOSIDAD</b>												
ondulación	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	4	
JFC	2	6	5	3	4	5	8	8	9	10	14	
<b>METEORIZACIÓN</b>												
Grado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<b>RELLENO</b>												
Naturaleza	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Relleno Duro												
Relleno Blando												
Espesor mm					3		4					



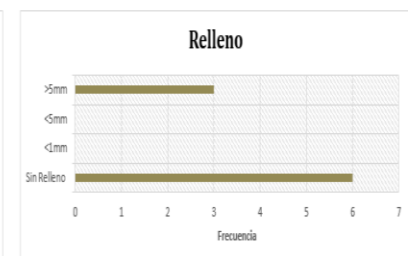
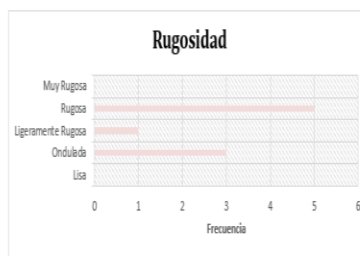
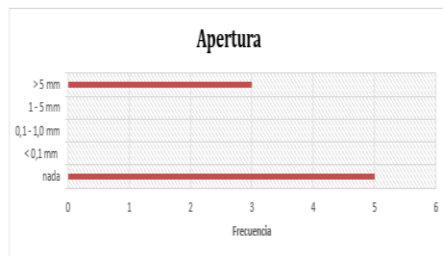
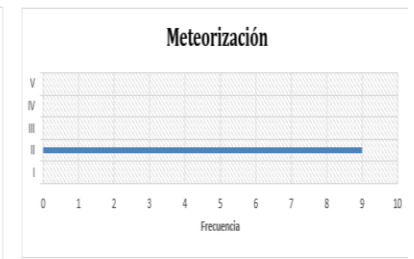
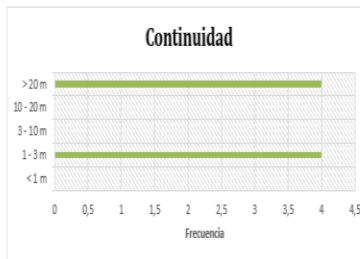
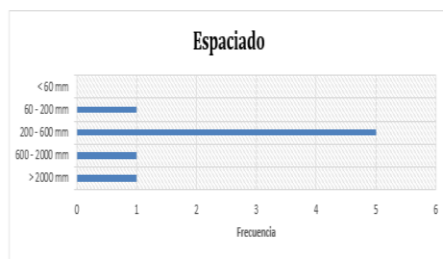
Estación N°	#21 Pozo n. 12 a n. 13	
Ficha de estación Geomecánica N° :		21
Litología	Andesitas	
Meteorización	II	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
	Numero de Golpes con martillo de geologo:	10

FECHA	03/10/2017
Calidad de Afloramiento	Mala

Fracturas/metro	
λ hor	9
λ ver	18

Altura	1,82
GSI	30

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tipo de plano	J1	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3		
Dir. de buz.	108		96	116	119	153	135	164	244	226	
Euzamiento	21		25	35	25	70	68	70	65	68	
<b>ESPACIADO</b>											
> 2000 mm							X				
600 - 2000 mm								X	X	X	
200 - 600 mm	X	X	X		X	X					
60 - 200 mm				X							
< 60 mm											
<b>CONTINUIDAD</b>											
< 1 m											
1 - 3 m					X	X	X	X	X		
3 - 10 m											
10 - 20 m											
> 20 m	X	X	X	X							
<b>APERTURA</b>											
nada			X		X	X	X	X	X		
< 0,1 mm											
0,1 - 1,0 mm											
1 - 5 mm											
> 5 mm	X	X		X							
<b>RUGOSIDAD</b>											
ondulación	2	2	4	2	4	4	3	4	4		
JFC	5	8	10	7	14	12	8	10	14		
<b>METEORIZACIÓN</b>											
Grado	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Seco	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Lig. Húmedo											
Húmedo											
Goteando											
Fluyendo											
<b>RELLENO</b>											
Naturaleza	Vet. Met	Arc	ND	Arc	ND	ND	NO	NO	NO		
Repleno Duro											
Repleno Elastico	X	x		x							
Espesor mm	40 - 50	30		15							



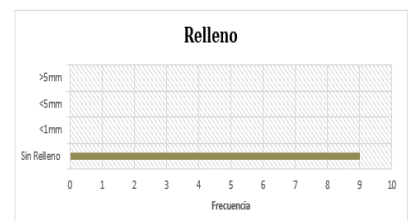
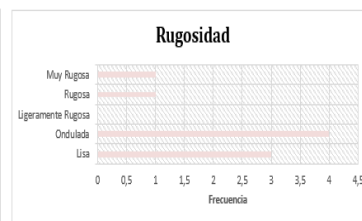
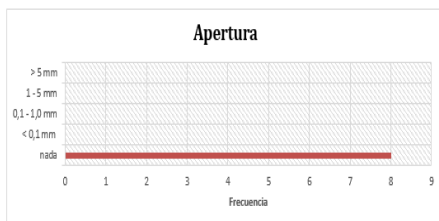
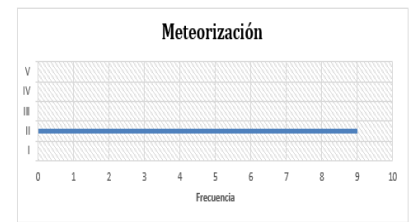
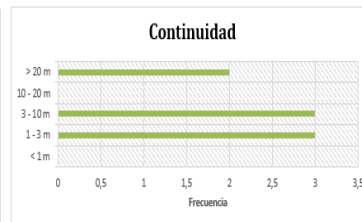
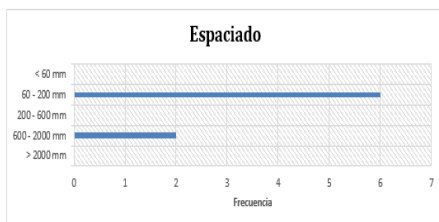
Estación N°	#22 Nivel 13	
Ficha de estación Geomecánica N° :		22
Litología	Andesitas	
Meteorización	II	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
	Numero de Golpes con martillo de geologo:	10

FECHA	03/10/2017
Calidad de Afloramiento	Mala

Fracturas/metro	
λ hor	15
λ ver	14

Altura	1,82
GSI	43

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J3		
Dir. de buz.	190		191	200	110	86	90	120	112	112	
Buzamiento	75		75	75	85	80	70	35	30	25	
<b>ESPACIADO</b>											
> 2000 mm											
600 - 2000 mm								X	X		
200 - 600 mm										X	
60 - 200 mm	X	X	X	X	X	X					
< 60 mm											
<b>CONTINUIDAD</b>											
< 1m											
1 - 3 m				X	X	X					
3 - 10 m	X	X	X								
10 - 20 m											
> 20 m							X	X	X		
<b>APERTURA</b>											
nada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
< 0,1mm											
0,1 - 1,0 mm											
1 - 5 mm											
> 5 mm											
<b>RUGOSIDAD</b>											
ondulación	1	1	1	2	2	2	4	5	2		
JFC	4	6	6	10	8	8	10	15	4		
<b>METEORIZACIÓN</b>											
Grado	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
<b>RELLENO</b>											
Naturaléza	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO		
relleno Duro											
relleno Blando											
Espesor mm											





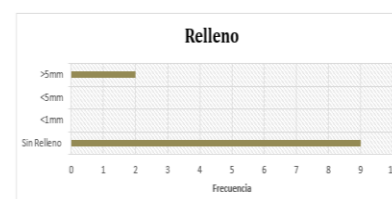
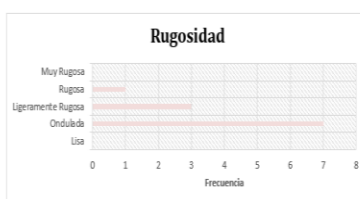
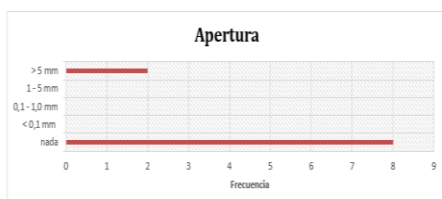
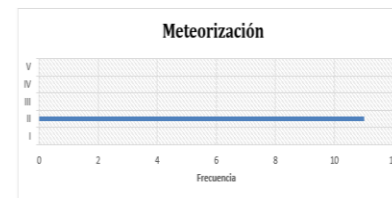
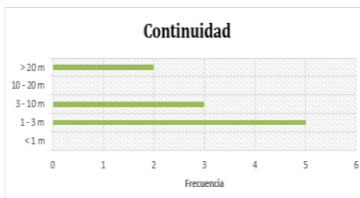
Estación N°	#23 Nivel 14
Ficha de estación Geomecánica N° : 23	
Litología	Andesitas
Meteorización	I
Formación	
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a: XX
	Numero de Golpes con martillo de geologo: 10

FECHA	03/10/2017
Calidad de Afloramiento	Mala

Fracturas/metro	
λ hor	24
λ ver	15

Altura	1,88
GSI	45

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J3	J4	J4
Dir. de buz.	160	168	174	110	116	101	115	108	110	84	69
Buzamiento	58	57	63	25	23	33	75	85	80	30	45
<b>ESPACIADO</b>											
> 2000 mm											
600 - 2000 mm											
200 - 600 mm				X	X	X	X	X	X	X	X
60 - 200 mm	X	X	X								
< 60 mm											
<b>CONTINUIDAD</b>											
< 1m											
1 - 3 m	X	X	X				X	X	X		
3 - 10 m				X	X	X					
10 - 20 m											
> 20 m										X	X
<b>APERTURA</b>											
nada	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
< 0,1 mm											
0,1 - 1,0 mm											
1 - 5 mm											
> 5 mm										X	X
<b>RUGOSIDAD</b>											
ondulación	2	2	2	2	2	4	3	3	2	2	3
JFC	9	4	7	9	7	12	7	11	7	6	10
<b>METEORIZACIÓN</b>											
Grado	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>HUMEDAD</b>											
Seco	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lig. Húmedo											
Húmedo											
Goteando											
Fluyendo											
<b>RELLENO</b>											
Naturaleza	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	Arc	Vel. Met
Relleno Duro											
Relleno Blando										x	x
Espesor mm										15	50



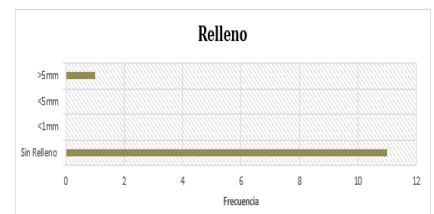
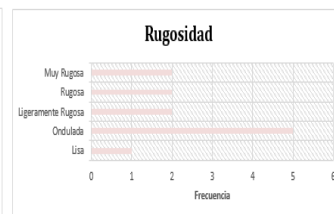
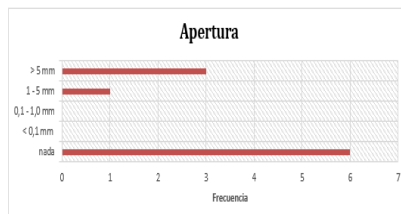
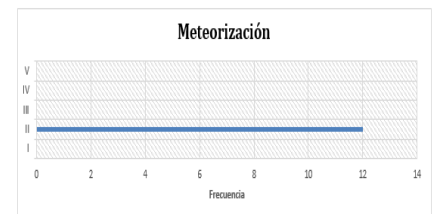
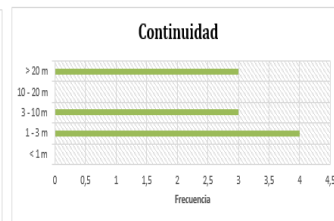
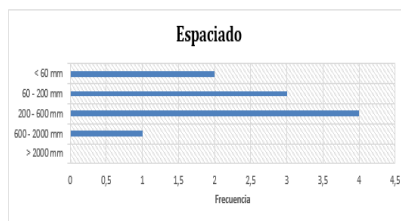
Estación N°	#25 Nivel 15	
Ficha de estación Geomecánica N° :	25	
Litología	Andesitas	
Meteorización	II	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
	Numero de Golpes con martillo de geologo:	8

FECHA	03/10/2017
Calidad de Afloramiento	Mala

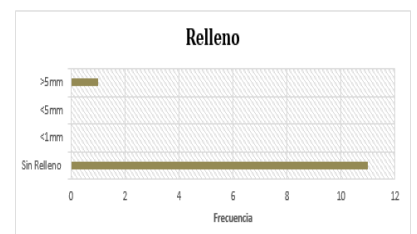
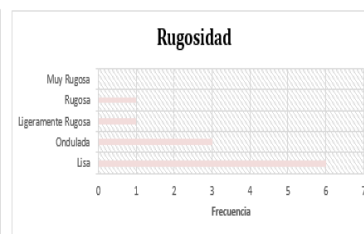
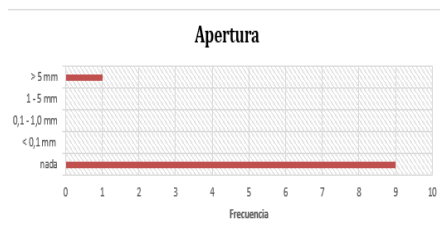
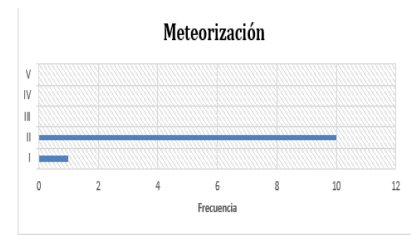
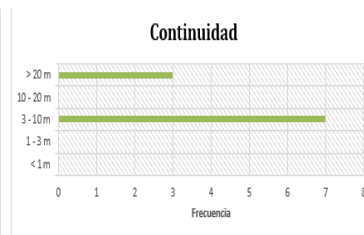
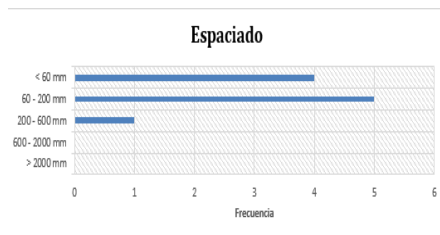
Fracturas/metro	
λ hor	15
λ ver	16

Altura	2,5
GSI	35

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Tipo de plano	F(J1)	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J4	J4	J5	J5	
Dir. de buz.	108		108	110	192	199	206	11	8	174	182	111	118
Buzamiento	35		40	35	85	86	87	32	28	40	45	58	65
<b>ESPACIADO</b>													
> 2000 mm													
600 - 2000 mm						X							
200 - 600 mm				X	X		X	X					
60 - 200 mm	X	X	X						X	X			
< 60 mm											X	X	
<b>CONTINUIDAD</b>													
< 1m													
1- 3 m								X	X	X	X	X	X
3- 10 m				X	X	X							
10- 20 m													
> 20 m	X	X	X										
<b>APERTURA</b>													
nada		X	X			X		X	X	X	X	X	X
< 0,1mm													
0,1- 10 mm													
1- 5 mm					X								
> 5 mm	X			X			X						
<b>RUGOSIDAD</b>													
ondulación	1	2	2	2	3	4	2	4	3	2	5	5	
JFC	7	9	7	9	11	15	9	14	11	8	19	18	
<b>METEORIZACIÓN</b>													
Grado	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
<b>RELLENO</b>													
Naturaleza	Arc	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Relleno Duro													
Relleno Blando	x												
Espesor mm	15												



MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J3	J4	J4		
Dir. de buz.	121		112	119	190		191	256	255	255	170	179	
Buzamiento	20		26	30	90		85	84	65	65	60	90	83
<b>ESPACIADO</b>													
> 2000 mm													
600 - 2000 mm													
200 - 600 mm									X				
60 - 200 mm	X	X	X							X	X	X	
< 60 mm				X	X	X	X						
<b>CONTINUIDAD</b>													
< 1 m													
1 - 3 m													
3 - 10 m				X	X	X	X	X	X	X	X	X	
10 - 20 m													
> 20 m	X	X	X										
<b>APERTURA</b>													
nada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	
< 0,1 mm													
0,1 - 1,0 mm													
1 - 5 mm													
> 5 mm											X		
<b>RUGOSIDAD</b>													
ondulación	2	1	1	1	1	1	2	3	1	2	4		
JFC	7	4	3	4	2	3	6	10	3	8	14		
<b>METEORIZACIÓN</b>													
Grado	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2		
<b>SECCIONES</b>													
Seco	X	X					X			X	X		
Lig. Húmedo								X	X				
Húmedo				X	X	X							
Goteando			X										
Fluyendo													
<b>RELLENO</b>													
Naturaleza	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO		
Pleno Duro													
Pleno Blando													
Esesor mm										10			



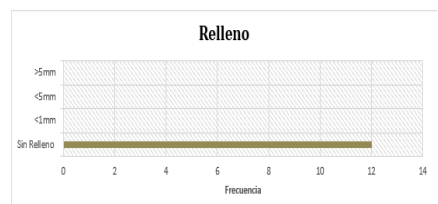
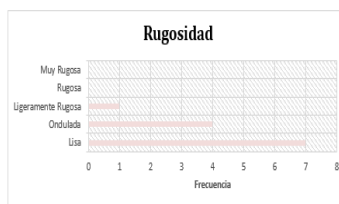
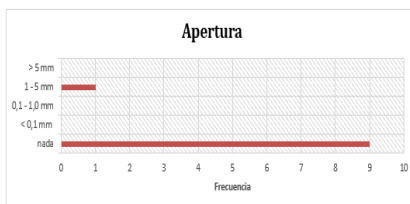
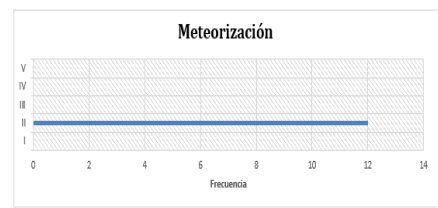
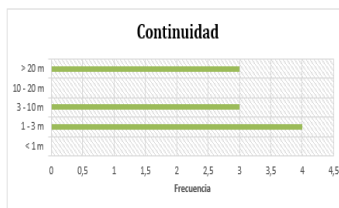
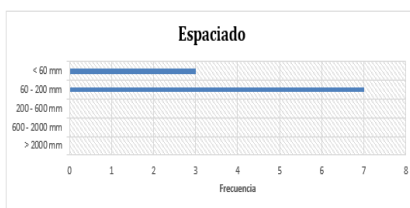
Estación N°	#27 Nivel 16	
Ficha de estación Geomecánica N° : 27		
Litología	Andesitas	
Meteorización	II	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a: XX	
	Numero de Golpes con martillo de geologo: 6	

FECHA	03/10/2017
Calidad de Afloramiento	Med

Fracturas/metro	
λ hor	21
λ ver	15

Altura	2,1
GSI	45

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Tipo de plano	F(J1)	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J3	J4	J4	J4	
Dir. de buz.	112		119	106	122	126	130	188	193	196	82	72	76
Buzamiento	31		30	27	50	48	43	92	93	88	40	35	31
<b>ESPACIADO</b>													
> 2000 mm													
600 - 2000 mm													
200 - 600 mm													
60 - 200 mm				X	X	X	X	X	X	X	X	X	
< 60 mm	X	X	X										
<b>CONTINUIDAD</b>													
< 1m													
1 - 3m							X	X	X	X	X	X	
3 - 10 m				X	X	X							
10 - 20 m													
> 20 m	X	X	X										
<b>APERTURA</b>													
nada	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	
< 0,1mm													
0,1 - 1,0 mm													
1 - 5 mm						X							
> 5 mm													
<b>RUGOSIDAD</b>													
ondulación	1	1	1	2	2	1	1	1	3	1	2	2	
JRC	6	2	3	10	6	4	2	4	10	4	9	6	
<b>METEORIZACIÓN</b>													
Grado	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
<b>RELLENO</b>													
Naturaleza	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Repleno Duro													
Repleno Elastico													
Espesor mm													



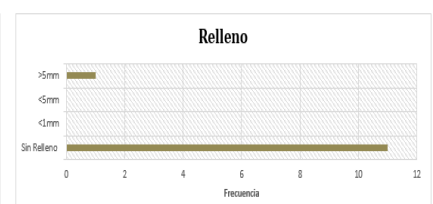
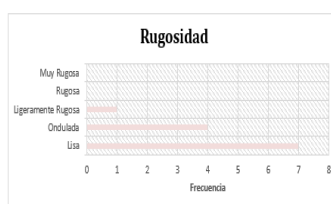
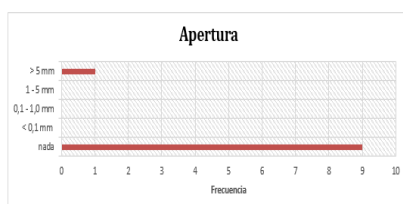
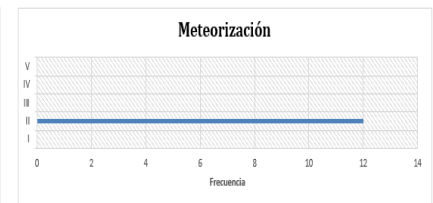
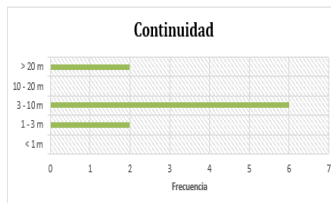
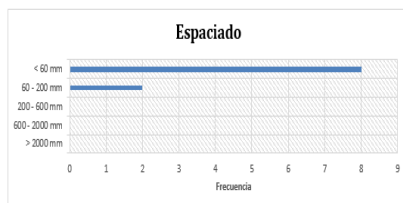
Estación N°	#28 Pozo n. 16 a n. 17	
Ficha de estación Geomecánica N° :	27	
Litología	Andesitas	
Meteorización	I - II	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
	Numero de Golpes con martillo de geologo:	6

FECHA	03/10/2017
Calidad de Afloramiento	Med - Mal

Fracturas/metro	
λ hor	17
λ ver	18

Altura	2,04
GSI	45

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J3	J3	J4	J4	
Dir. de buz	280		272	272	162	166	168	122	112	114	116	208	200
Buzamiento	36		37	30	90	88	90	35	36	32	35	45	45
<b>ESPACIADO</b>													
> 2000 mm													
600 - 2000 mm													
200 - 600 mm													
60 - 200 mm	X	X							X				
< 60 mm			X	X	X	X	X	X		X	X	X	
<b>CONTINUIDAD</b>													
< 1m													
1 - 3 m											X	X	
3 - 10 m	X	X	X	X	X	X							
10 - 20 m													
> 20 m							X	X	X	X			
<b>APERTURA</b>													
nada	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	
< 0,1 mm													
0,1 - 10 mm													
1 - 5 mm													
> 5 mm								X					
<b>RUGOSIDAD</b>													
ondulación	1	1	1	2	2	1	1	1	3	1	2	2	
JFC	6	2	3	10	6	4	2	4	10	4	9	6	
<b>METEORIZACIÓN</b>													
Grado	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
<b>RELLENO</b>													
Naturaleza	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	Arc	NO	NO	NO	NO	
Relleno Duro													
Relleno Blando								x					
Espesor mm								8					



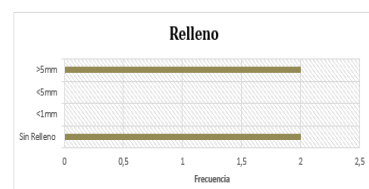
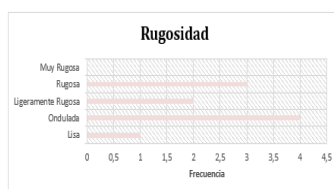
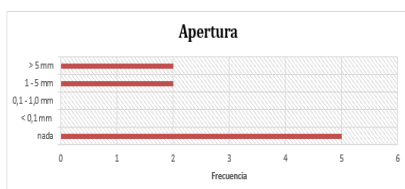
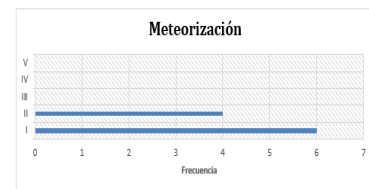
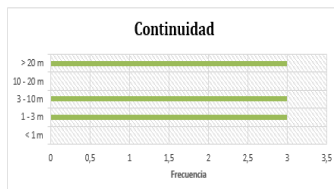
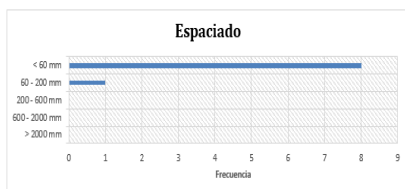
Estación N°	#29 Nivel 17	
Ficha de estación Geomecánica N° :		29
Litología	Andesitas	
Meteorización	II	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a: <b>XX</b>	
	Numero de Golpes con martillo de geologo: <b>10</b>	

FECHA	03/10/2017
Calidad de Afloramiento	Mala

Fracturas/metro	
λ hor	14
λ ver	9

Altura	2,3
GSI	45

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	F(J3)	J3	J3	J4	J4	
Dir. de buz.	260		256	242	342	341	127	124	110	254	232
Buzamiento	45		43	45	75	65	37	35	32	55	65
<b>ESPACIADO</b>											
> 2000 mm											
600 - 2000 mm											
200 - 600 mm											
60 - 200 mm								X			
< 60 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>CONTINUIDAD</b>											
< 1m											
1-3 m				X	X					X	X
3 - 10 m	X	X	X								
10 - 20 m											
> 20 m						X	X	X			
<b>APERTURA</b>											
nada	X	X	X		X			X	X		
< 0,1 mm											
0,1 - 1,0 mm											
1 - 5 mm				X							X
> 5 mm						X	X				
<b>RUGOSIDAD</b>											
ondulación	2	2	1	4	2	4	2	3	3	4	
JFC	7	7	4	13	7	14	7	11	10	13	
<b>METEORIZACIÓN</b>											
Grado	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	
<b>RELLENO</b>											
Seco	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lig. Húmedo											
Húmedo											
Goteando											
Fluyendo											
<b>RELLENO</b>											
Naturaleza	X	X	X	Vet	X	Vet	Vet	NO	NO	Árc	
Relleno Duro				X		X	X				
Relleno Blando											X
Espesor mm				2		120	125				2



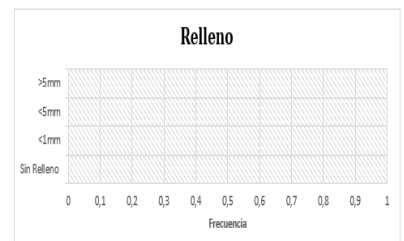
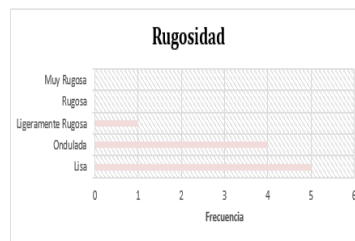
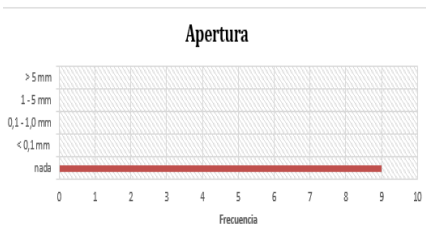
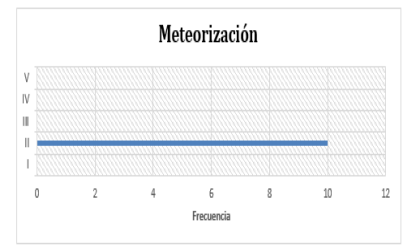
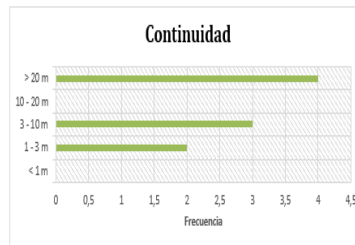
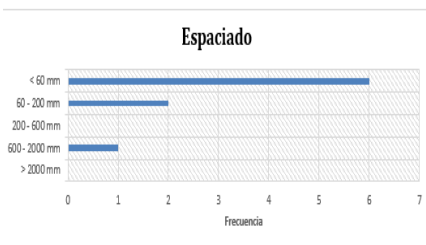
Estación N°	#30 Pozo n. 17 a n. 18	
Ficha de estación Geomecánica N° :		30
Litología	Andesitas	
Meteorización	II	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
Numero de Golpes con martillo de geologo:		10

FECHA	04/10/2017
Calidad de Afloramiento	Buena -Med

Fracturas/metro	
λ hor	12
λ ver	22

Altura	2,3
GSI	60

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tipo de plano	J1	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J3	J3
Dir. de buz.	104		102	110	96	234	233	236	237	224	226
Buzamiento	35		40	40	32	70	61	65	75	77	69
<b>ESPACIADO</b>											
> 2000 mm											
600 - 2000 mm		X									
200 - 600 mm											
60 - 200 mm			X					X			
< 60 mm	X			X	X	X	X	X		X	X
<b>CONTINUIDAD</b>											
< 1m											
1 - 3 m								X	X	X	
3 - 10 m					X	X	X				
10 - 20 m											
> 20 m	X	X	X	X							
<b>APERTURA</b>											
nada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
< 0,1 mm											
0,1 - 1,0 mm											
1 - 5 mm											
> 5 mm											
<b>RUGOSIDAD</b>											
ondulación	2	1	1	1	3	2	1	2	2	1	
JFC	8	4	4	2	10	4	2	5	7	4	
<b>METEORIZACIÓN</b>											
Grado	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Seco	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lig. Húmedo											
Húmedo											
Goteando											
Fluyendo											
<b>RELLENO</b>											
Naturalza	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Relleno Duro											
Relleno Elando											
Espesor mm											



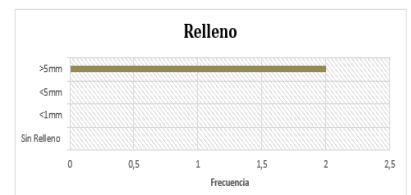
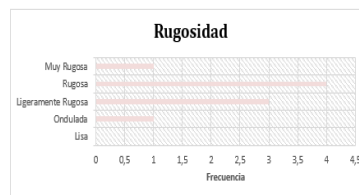
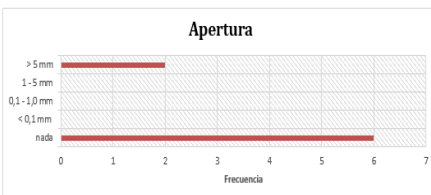
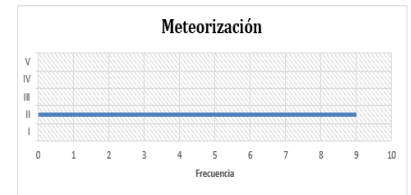
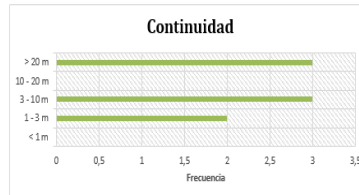
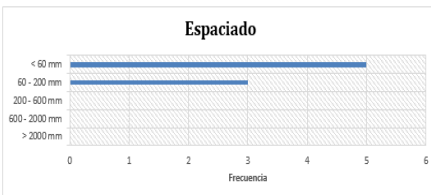
Estación N°	#31 Nivel 18	
Ficha de estación Geomecánica N° :		31
Litología	Andesitas	
Meteorización	II	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
Numero de Golpes con martillo de geologo:		7

FECHA	04/10/2017
Calidad de Afloramiento	Med

Fracturas/metro	
λ hor	10
λ ver	25

Altura	2,14
GSI	60

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J3		
Dir. de buz.	112		118	110	70	69	68	159	154	142	
Buzamiento	35		35	40	90	85	80	51	47	45	
<b>ESPACIADO</b>											
> 2000 mm											
600 - 2000 mm											
200 - 600 mm											
60 - 200 mm	X	X	X							X	
< 60 mm				X	X		X	X	X		
<b>CONTINUIDAD</b>											
< 1m											
1 - 3 m								X	X	X	
3 - 10 m				X	X		X				
10 - 20 m											
> 20 m	X	X	X								
<b>APERTURA</b>											
nada			X	X	X	X	X	X	X	X	
< 0,1 mm											
0,1 - 1,0 mm											
1 - 5 mm											
> 5 mm	X	X									
<b>RUGOSIDAD</b>											
ondulación	5	4	4	3	4	4	3	2	3		
JFC	19	13	13	9	14	14	10	8	10		
<b>METEORIZACIÓN</b>											
Grado	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Seco	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Lig. Húmedo											
Húmedo											
Goteando											
Fluyendo											
<b>RELLENO</b>											
Naturaleza	ARC	ARC	X	X	X	X	X	X	X	X	
Relleño Duro											
Relleño Blando	X	X									
Espesor mm	50	50									





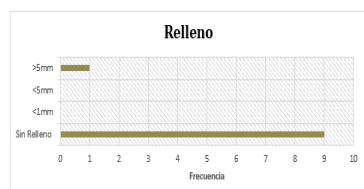
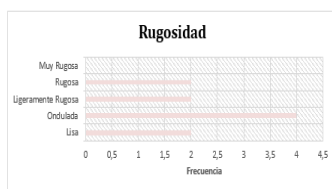
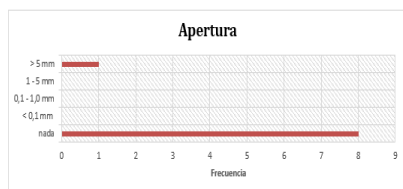
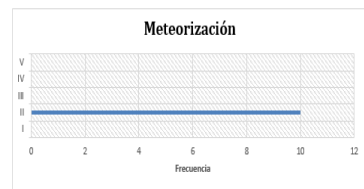
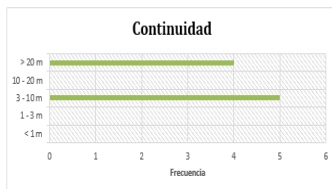
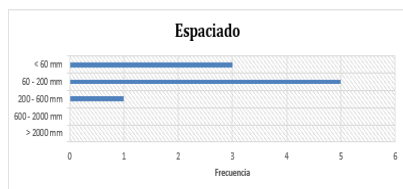
Estación N°	#32 Pozo n. 18 a n. 19	
Ficha de estación Geomecánica N° :		32
Litología	Andesitas	
Meteorización	II	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
	Numero de Golpes con martillo de geologo:	4-6

FECHA	04/10/2017
Calidad de Afloramiento	Buena - Med

Fracturas/metro	
λ hor	8
λ ver	11

Altura	1,94
GSI	65

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tipo de plano	J1	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J3	
Dir. de buz.	118		119	112	101	22	25	30	105	116	120
Buzamiento	37		40	40	35	70	70	70	35	35	37
<b>ESPACIADO</b>											
> 2000 mm											
600 - 2000 mm											
200 - 600 mm					X						
60 - 200 mm	X	X	X			X				X	
< 60 mm				X			X	X	X		
<b>CONTINUIDAD</b>											
< 1m											
1 - 3 m											
3 - 10 m					X	X	X	X	X	X	
10 - 20 m											
> 20 m	X	X	X	X							
<b>APERTURA</b>											
nada	X	X	X		X	X	X	X	X	X	
< 0,1 mm											
0,1 - 1,0 mm											
1 - 5 mm											
> 5 mm				X							
<b>RUGOSIDAD</b>											
ondulación	1	3	1	3	2	2	2	4	2	4	
JFC	5	8	6	9	6	5	6	11	4	12	
<b>METEORIZACIÓN</b>											
Grado	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Seco	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Lig. Húmedo											
Húmedo											
Goleando											
Fluyendo											
<b>RELLENO</b>											
Naturaleza	NO	NO	NO	Vet	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Relleno Duro				X							
Relleno Blando											
Espesor mm				95							



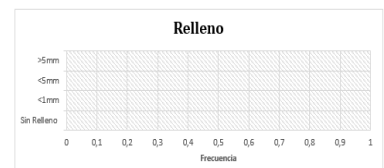
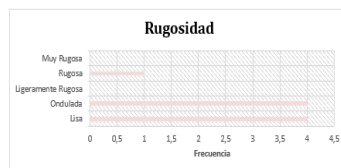
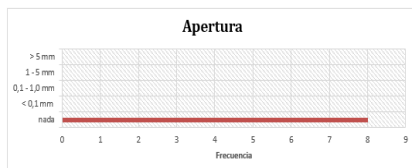
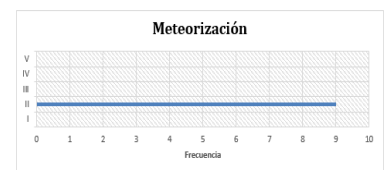
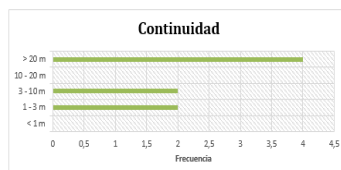
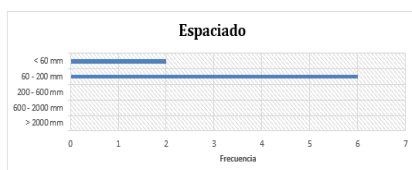
Estación N°	#33 Nivel 19	
Ficha de estación Geomecánica N° : 33		
Litología	Andesitas	
Meteorización	II	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
Numero de Golpes con martillo de geologo:		9

FECHA	04/10/217
Calidad de Afloramiento	Buena - Media

Fracturas/metro	
λ hor	11
λ ver	17

Altura	2,28
GSI	55

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tipo de plano	J1	J1	F(J1)	J1	J2	J2	J3	J3	J3		
Dir. de buz.	116		116	112	118	28	38	142	146	146	
Buzamiento	21		27	32	30	35	37	35	377	43	
<b>ESPACIADO</b>											
> 2000 mm											
600 - 2000 mm											
200 - 600 mm											
60 - 200 mm	X	X	X		X	X		X	X		
< 60 mm				X			X				
<b>CONTINUIDAD</b>											
< 1m											
1 - 3 m					X	X					
3 - 10 m							X	X	X		
10 - 20 m											
> 20 m	X	X	X	X							
<b>APERTURA</b>											
nada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
< 0,1 mm											
0,1 - 10 mm											
1 - 5 mm											
> 5 mm											
<b>RUGOSIDAD</b>											
ondulación	2	2	1	1	1	1	2	2	4		
JFC	5	7	4	3	3	2	6	8	16		
<b>METEORIZACIÓN</b>											
Grado	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
<b>SECCIONES</b>											
Seco	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Lig. Húmedo											
Húmedo											
Goteando											
Fluyendo											
<b>RELLENO</b>											
Naturalza	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Repleno Duro											
Repleno Blando											
Espesor mm											



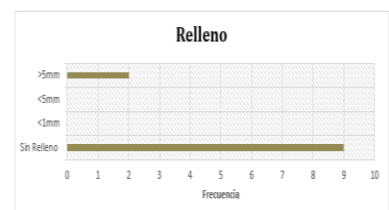
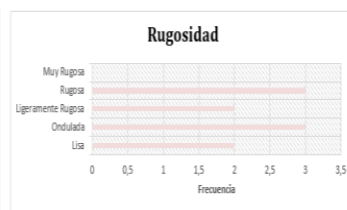
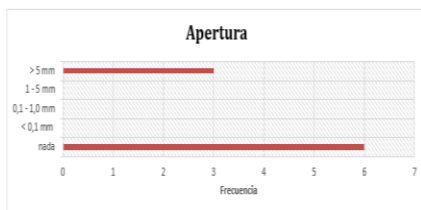
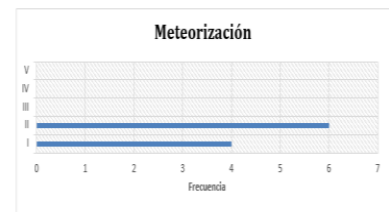
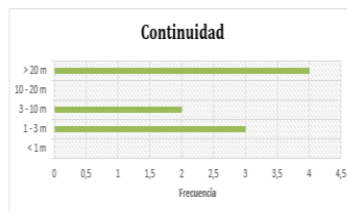
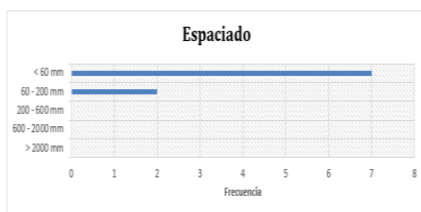
Estación N°	#34 Pozo n. 19 a n. 20	
Ficha de estación Geomecánica N° :		34
Litología	Andesitas	
Meteorización	II	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
Numero de Golpes con martillo de geologo:		10

FECHA	04/10/2017
Calidad de Afloramiento	Bueno - Mala

Fracturas/metro	
λ hor	16
λ ver	8

Altura	2,02
GSI	55

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tipo de plano	J1	J1	J1	J1	J2	J2	J3	J3	J4	J4	
Dir. de buz.	105		93	94	104	206	202	123	140	42	34
Buzamiento	42		43	40	38	60	56	36	40	33	41
<b>ESPACIADO</b>											
> 2000 mm											
600 - 2000 mm											
200 - 600 mm											
60 - 200 mm							X	X			
< 60 mm	X	X	X	X	X	X			X	X	
<b>CONTINUIDAD</b>											
< 1m											
1 - 3 m					X	X			X	X	
3 - 10 m							X	X			
10 - 20 m											
> 20 m	X	X	X	X							
<b>APERTURA</b>											
nada	X				X	X	X	X	X	X	
< 0,1 mm											
0,1 - 1,0 mm											
1 - 5 mm											
> 5 mm		X	X	X							
<b>RUGOSIDAD</b>											
ondulación	3	4	4	2	4	3	2	1	1	2	
JFC	10	14	13	7	14	10	7	4	2	6	
<b>METEORIZACIÓN</b>											
Grado	1	2	1	2	2	2	1	1	2	2	
Seco	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Lig. Húmedo											
Húmedo											
Goleando											
Fluyendo											
<b>RELLENO</b>											
Naturaleza	NO	NO	NO	Ver	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Repleno Duro				X							
Repleno Blando											
Espesor mm		4	13	55							



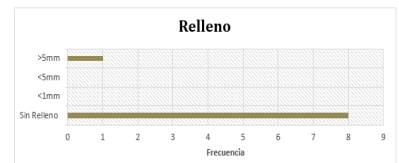
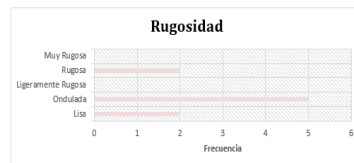
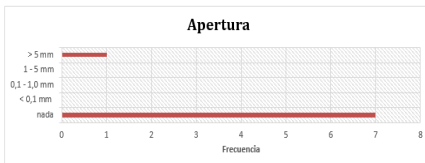
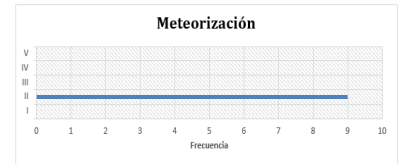
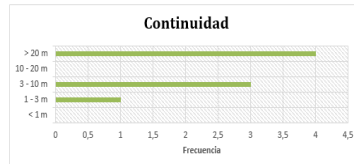
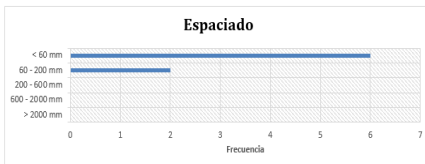
Estación N°	#35 Nivel 20	
Ficha de estación Geomecánica N° :		35
Litología	Andesitas	
Meteorización	II	
Formación		
Resistencia	Roca ext. Dura mayor a:	XX
Numero de Golpes con martillo de geologo:		10

FECHA	04/10/2017
Calidad de Afloramiento	Buen - Med

Fracturas/metro	
λ hor	19
λ ver	18

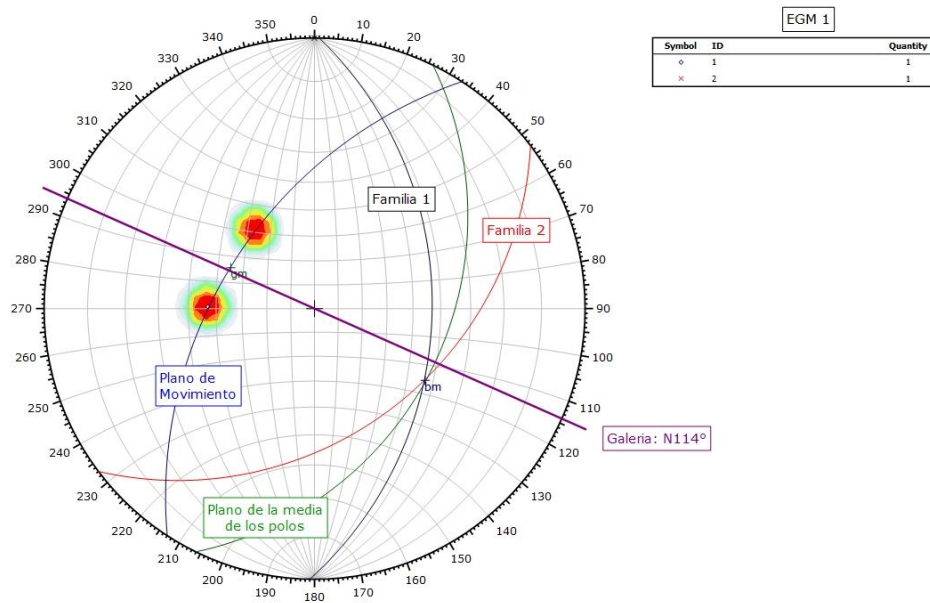
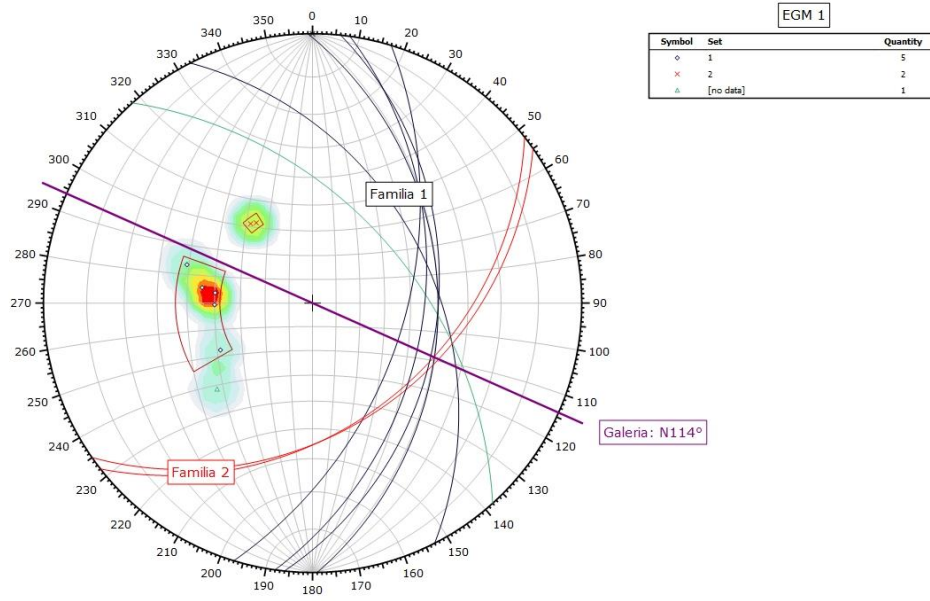
Altura	2,14
GSI	57

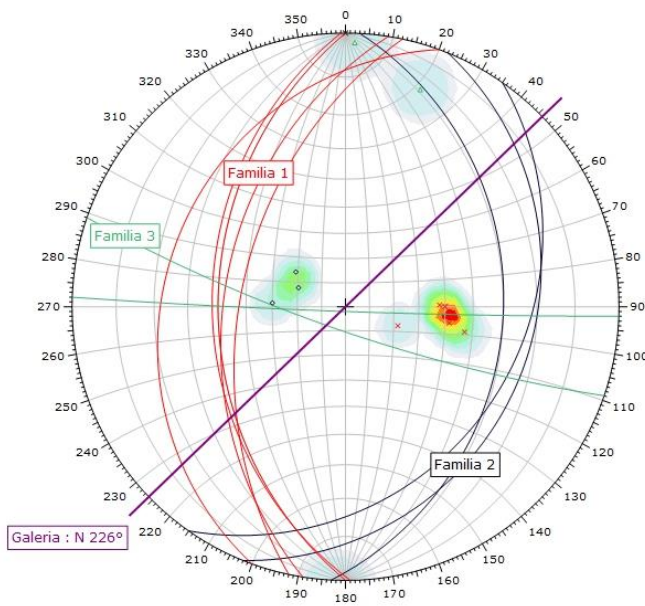
MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tipo de plano	J1	J1	F(J1)	J1	J2	J2	J2	J3	J3		
Dir. de buz.	110		102	120	118		87	80	88	156	172
Buzamiento	45		45	46	45		46	40	43	55	60
<b>ESPACIADO</b>											
> 2000 mm											
600 - 2000 mm											
200 - 600 mm											
60 - 200 mm								X	X	X	
< 60 mm	X	X	X	X	X	X	X				
<b>CONTINUIDAD</b>											
< 1m											
1 - 3 m									X	X	
3 - 10 m					X	X	X				
10 - 20 m											
> 20 m	X	X	X	X							
<b>APERTURA</b>											
nada	X	X	X		X	X	X	X	X	X	
< 0,1mm											
0,1 - 1,0 mm											
1 - 5 mm											
> 5 mm				X							
<b>RUGOSIDAD</b>											
ondulación	2	2	4	4	1	1	2	2	2		
JFC	6	7	12	14	3	2	6	8	10		
<b>METEORIZACIÓN</b>											
Grado	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
<b>RELLENO</b>											
Naturalaleza	NO	NO	NO	VET	NO	NO	NO	NO	NO		
Repleno Duro				X							
Repleno Blando											
Espesor mm				12							



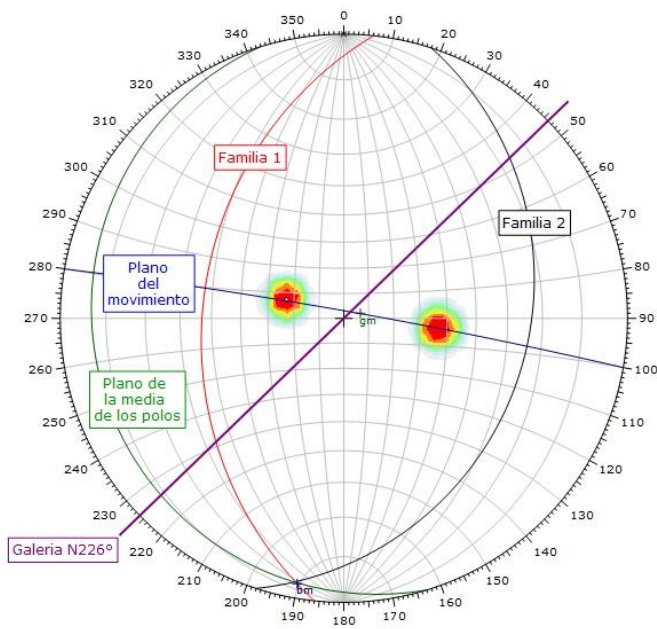
## ANEXO D

### DATOS DE DIACLASAS RECOGIDAS EN CAMPO

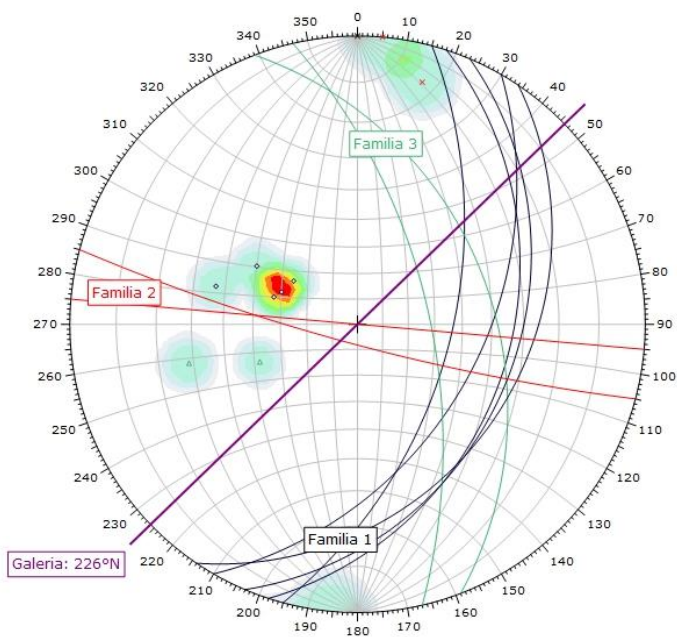




EGM 2		
Symbol	Set	Quantity
○	1	3
×	2	5
△	3	2

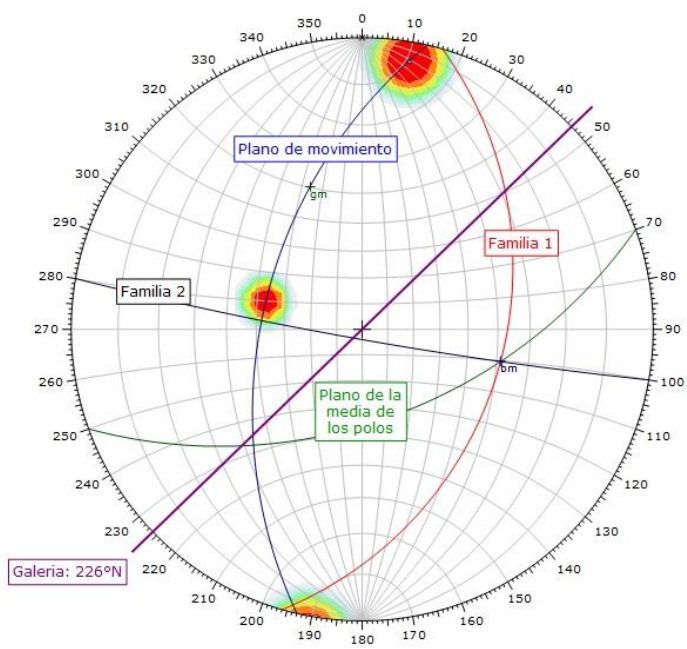


EGM 2		
Symbol	ID	Quantity
○	1	1
×	2	1



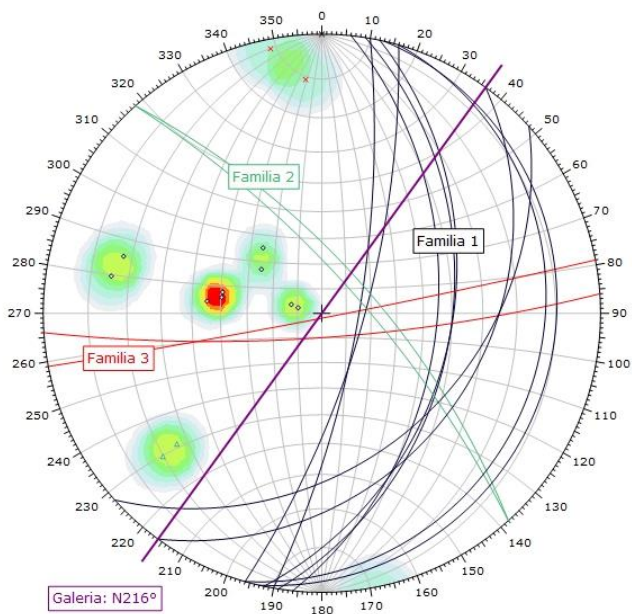
EGM 3

Symbol	SET	Quantity
◊	1	5
×	2	2
△	3	2



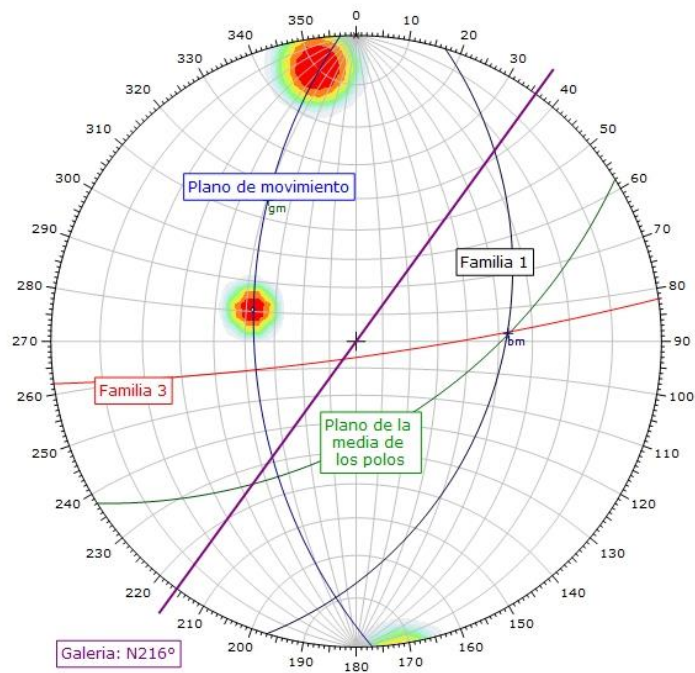
EGM 3

Symbol	ID	Quantity
◊	1	1
×	2	1



EGM 4

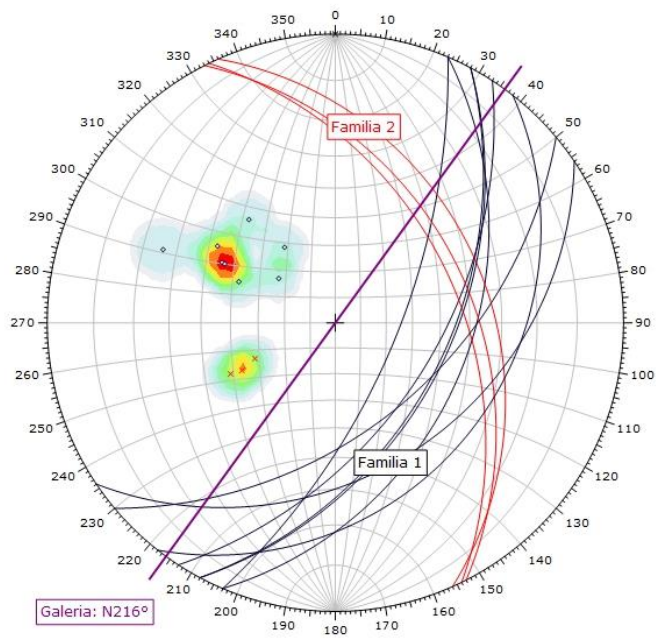
Symbol	SET	Quantity
◊	1	3
×	2	2
△	3	2



EGM 4

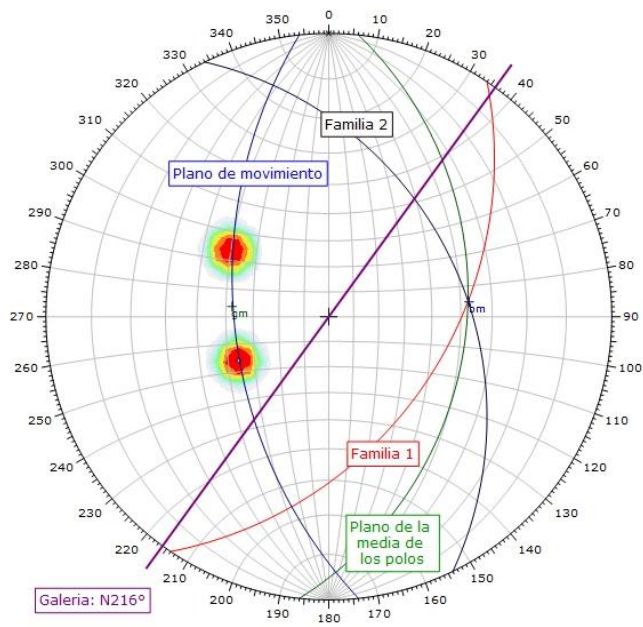
Symbol	ID	Quantity
◊	1	1
×	2	1





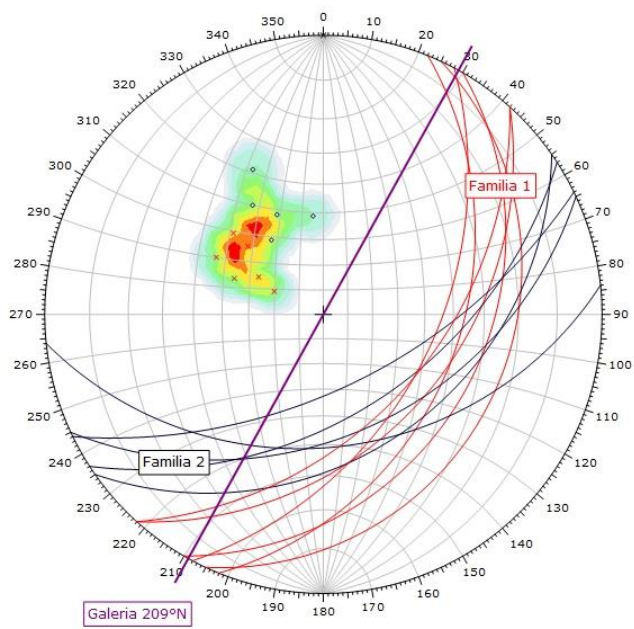
EGM 5

Symbol	Set	Quantity
o	1	8
x	2	3



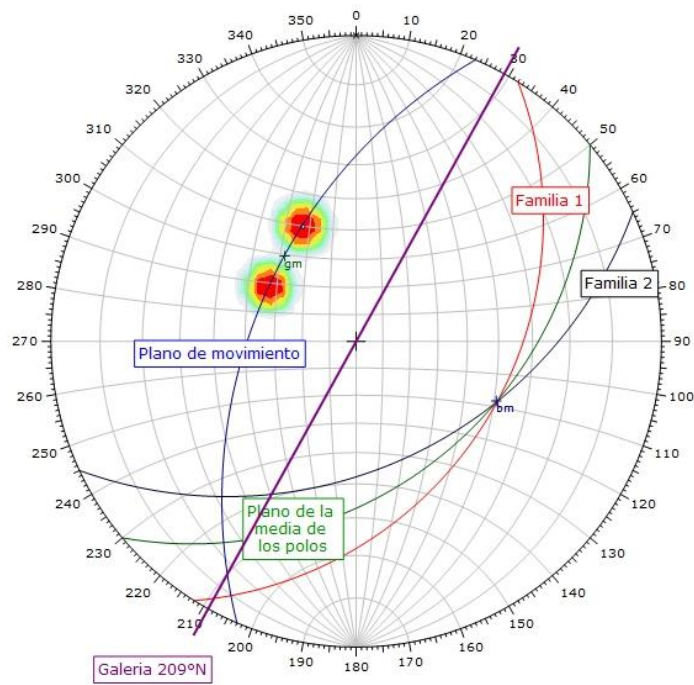
EGM 5

Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



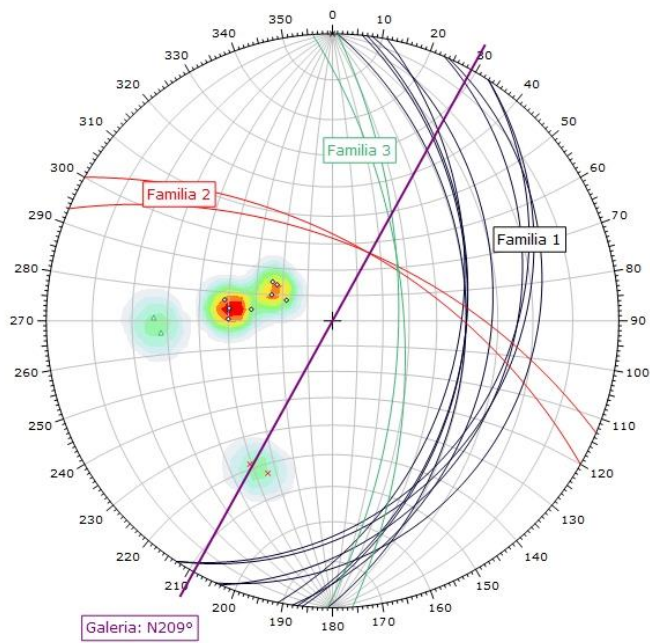
EGM 6

Symbol	SET	Quantity
o	1	5
x	2	6



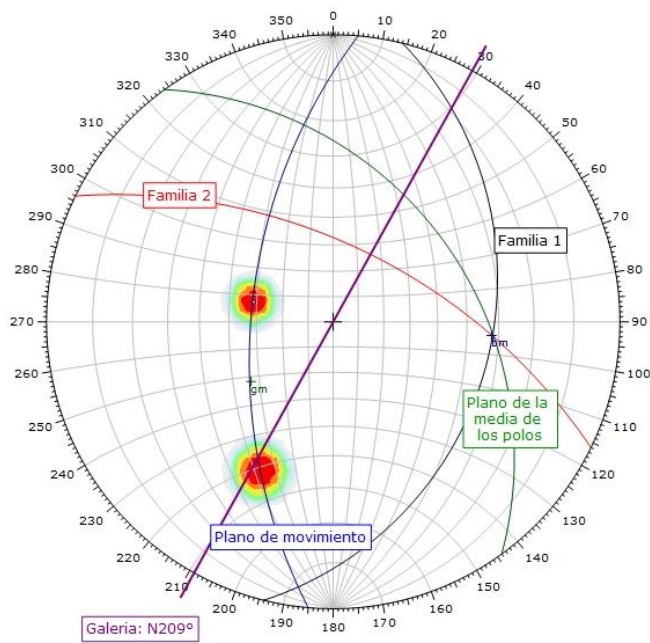
EGM 6

Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



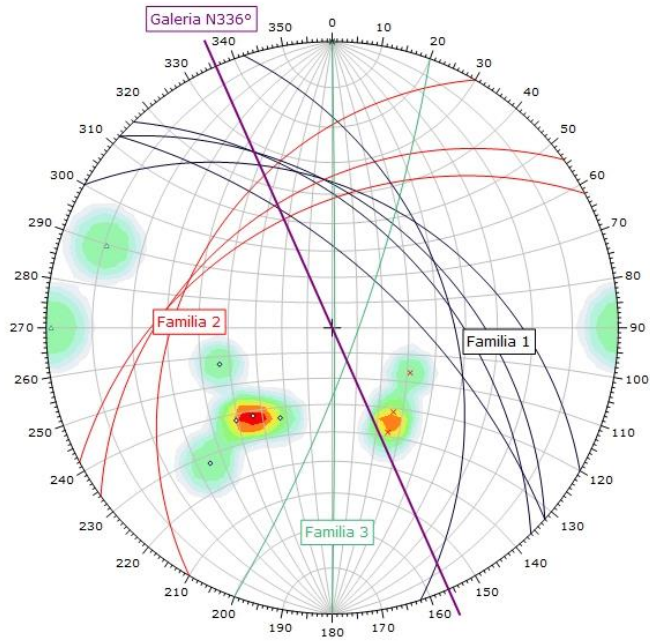
EGM 7

Symbol	Set	Quantity
o	1	9
x	2	2
△	[no data]	2

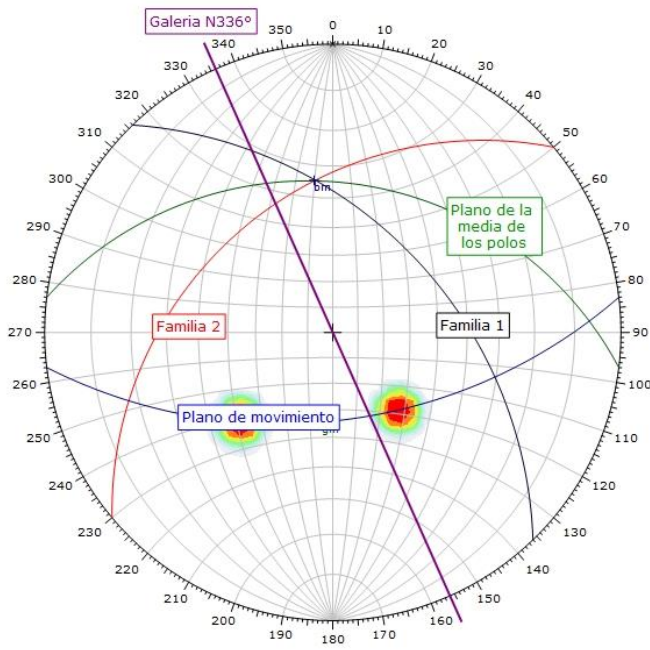


EGM 7

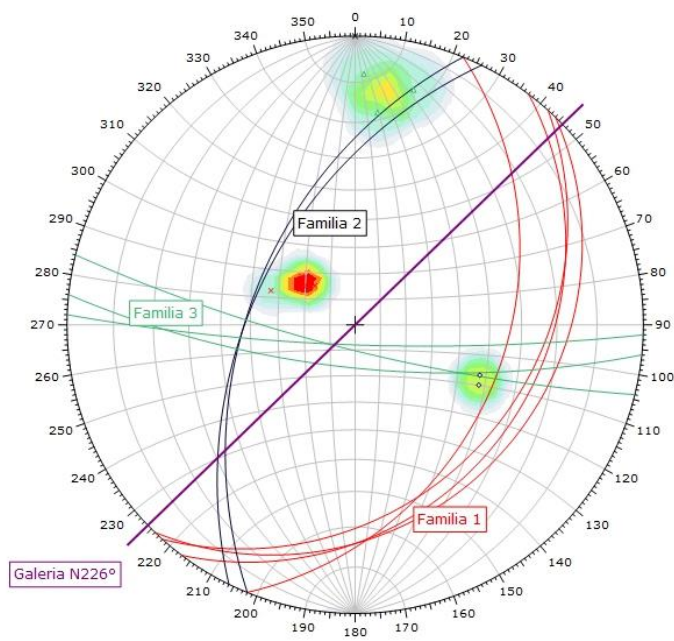
Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



EGM 8		
Symbol	Set	Quantity
o	1	5
x	2	3
△	[no data]	2

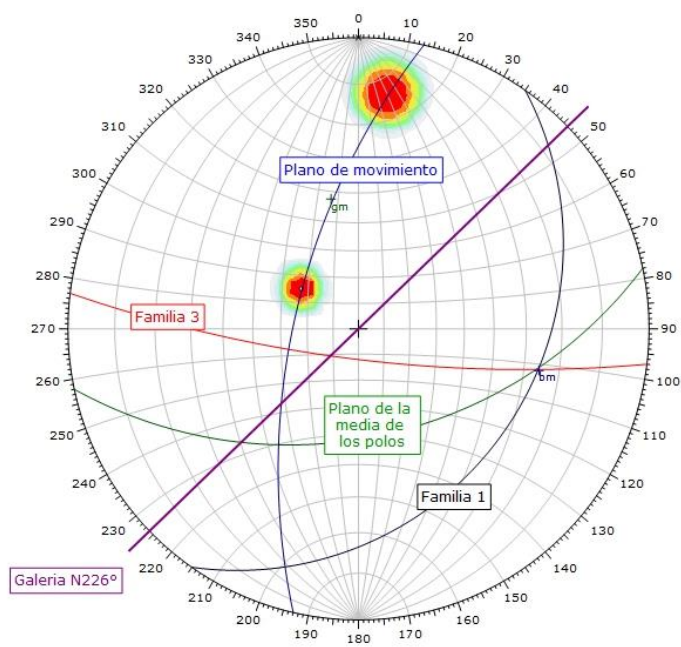


EGM 8		
Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



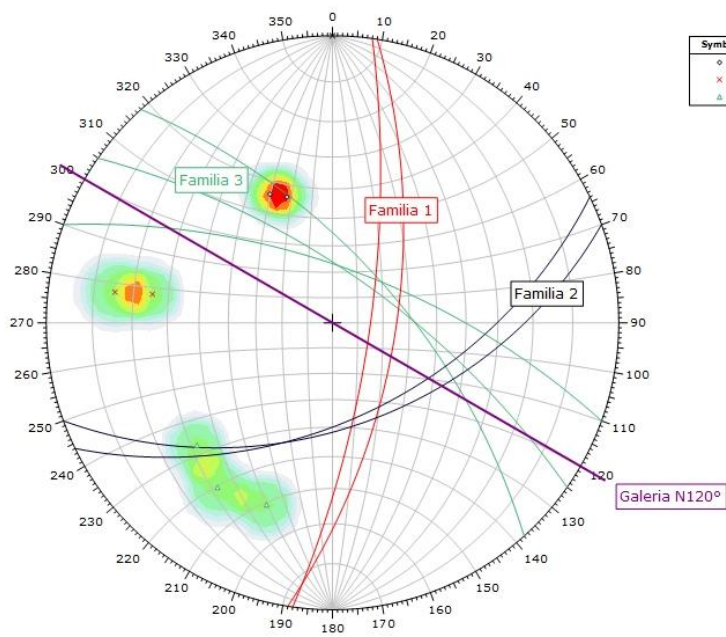
EGM 9

Symbol	Set	Quantity
◊	1	2
×	2	4
△	3	3



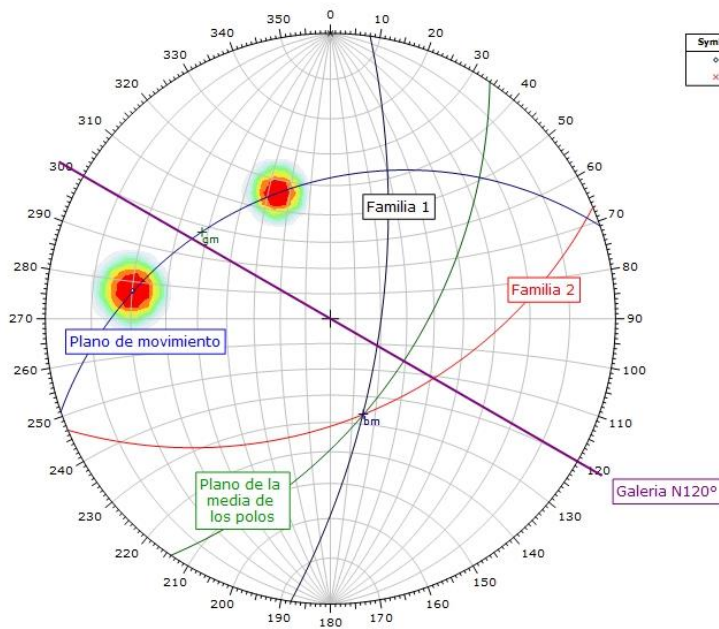
EGM 9

Symbol	ID	Quantity
◊	1	1
×	2	1



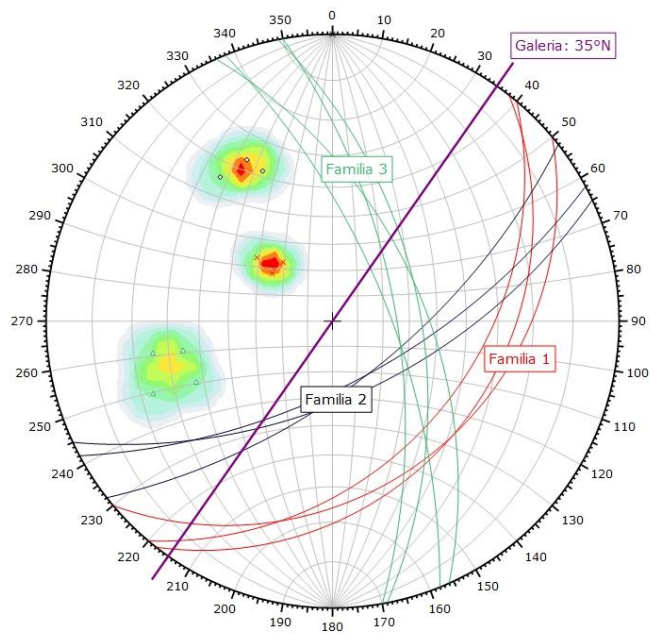
EGM 10

Symbol	Set	Quantity
o	1	2
x	2	2
△	3	3



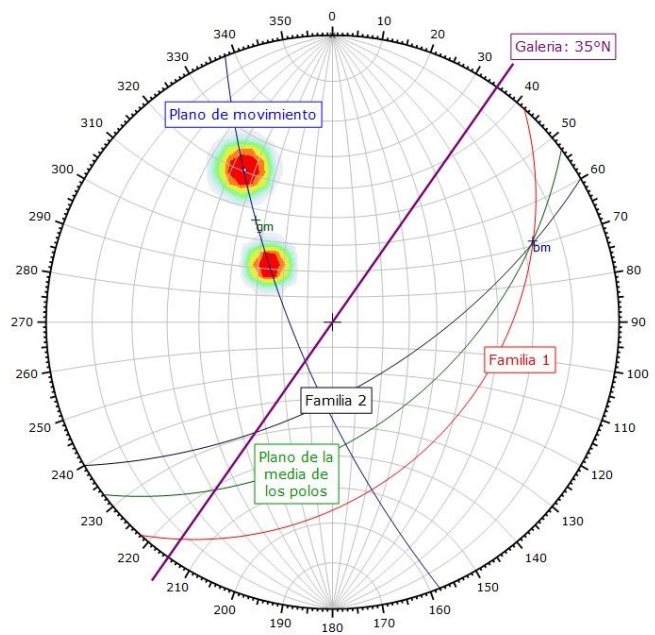
EGM 10

Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



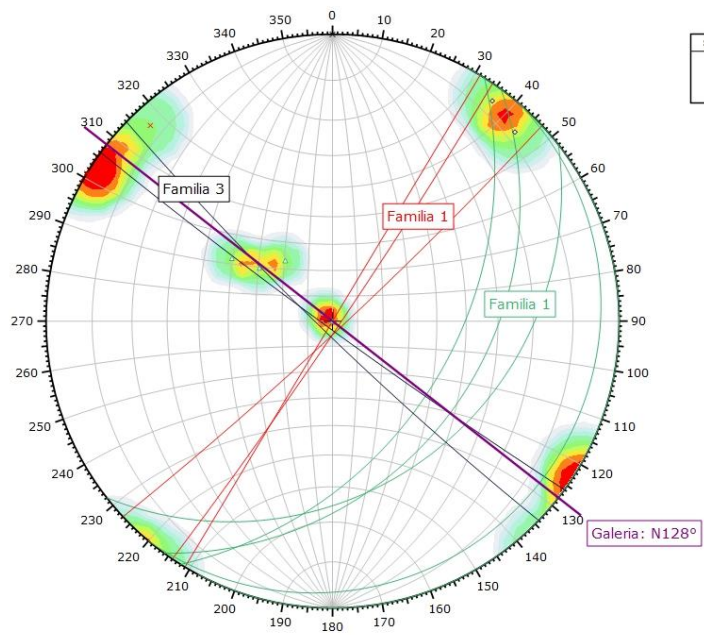
EGM 11

Symbol	Set	Quantity
o	1	3
x	2	3
Δ	3	4



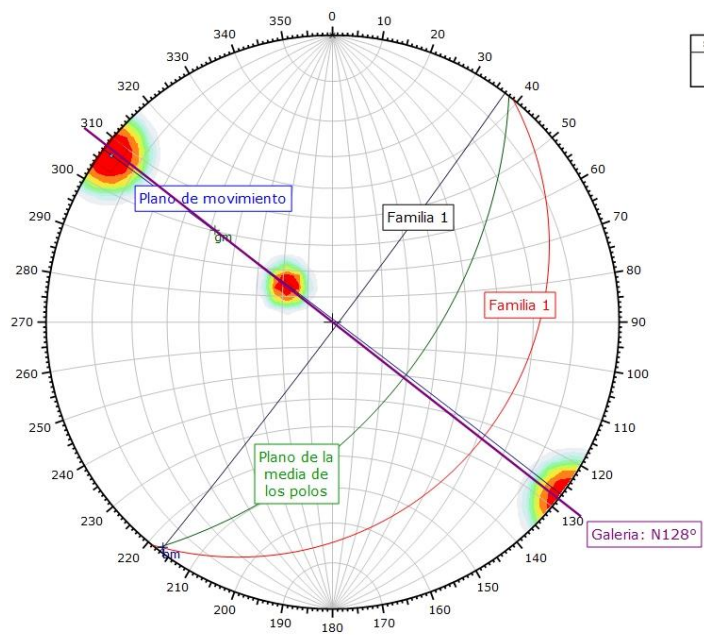
EGM 11

Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



EGM 12

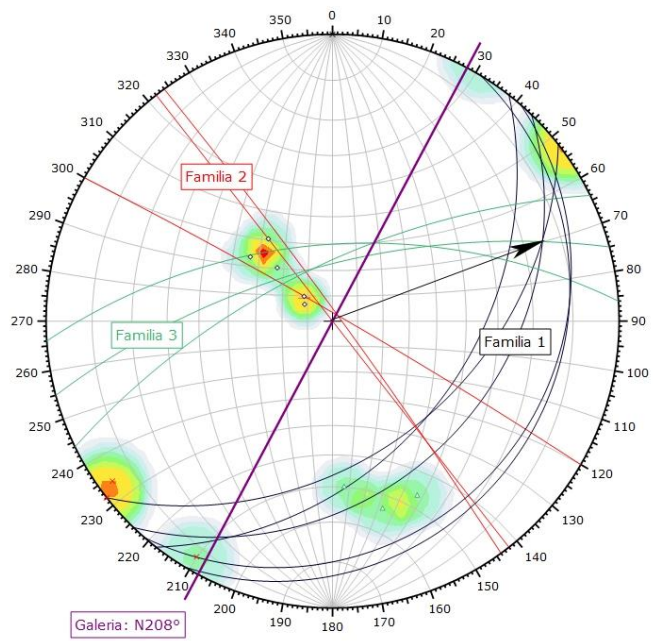
Symbol	Set	Quantity
○	1	2
×	2	3
△	3	5



EGM 12

Symbol	ID	Quantity
○	1	1
×	2	1

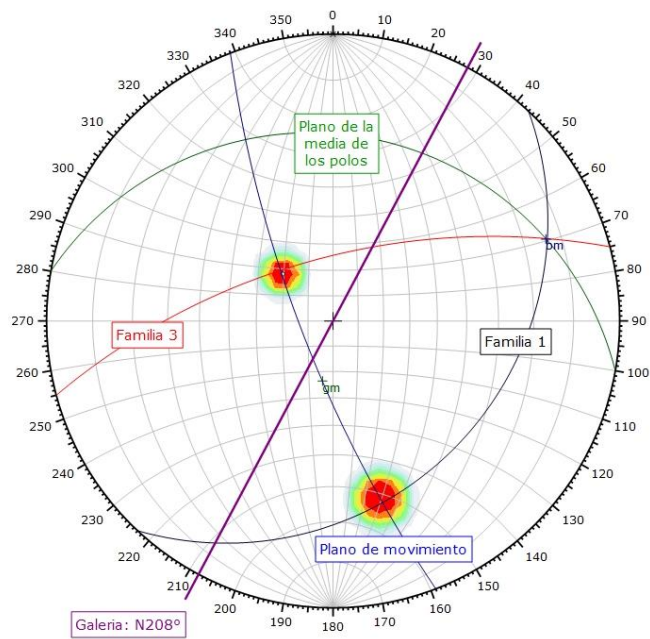




EGM 13

Symbol	Set	Quantity
o	1	5
x	2	3
Δ	3	3

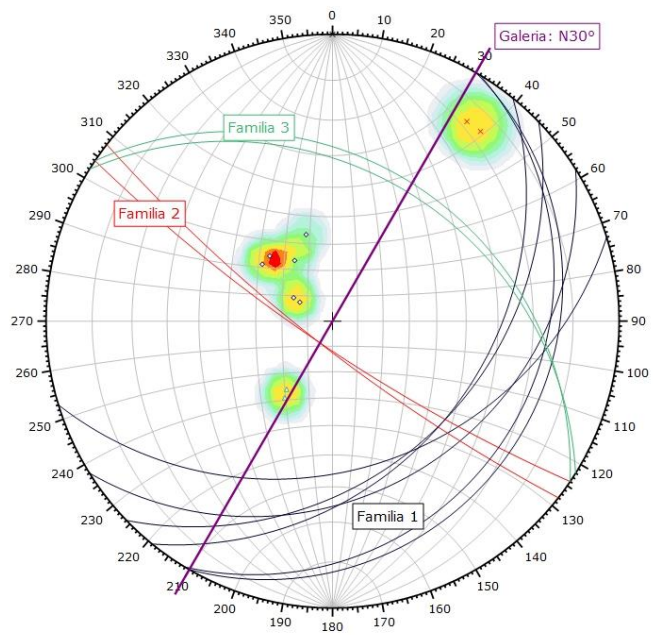
Galeria: N208°



EGM 13

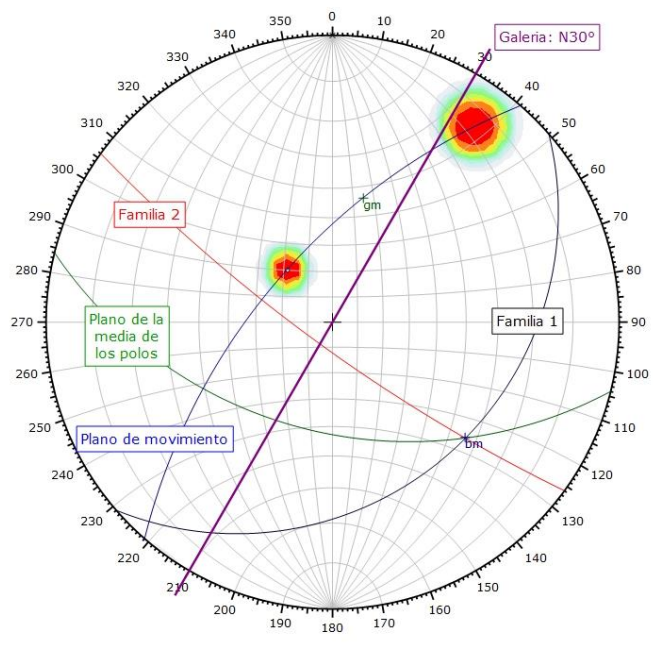
Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1

Galeria: N208°



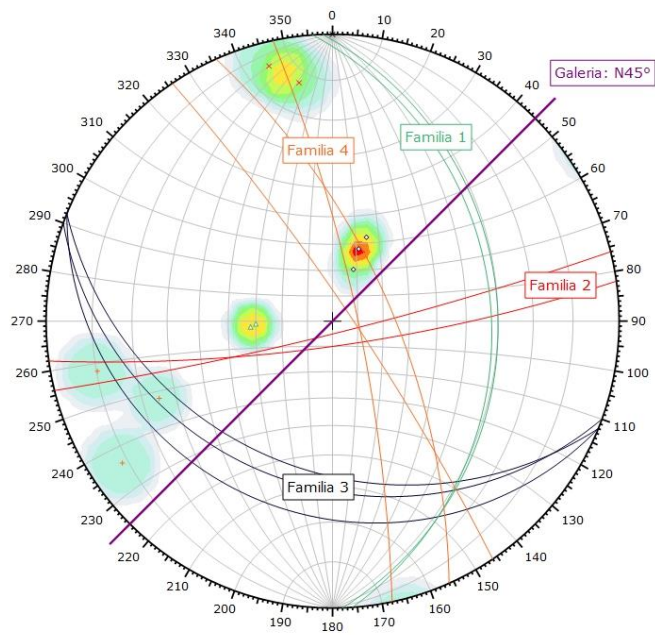
EGM 14

Symbol	Set	Quantity
◊	1	6
×	2	2
△	[no data]	2



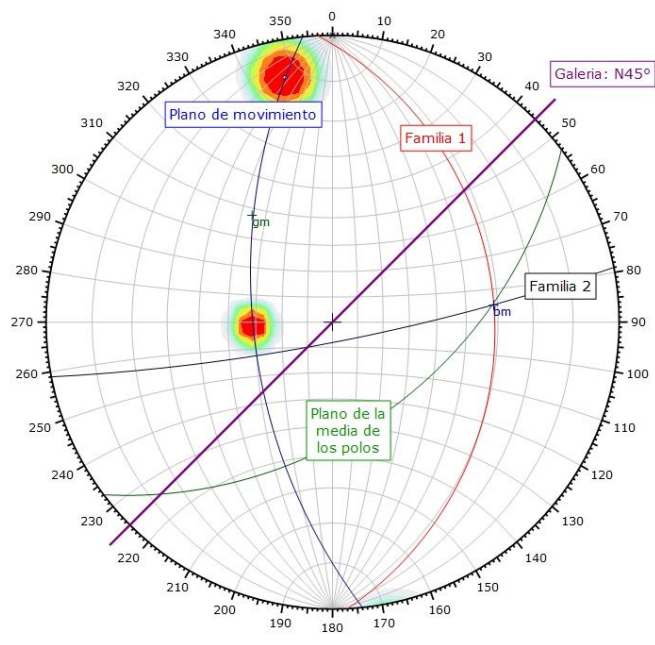
EGM 14

Symbol	ID	Quantity
◊	1	1
×	2	1



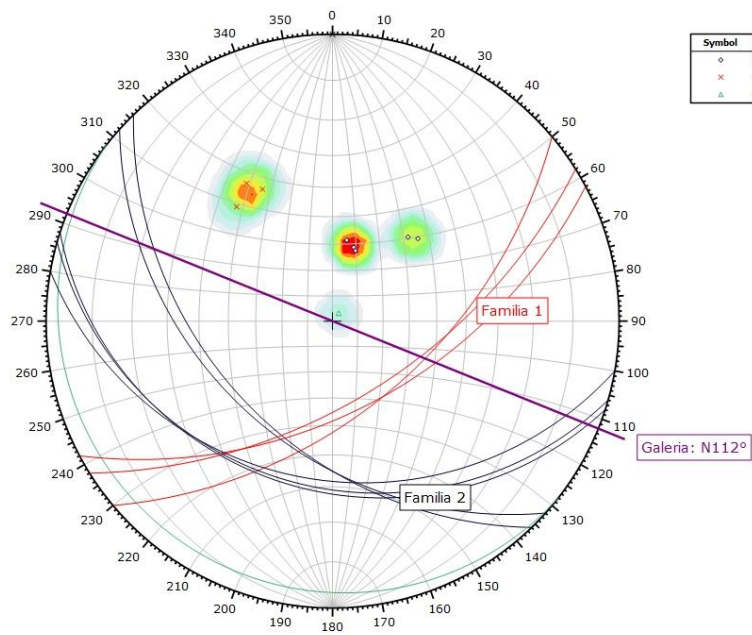
EGM 15

Symbol	Set	Quantity
◊	1	3
×	2	2
△	3	2
+	[no data]	3



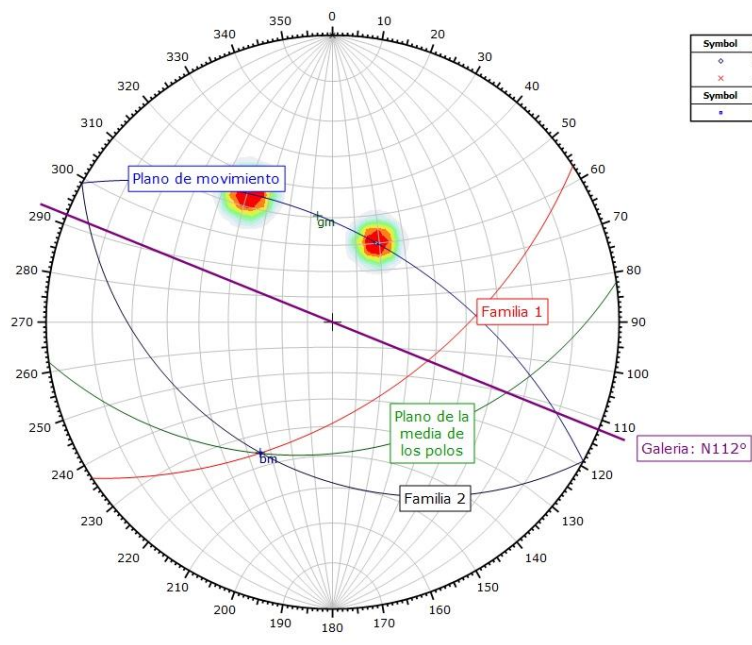
EGM 15

Symbol	ID	Quantity
◊	1	1
×	2	1



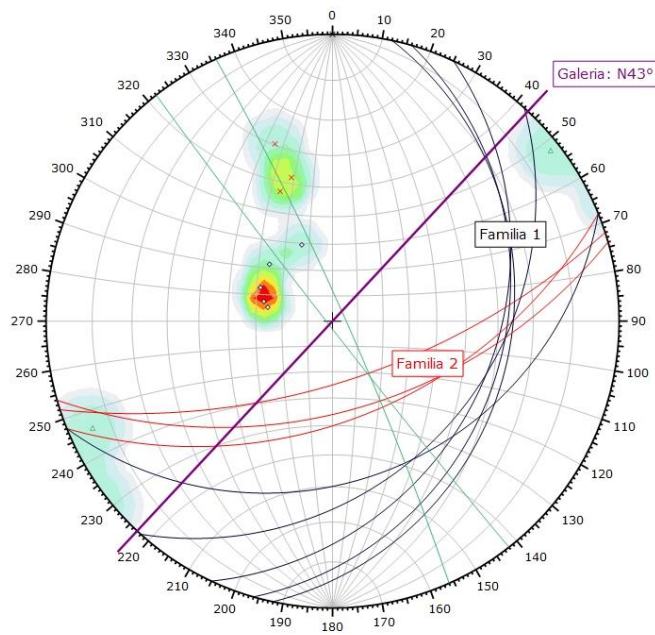
EGM 16

Symbol	Set	Quantity
◊	1	5
×	2	3
△	[no data]	1



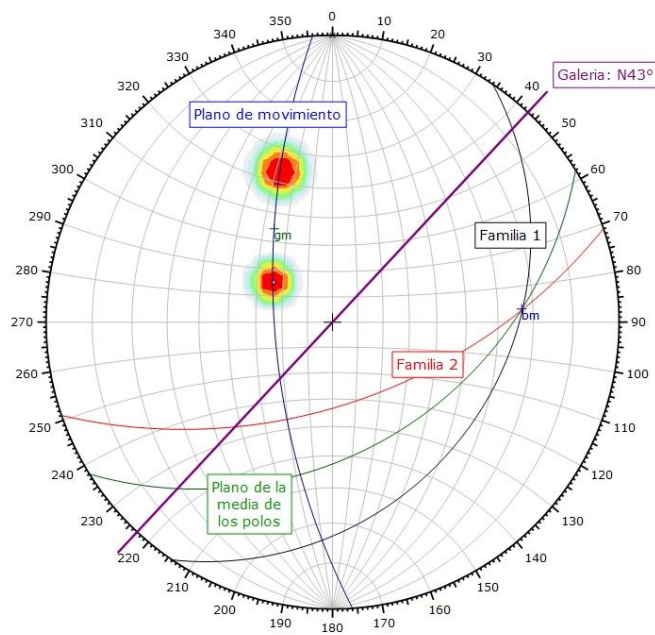
EGM 16

Symbol	ID	Quantity
◊	1	1
×	2	1
Symbol	Feature	
*	Intersection	



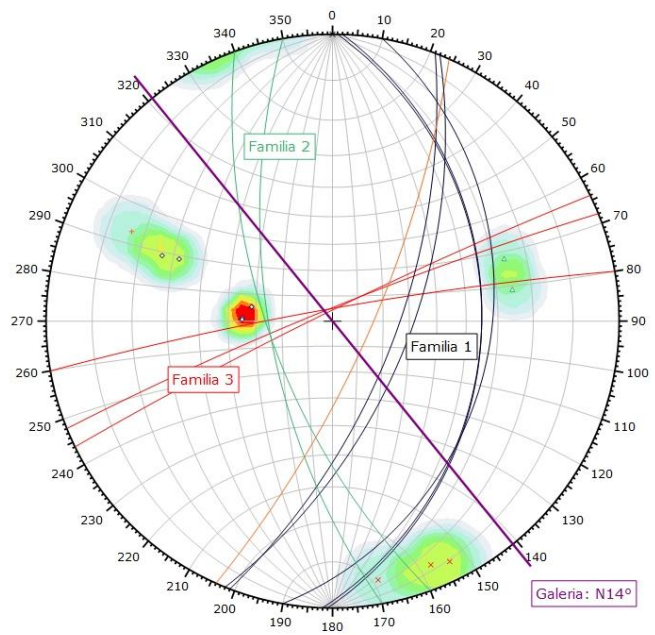
EGM 17

Symbol	Set	Quantity
◊	1	5
×	2	3
△	[no data]	2



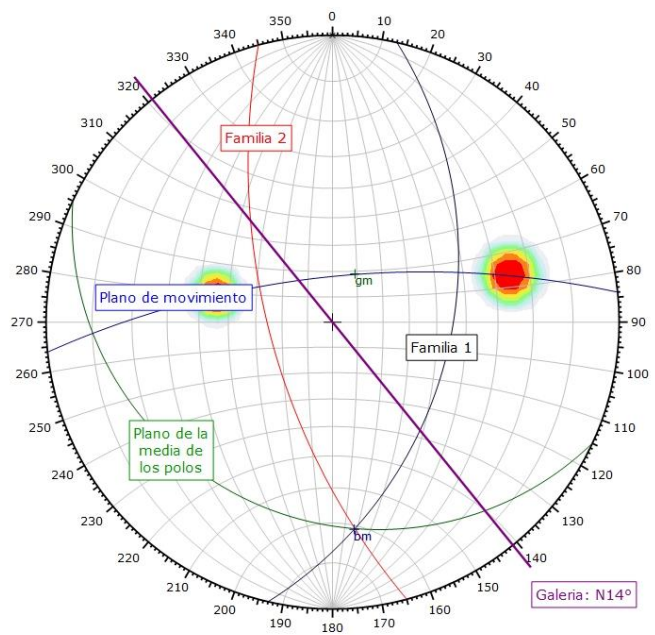
EGM 17

Symbol	ID	Quantity
◊	1	1
×	2	1



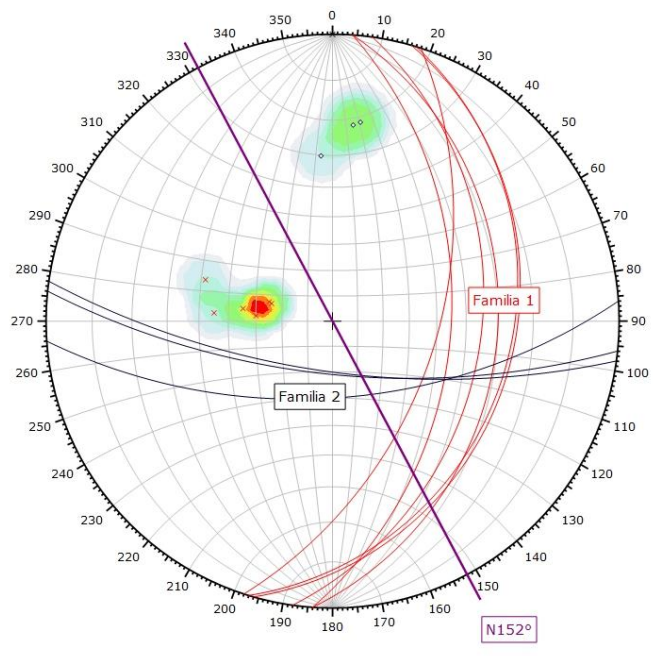
EGM 18

Symbol	Set	Quantity
◊	1	5
×	2	3
△	3	2
+	[no data]	1



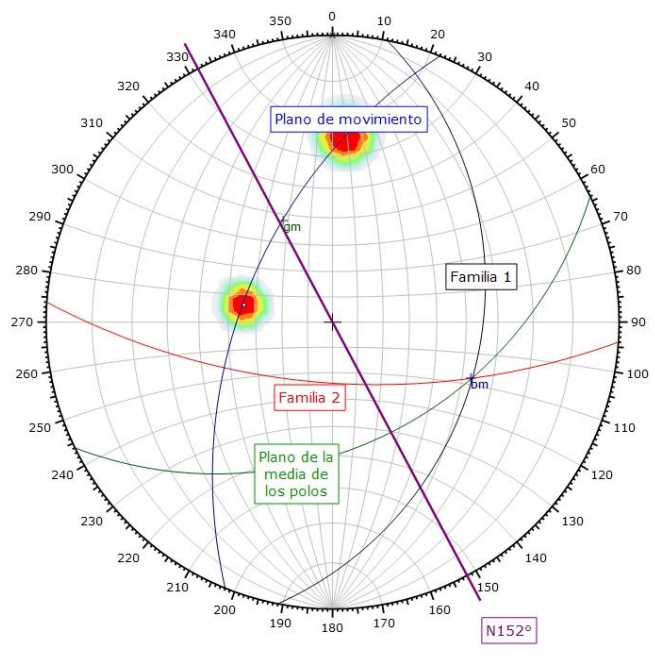
EGM 18

Symbol	ID	Quantity
◊	1	1
×	2	1



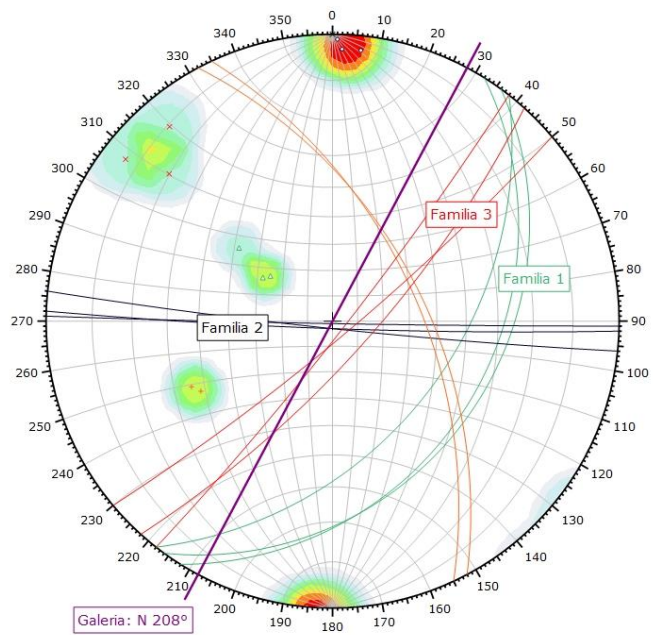
EGM 19

Symbol	Set	Quantity
○	1	3
×	2	6



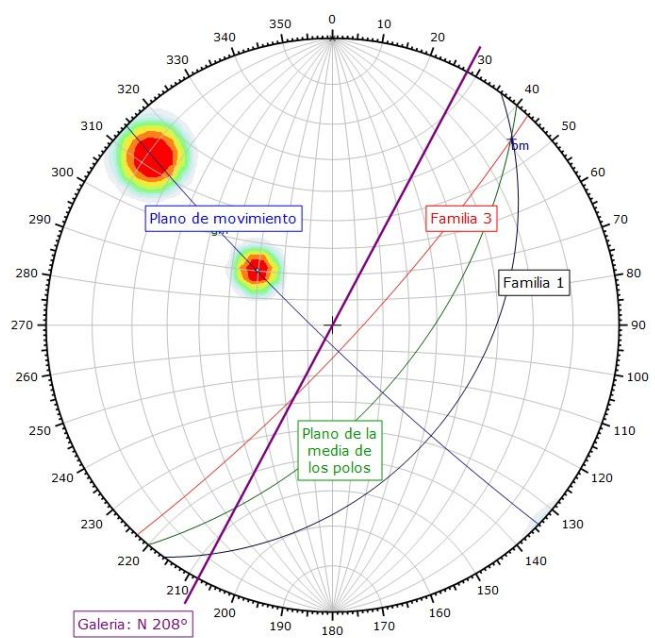
EGM 19

Symbol	ID	Quantity
○	1	1
×	2	1



EGM 20

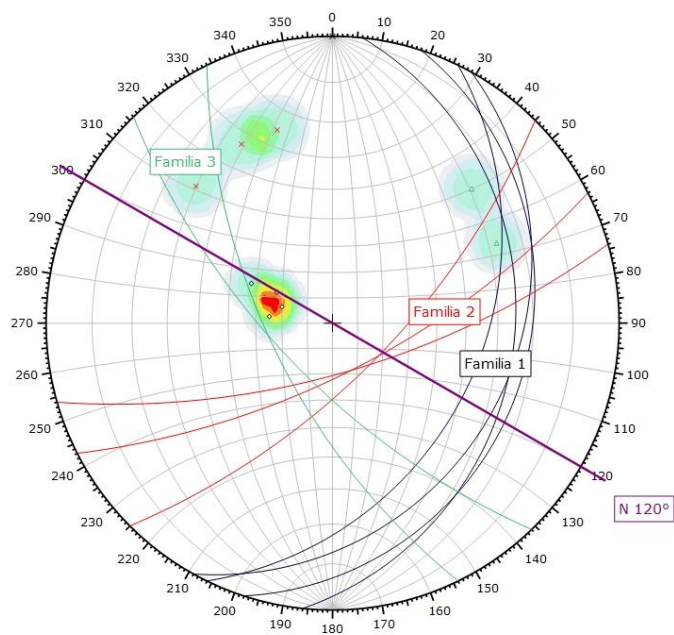
Symbol	Set	Quantity
○	1	3
×	2	3
△	3	3
+	[no data]	2



EGM 20

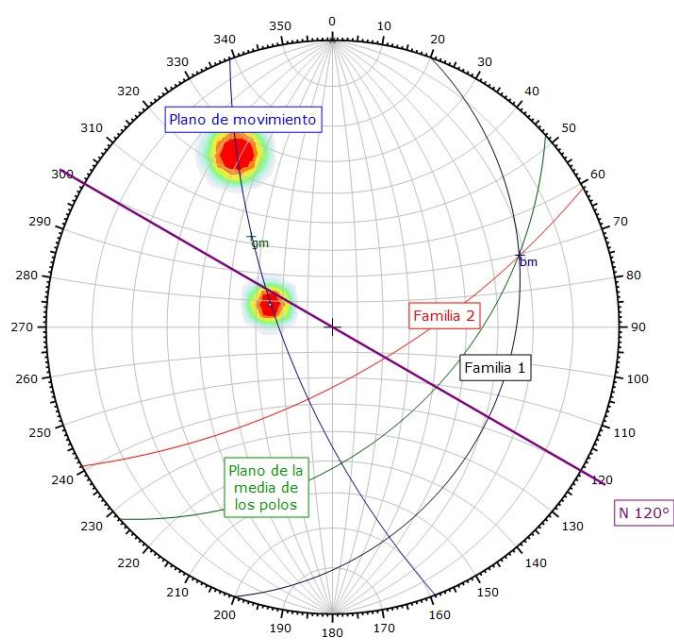
Symbol	ID	Quantity
○	1	1
×	2	1





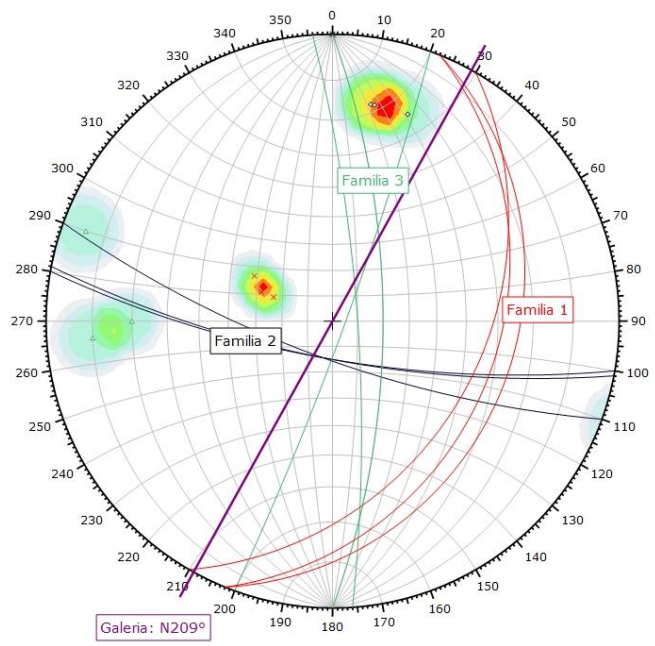
EGM 21

Symbol	Set	Quantity
◊	1	4
×	2	3
△	3	2



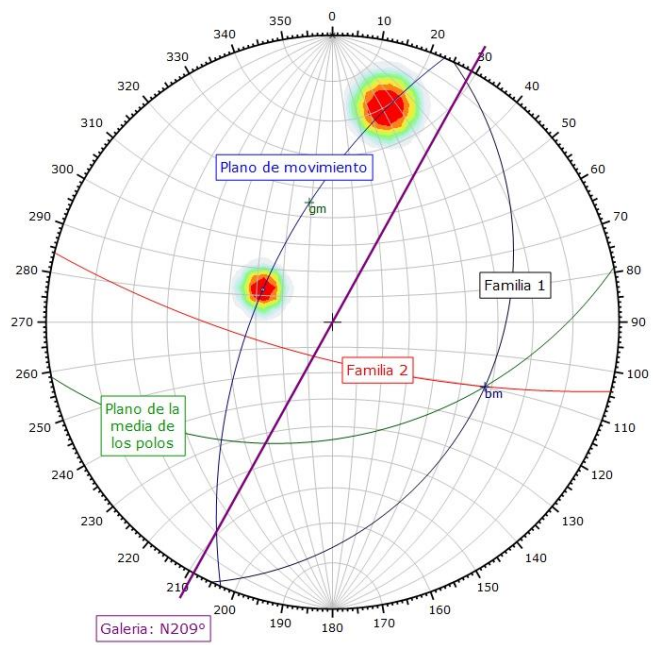
EGM 21

Symbol	ID	Quantity
◊	1	1
×	2	1



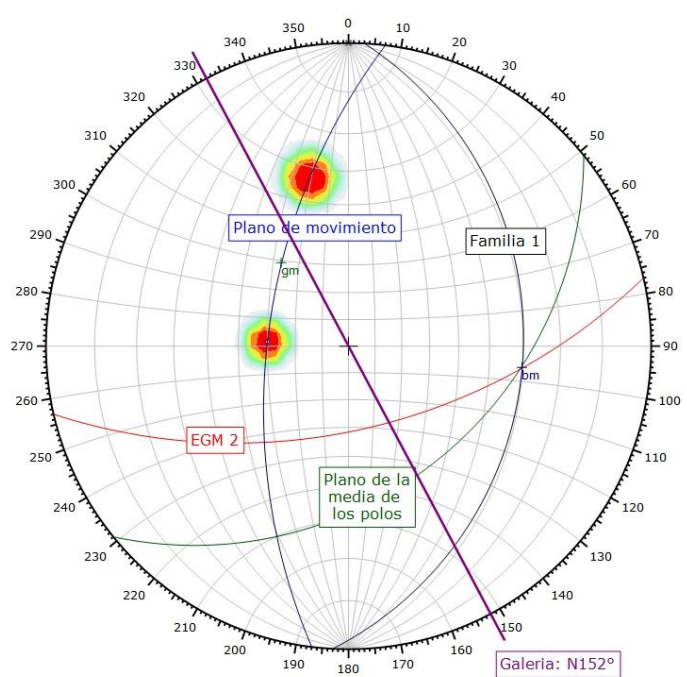
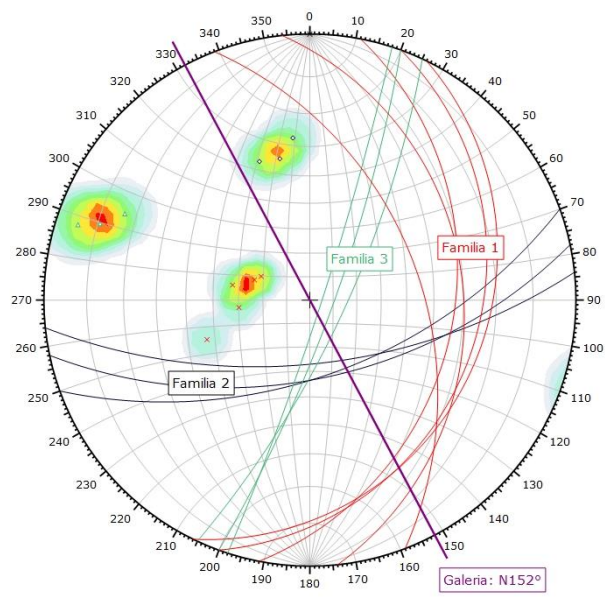
EGM 22

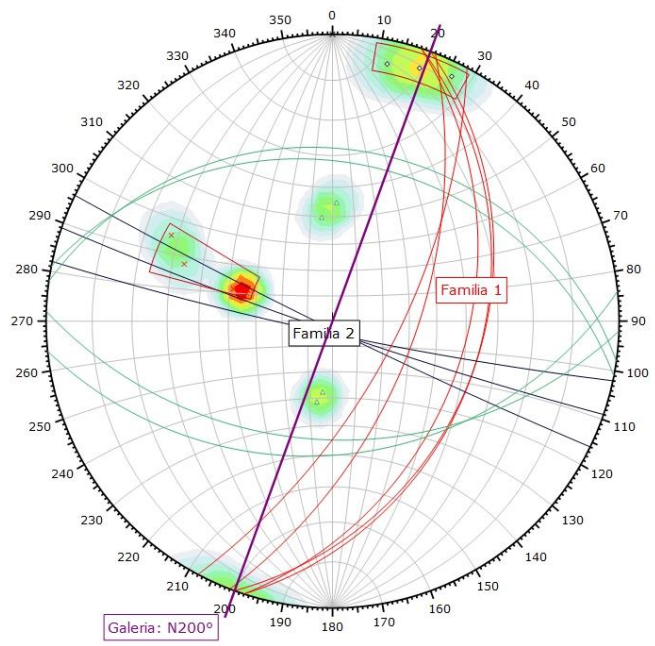
Symbol	Set	Quantity
◊	1	3
×	2	3
△	3	3



EGM 22

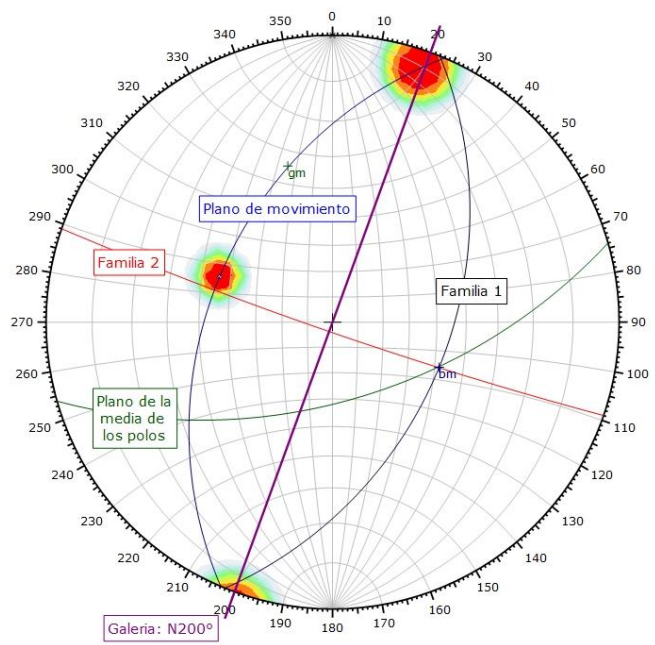
Symbol	ID	Quantity
◊	1	1
×	2	1





EGM 25

Symbol	Set	Quantity
○	1	3
×	2	5
△	[no data]	4

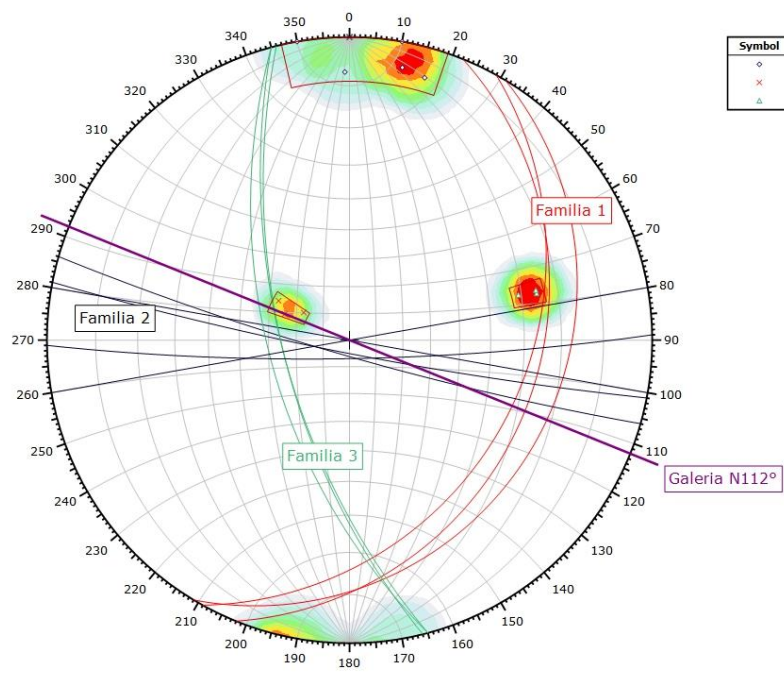


EGM 25

Symbol	ID	Quantity
○	1	1
×	2	1

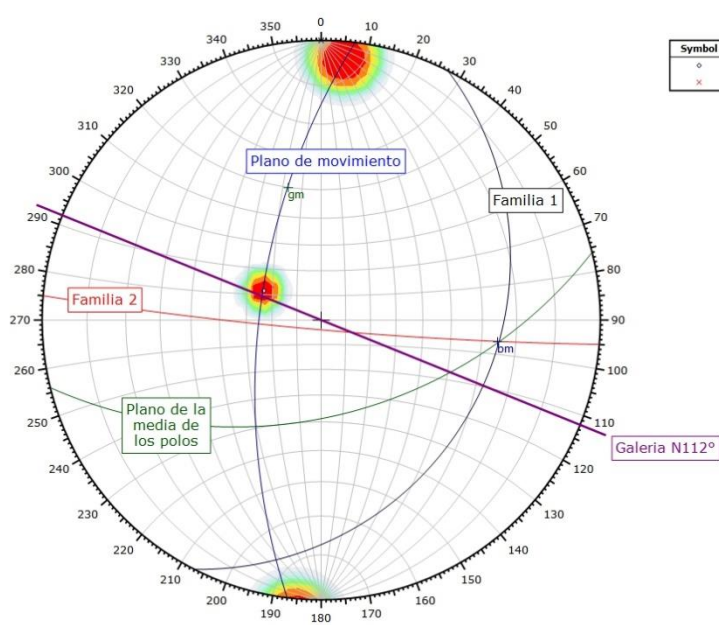
  

Symbol	Feature
*	Intersection



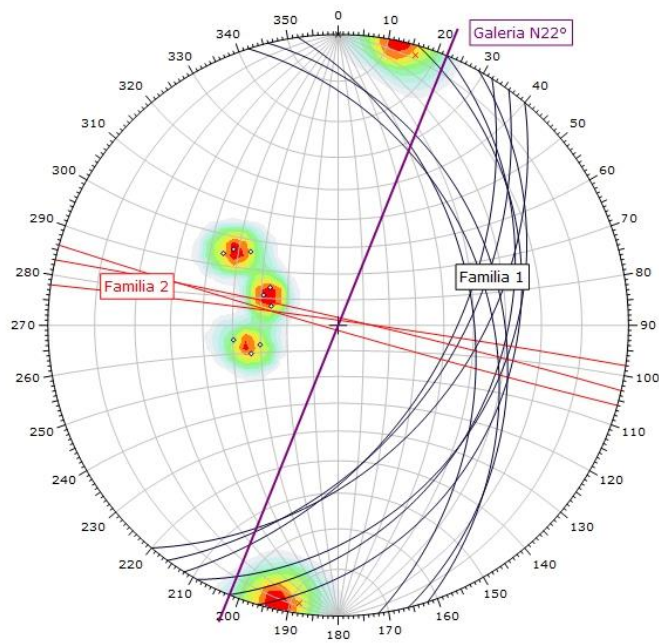
EGM 26

Symbol	Set	Quantity
○	1	5
×	2	3
△	3	3



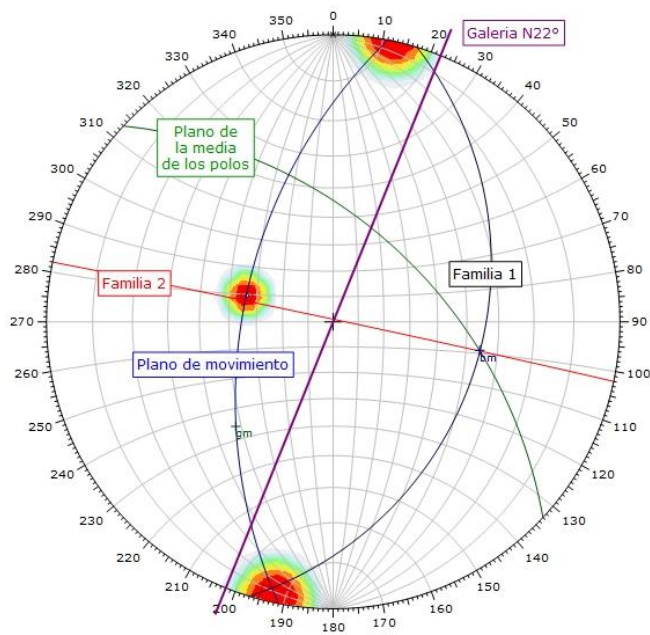
EGM 26

Symbol	ID	Quantity
○	1	1
×	2	1



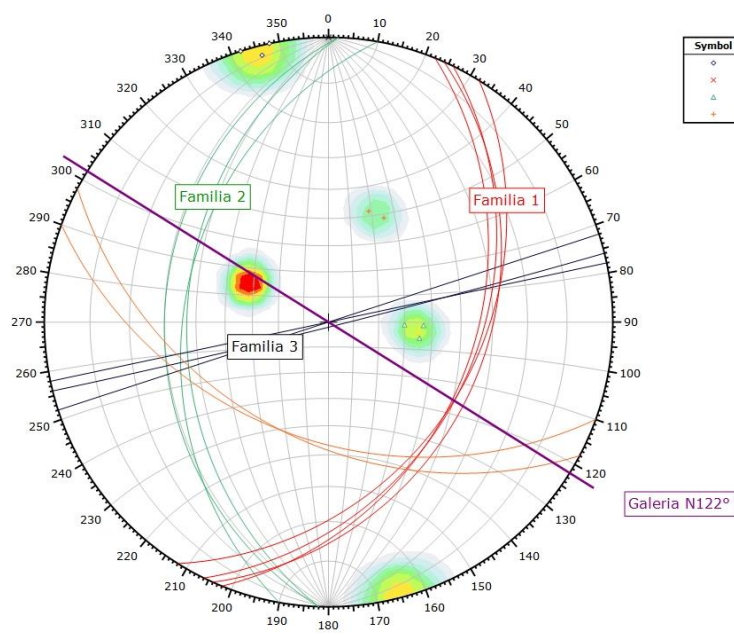
EGM 27

Symbol	Set	Quantity
o	1	9
x	2	3



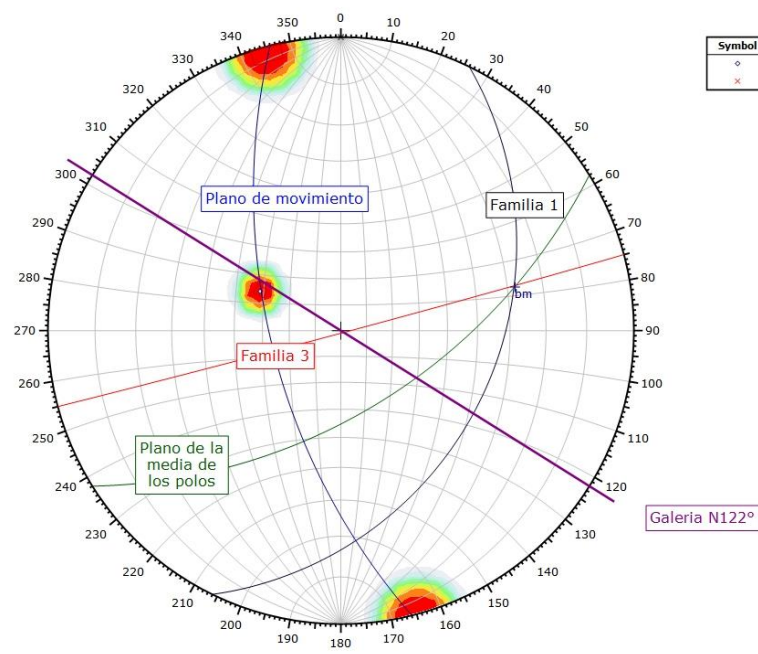
EGM 27

Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



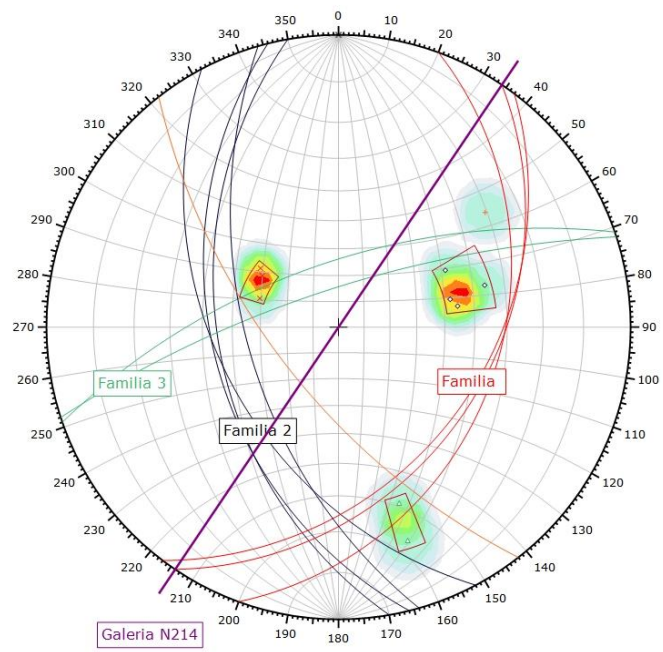
EGM 28

Symbol	Set	Quantity
○	1	3
×	2	4
△	3	3
+	[no data]	2



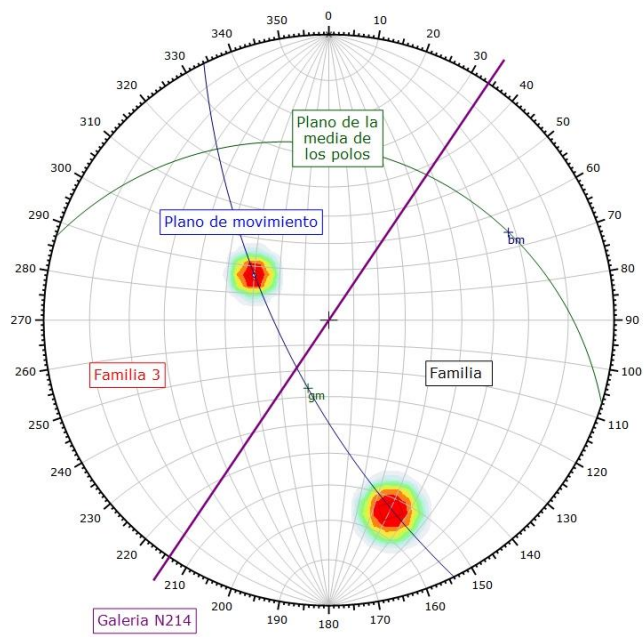
EGM 28

Symbol	ID	Quantity
○	1	1
×	2	1



EGM 29

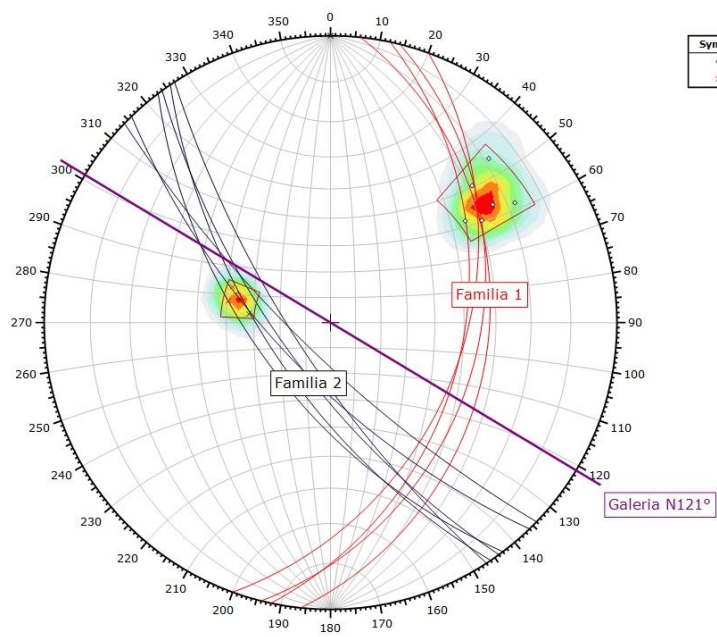
Symbol	Set	Quantity
○	1	4
×	2	3
△	3	2
+	[no data]	1



EGM 29

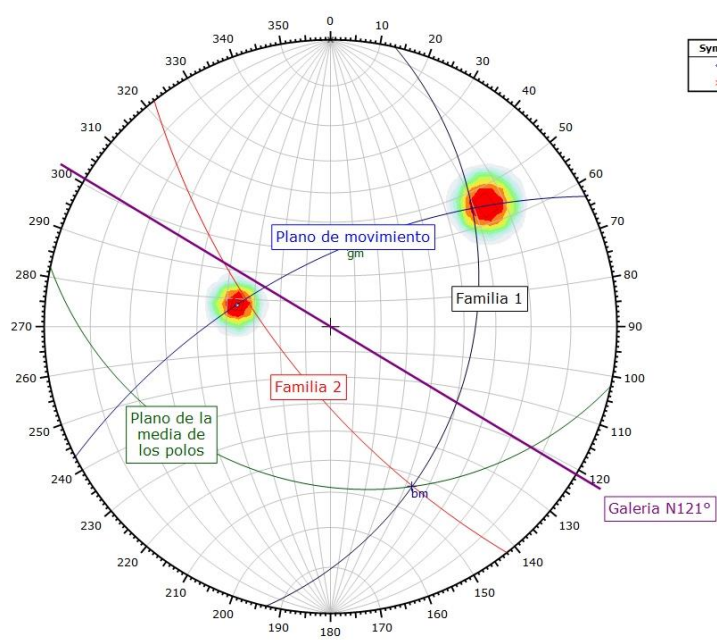
Symbol	ID	Quantity
○	1	1
×	2	1





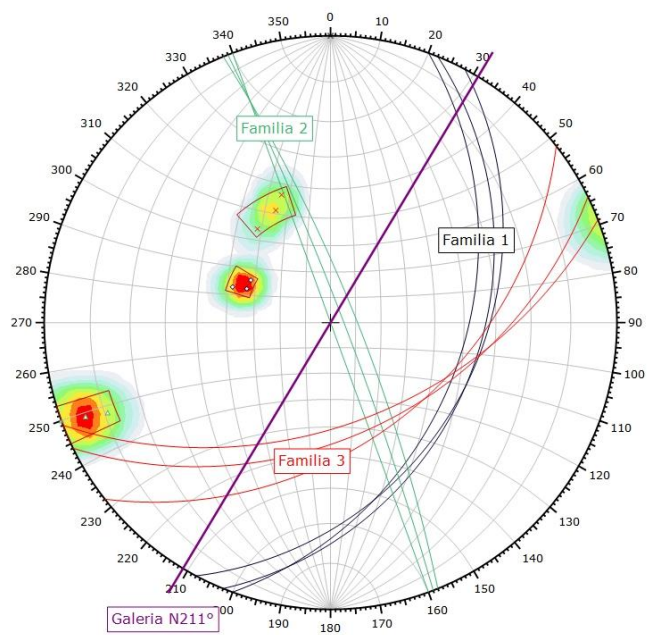
EGM 30

Symbol	Set	Quantity
◊	1	6
×	2	4



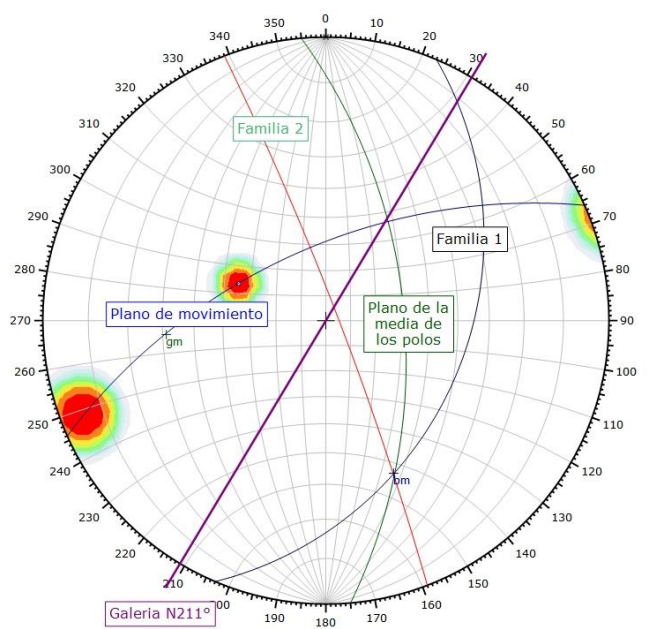
EGM 30

Symbol	ID	Quantity
◊	1	1
×	2	1



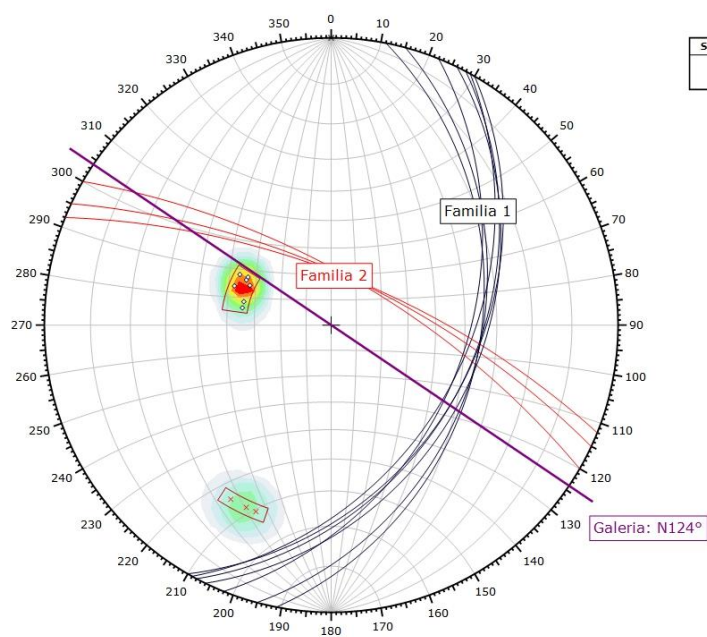
EGM 31

Symbol	Set	Quantity
◇	1	3
×	2	3
△	3	3



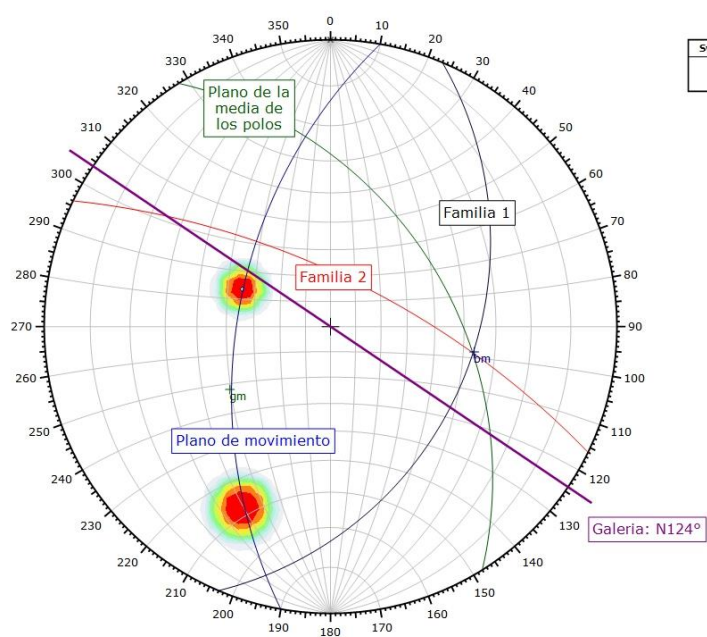
EGM 31

Symbol	ID	Quantity
◇	1	1
×	2	1



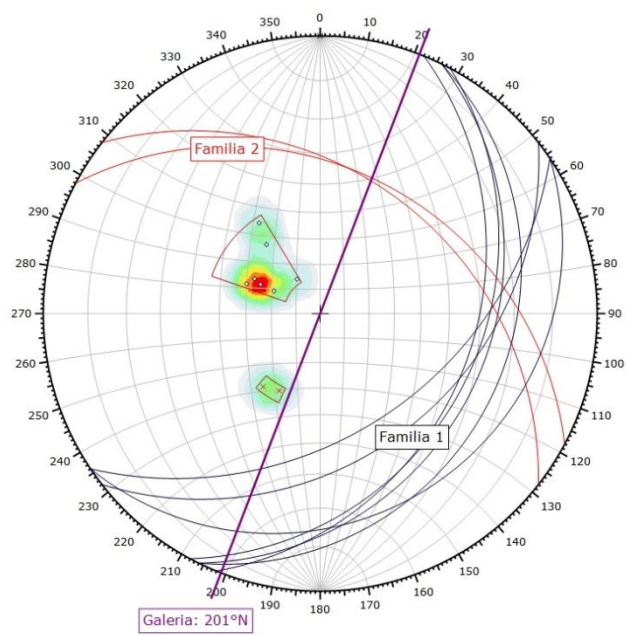
EGM 32

Symbol	Set	Quantity
◊	1	7
×	2	3



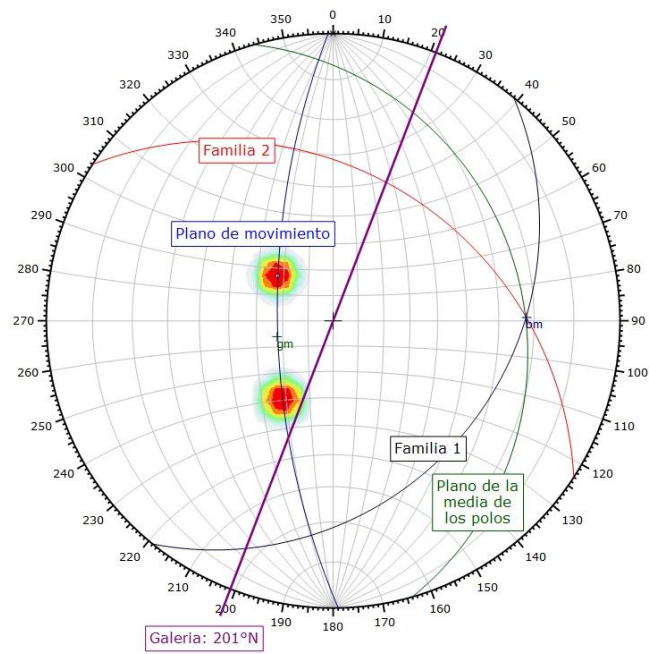
EGM 32

Symbol	ID	Quantity
◊	1	1
×	2	1



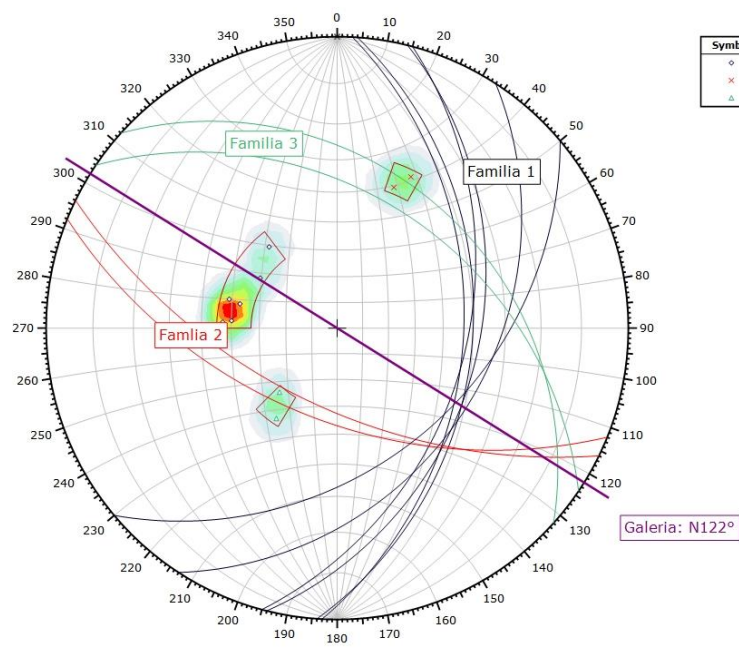
EGM 33

Symbol	Set	Quantity
o	1	7
x	2	2



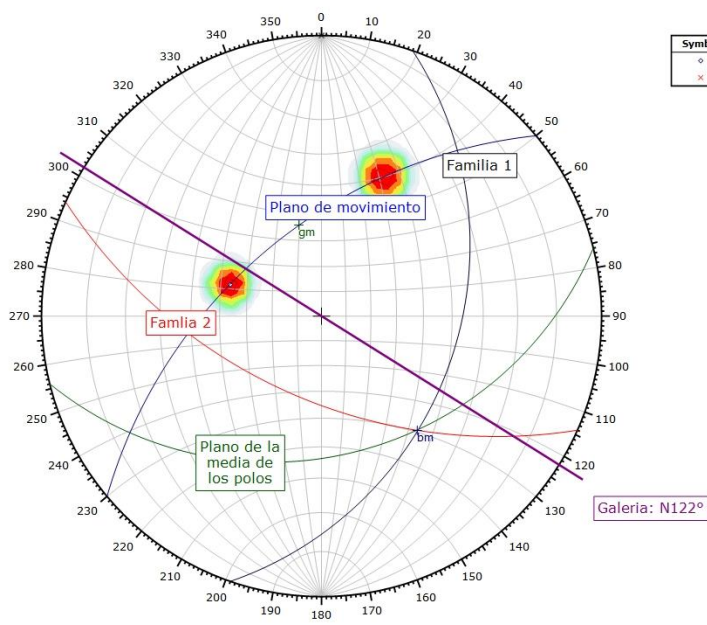
EGM 33

Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



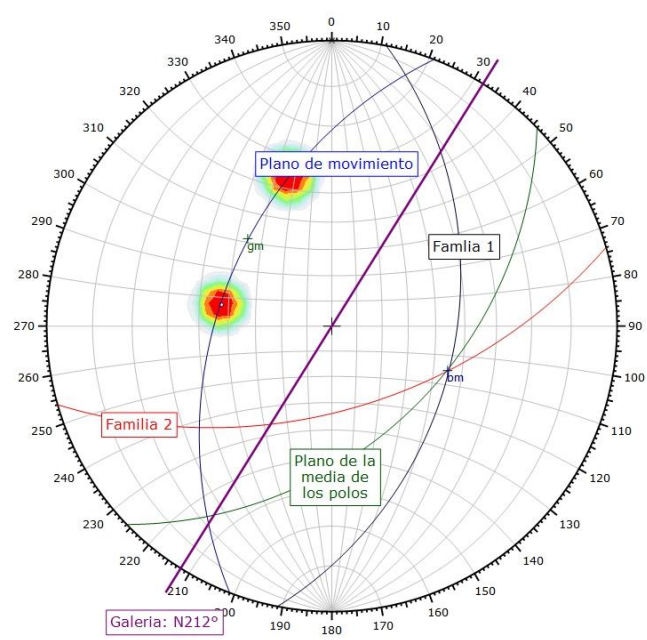
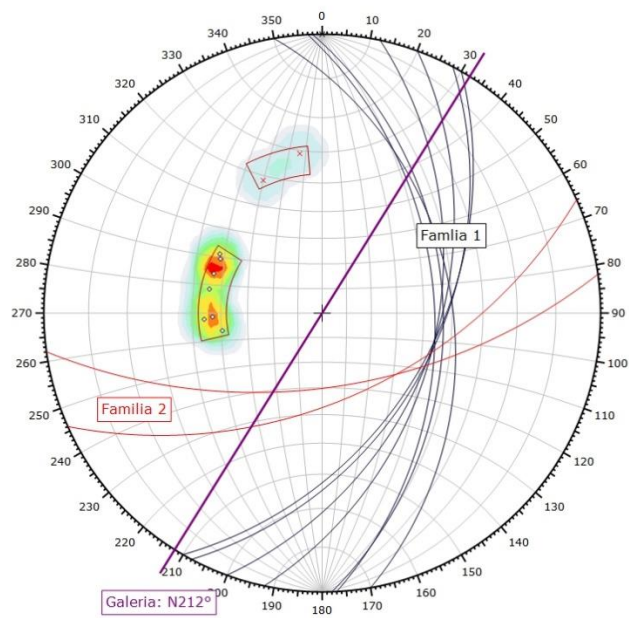
EGM 34

Symbol	Set	Quantity
○	1	6
×	2	2
△	3	2



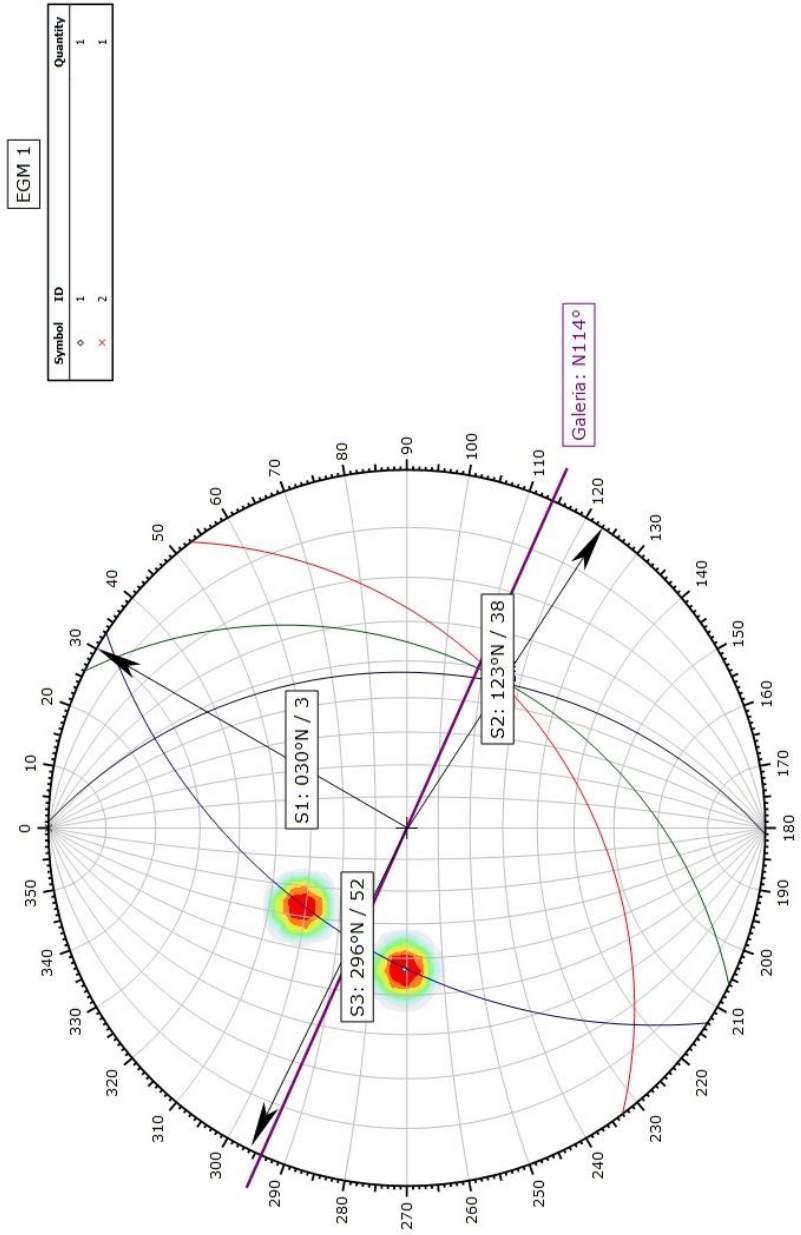
EGM 34

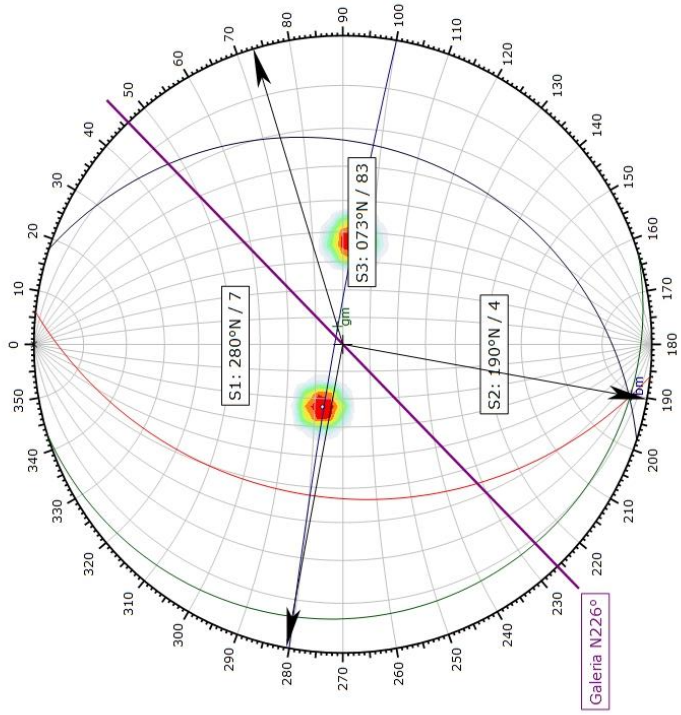
Symbol	ID	Quantity
○	1	1
×	2	1



# ANEXO E

## DIRECCIÓN DE LOS ESFUERZOS PRINCIPALES DE CADA EGM



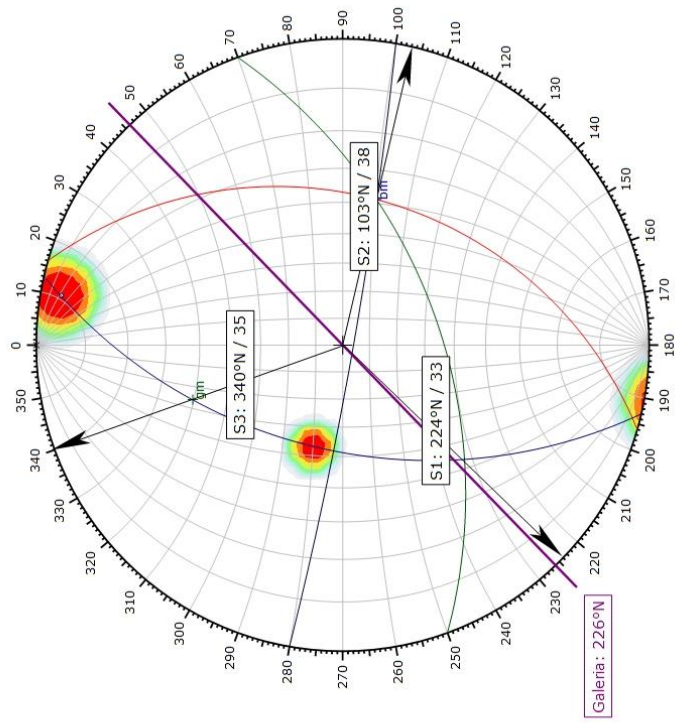


EGM 2		
Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



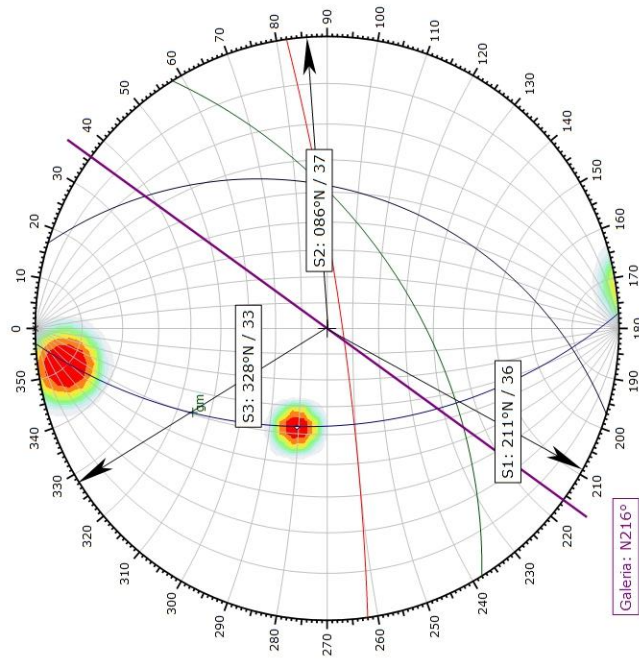
EGM 3

Symbol	ID	Quantity
◊	1	1
×	2	1



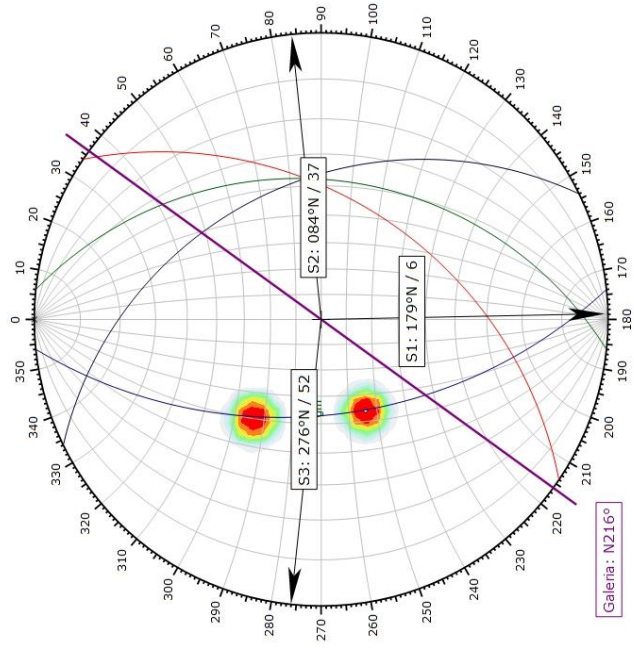
**EGM 4**

Symbol	ID	Quantity
0	1	1
x	2	1



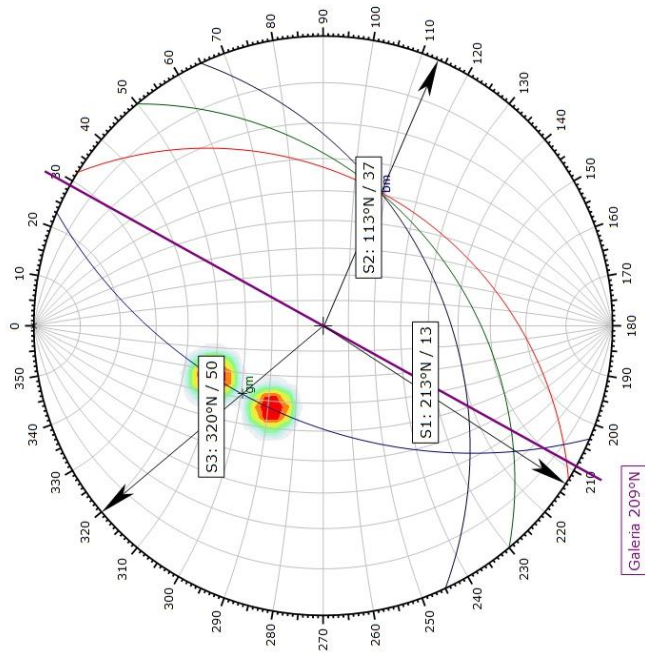
EGM 5

Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



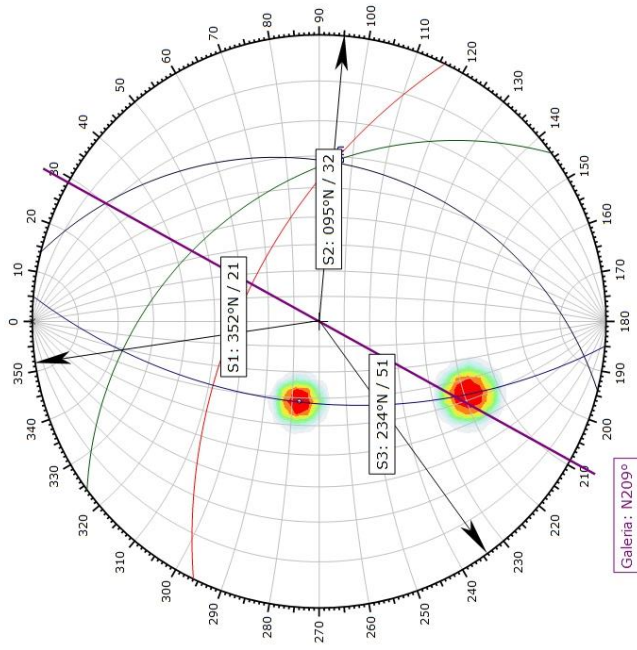
EGM 6

Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1

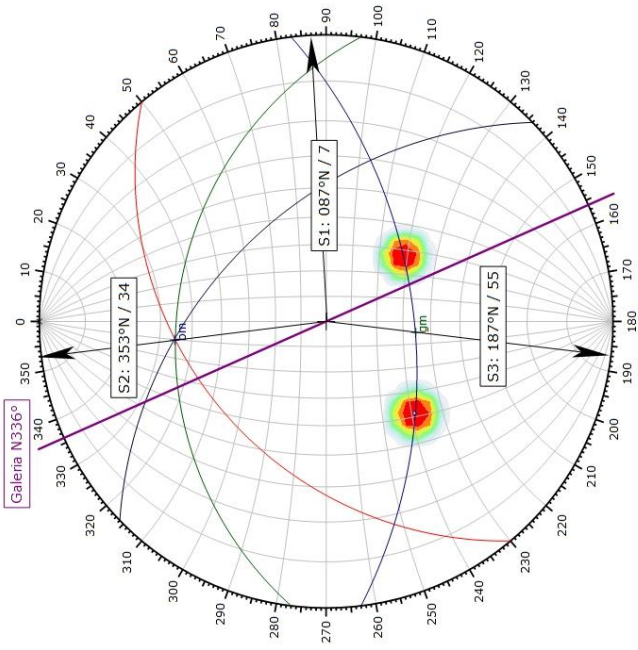


Galeria 209°N

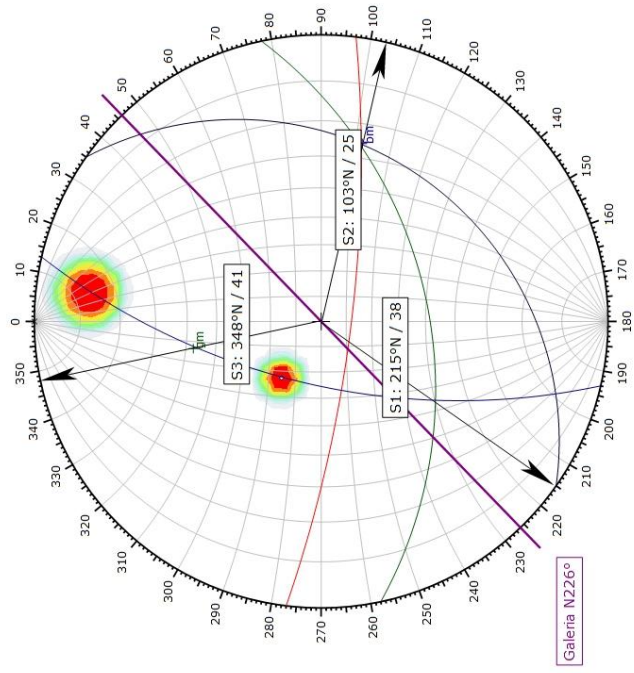
ECM 7		
Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



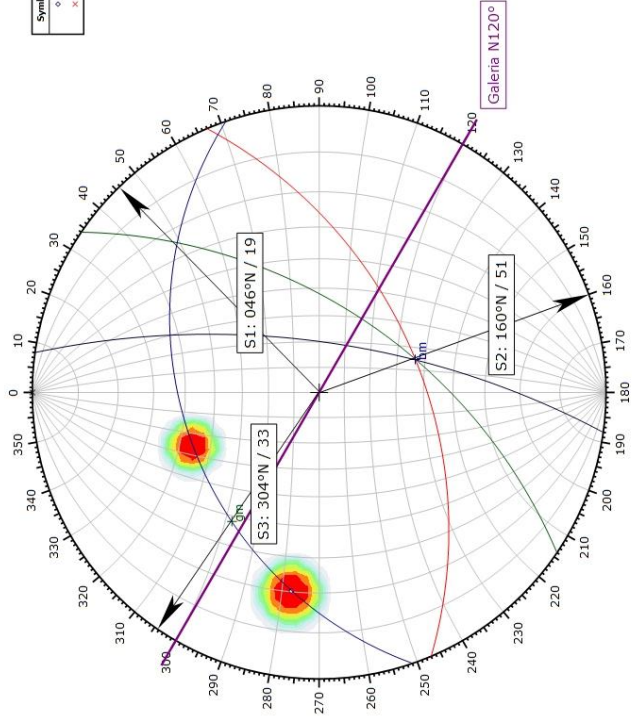
EGM 8		
Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



EGM 9		
Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1

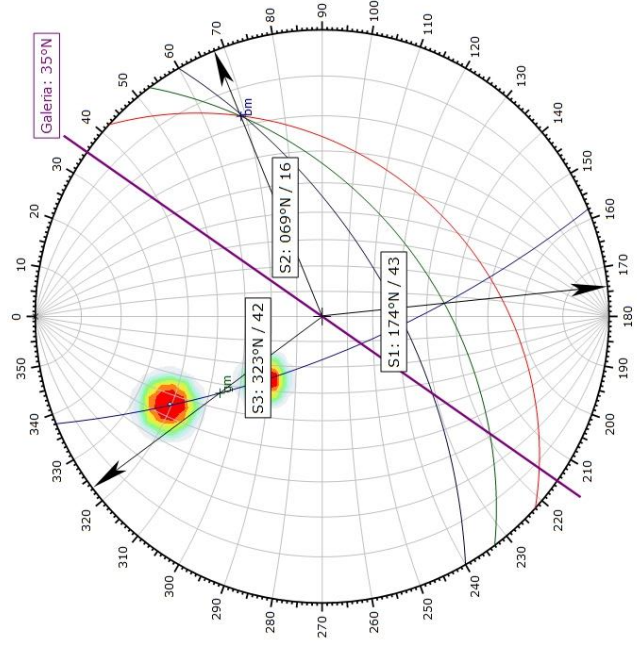


EGM 10		
Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



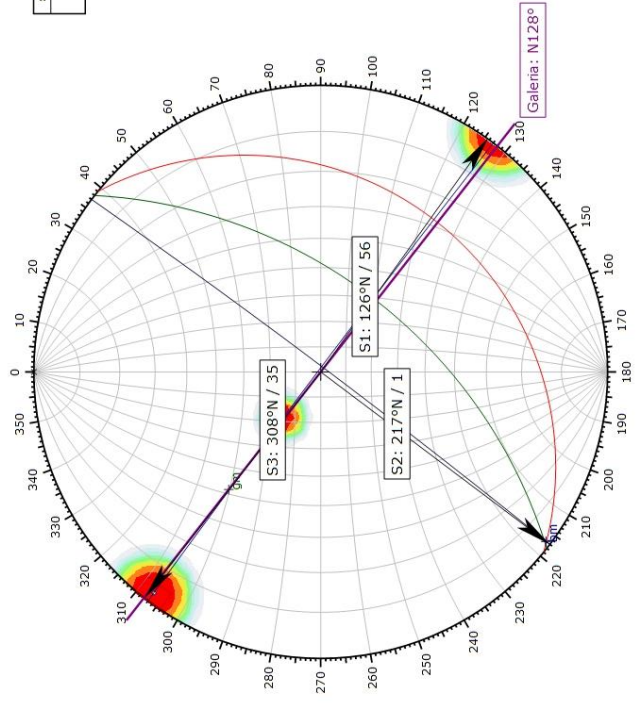


EGM 11		
Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1

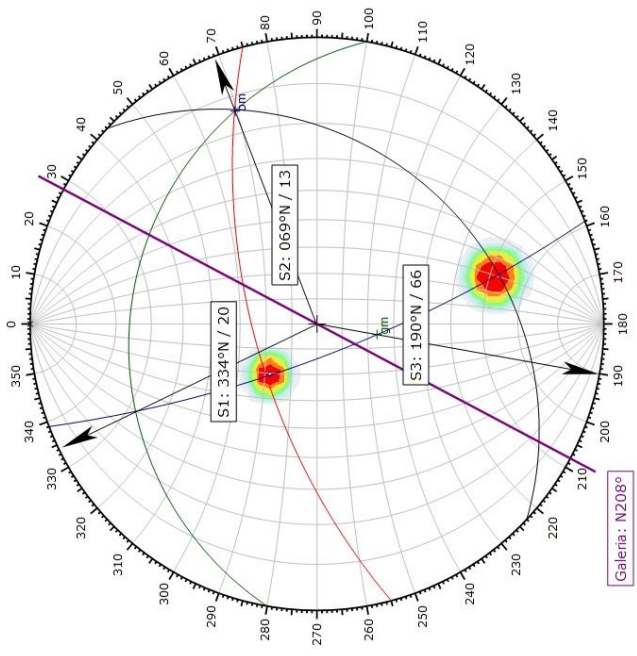


EGM 12

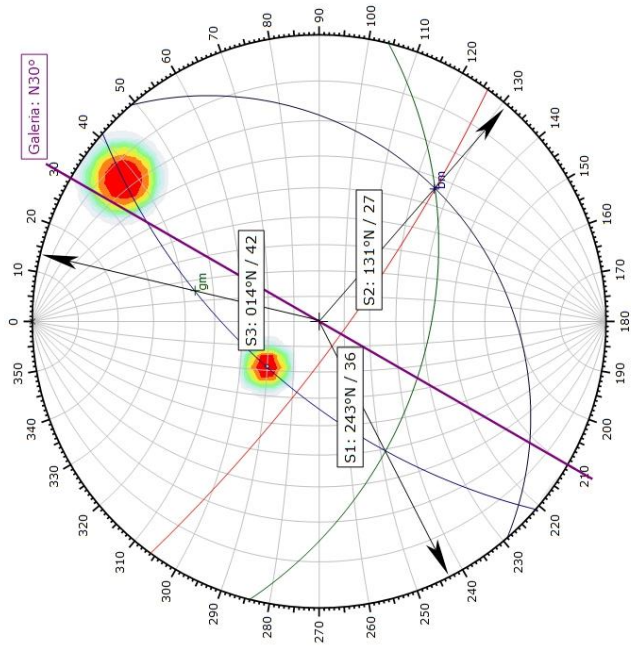
Symbol	ID	Quantity
○	1	1
×	2	1



EGM 13		
Symbol	ID	Quantity
◊	1	1
×	2	1

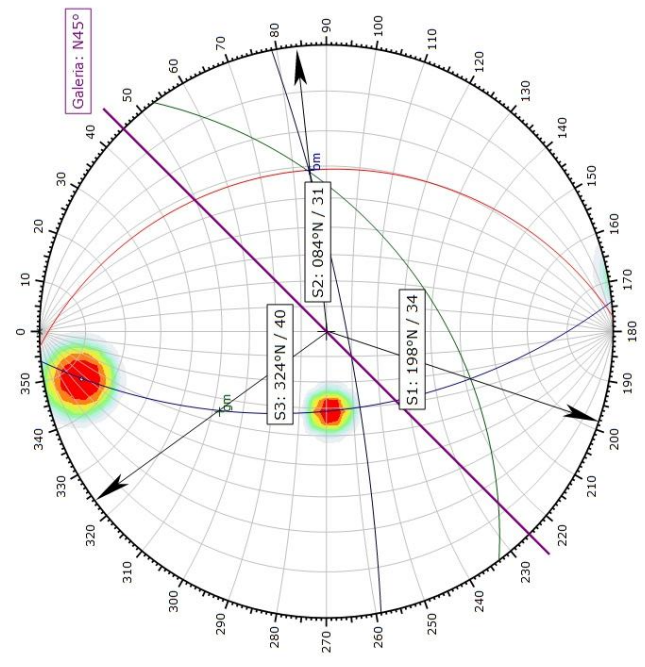


EGM 14		
Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



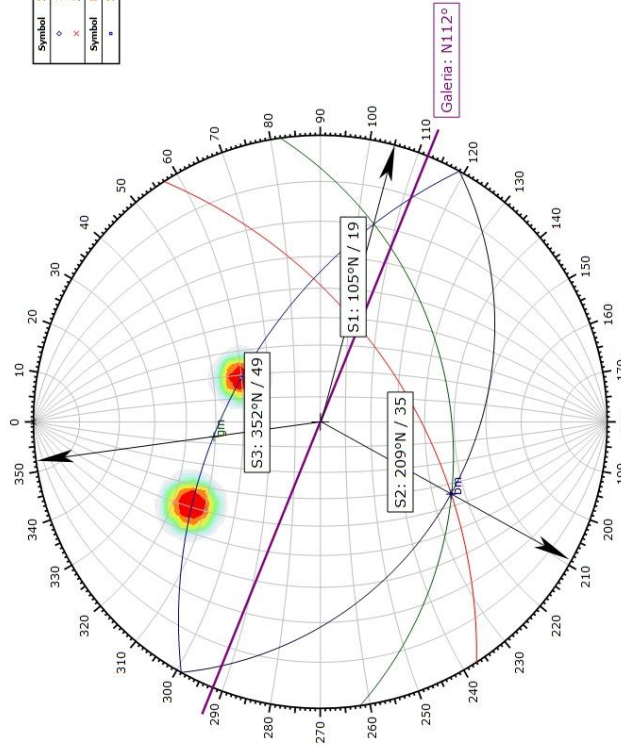
EGM 15

Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



EGM 16

Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1
Symbol	Feature	Quantity
*	Intersection	1



Galeria: N112°

S3: 352°N / 49

S1: 105°N / 19

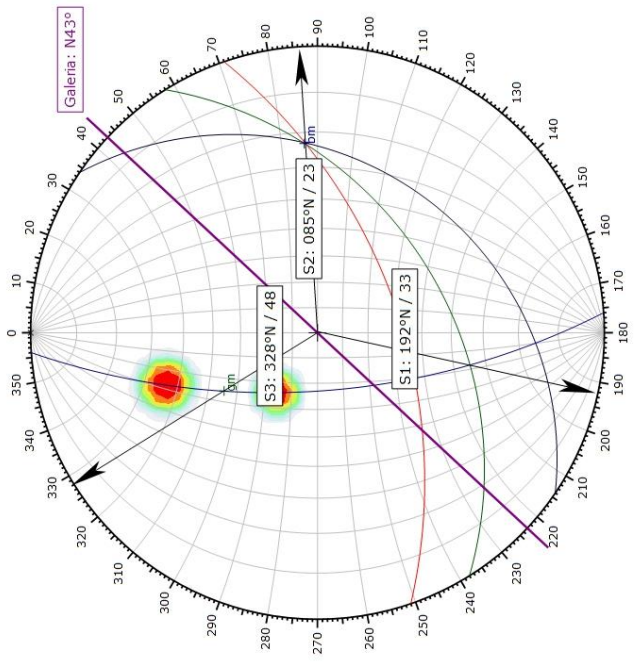
S2: 209°N / 35

b1

b2

EGM 17

Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



Galeria: N43°

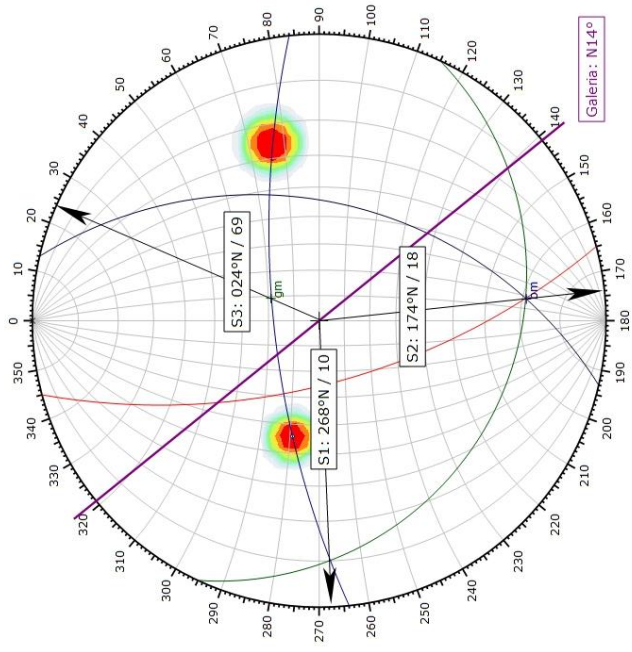
S3: 328°N / 48

S2: 085°N / 23

S1: 192°N / 33

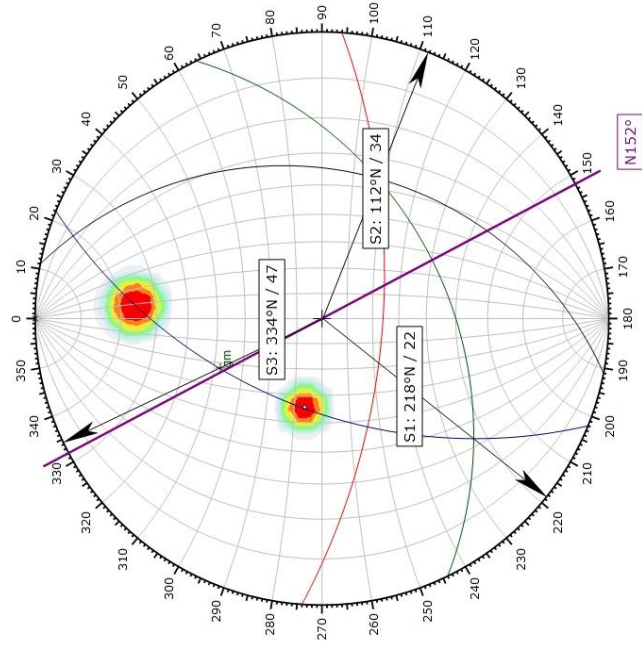
50m

EGM 18		
Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



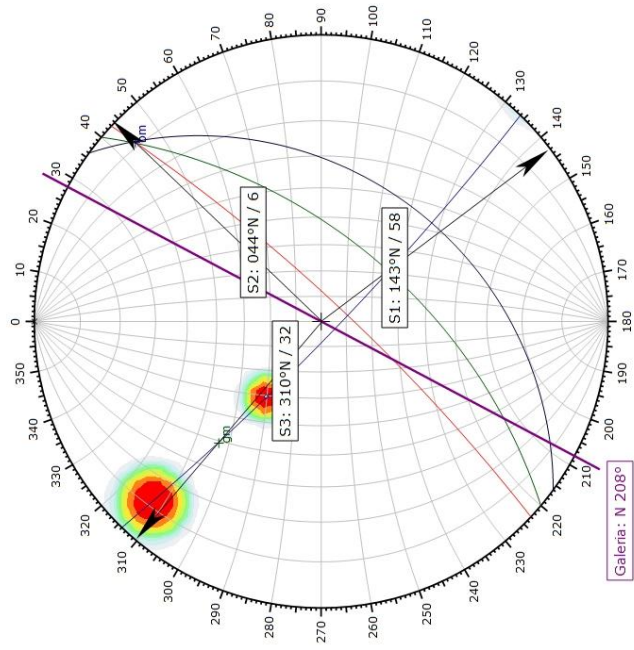


EGM 19		
Symbol	ID	Quantity
⊕	1	1
⊗	2	1



EGM 20

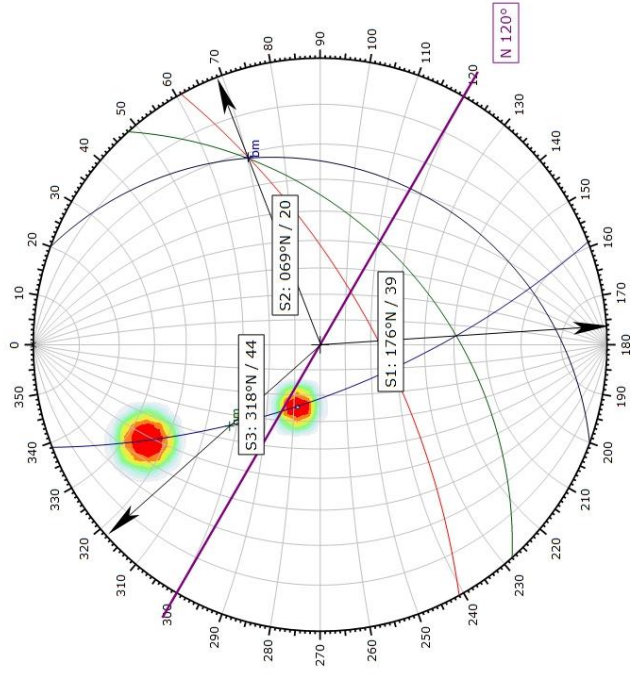
Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



Galeria: N 208°

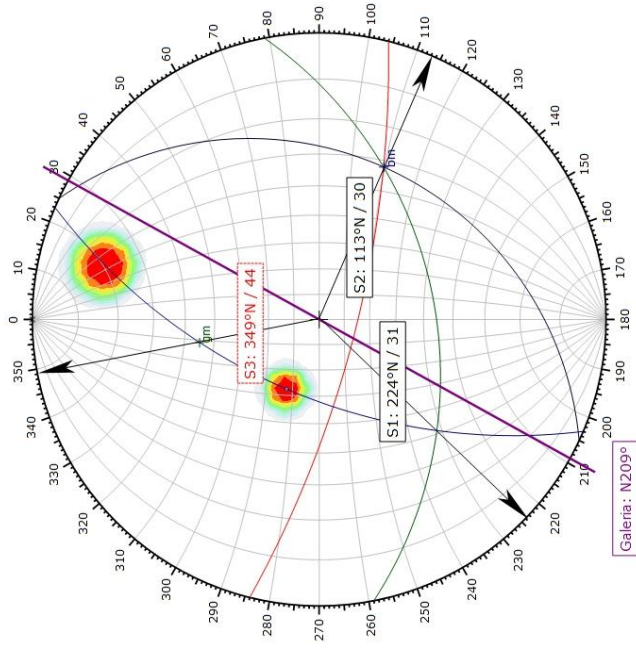
EGM 21

Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



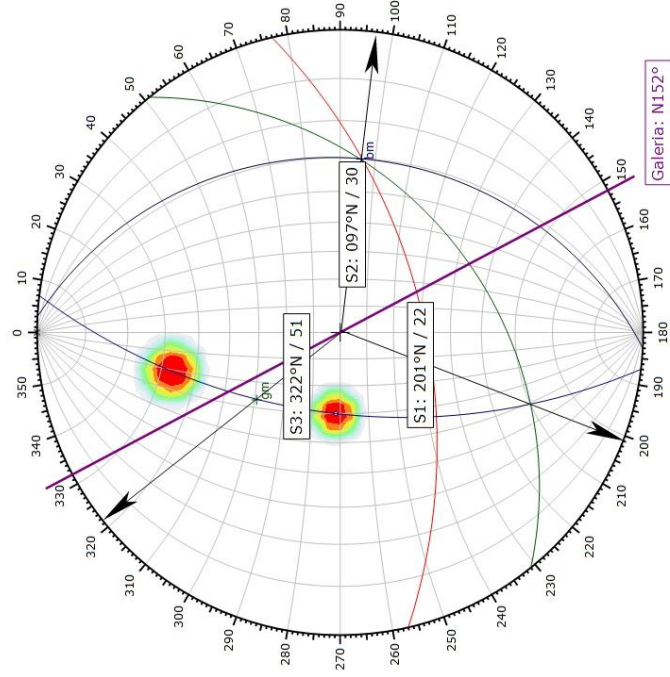
EGM 22

Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



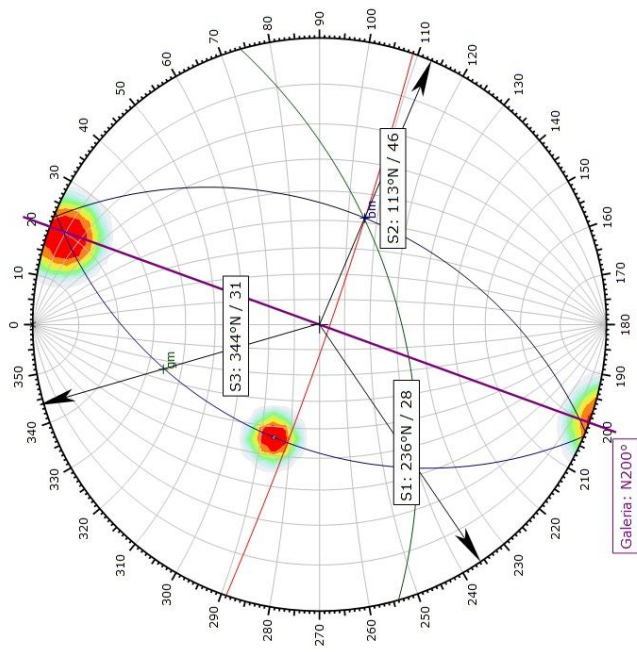
EGM 23

Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



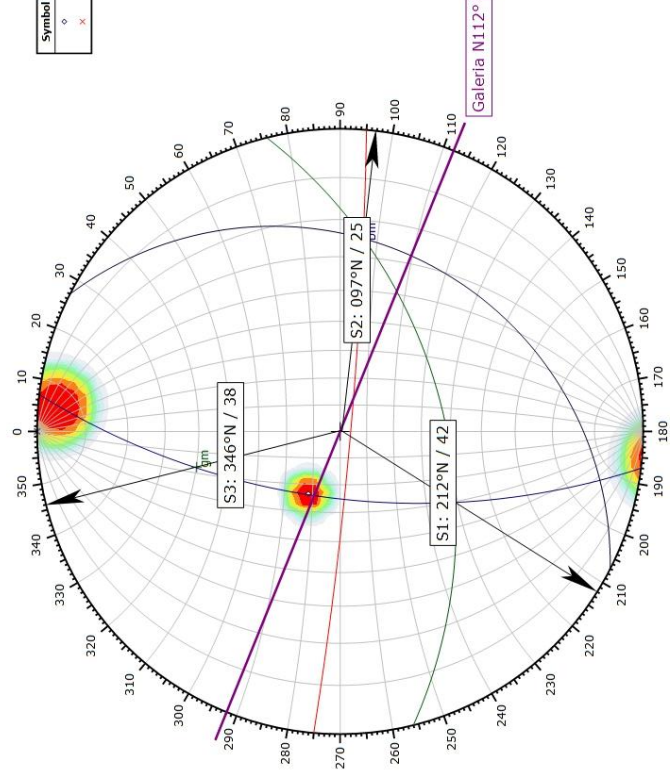
EGM 25

Symbol	ID	Quantity
○	1	1
×	2	1
Symbol	Feature	
*	Intersection	

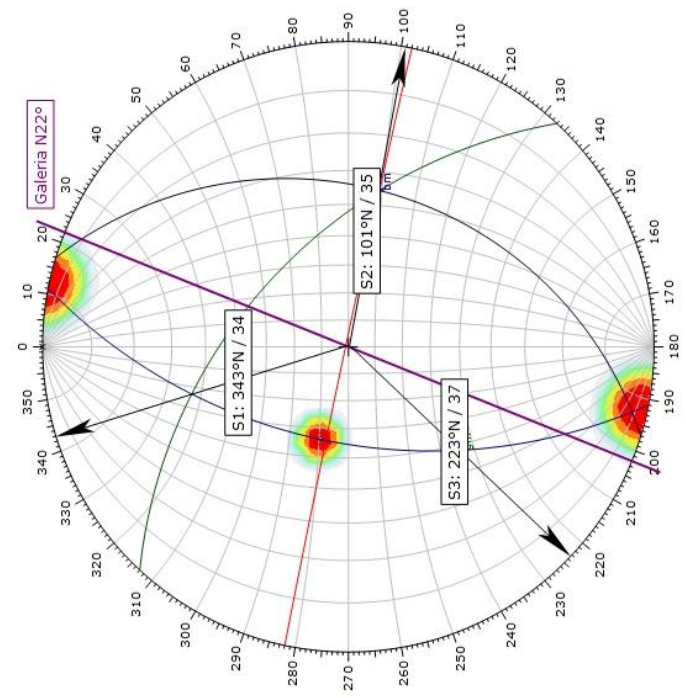


EGM 26

Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



Symbol	ID	Quantity
⊙	1	1
⊗	2	1

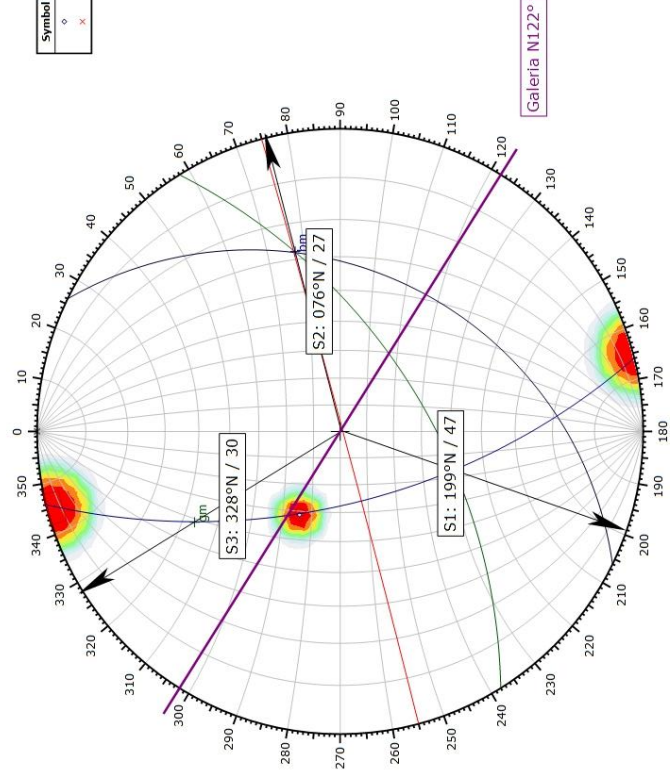


EGM 27



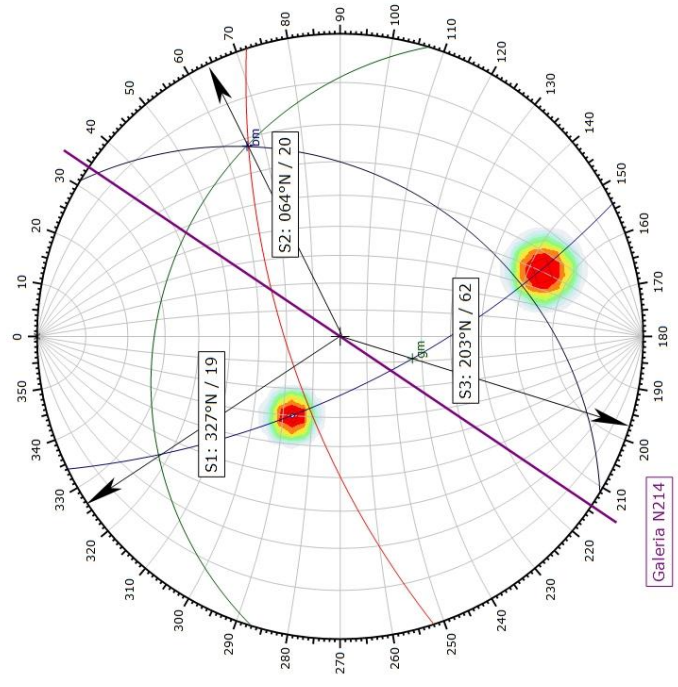
EGM 28

Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



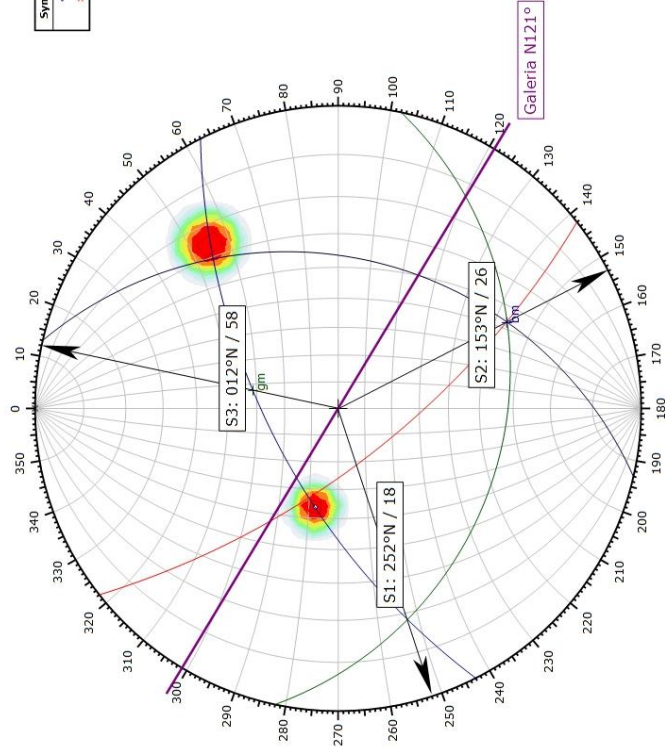
EGM 29

Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



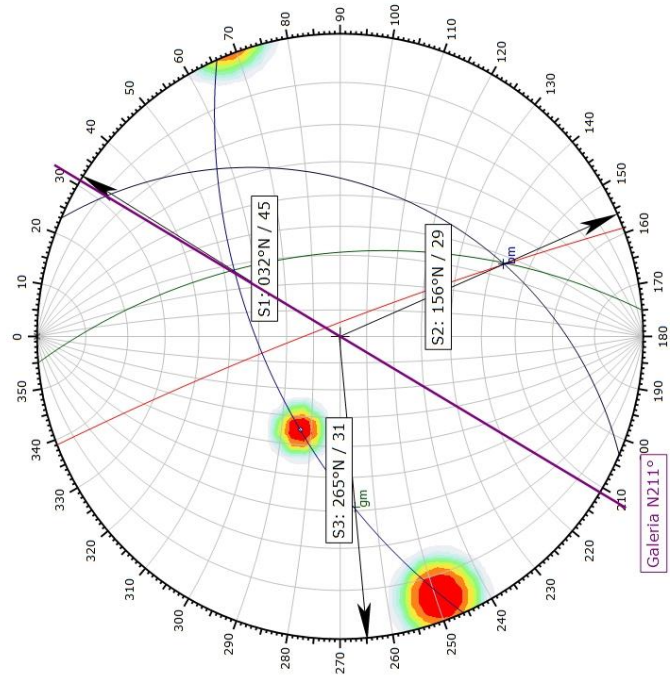
EGM 30

Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



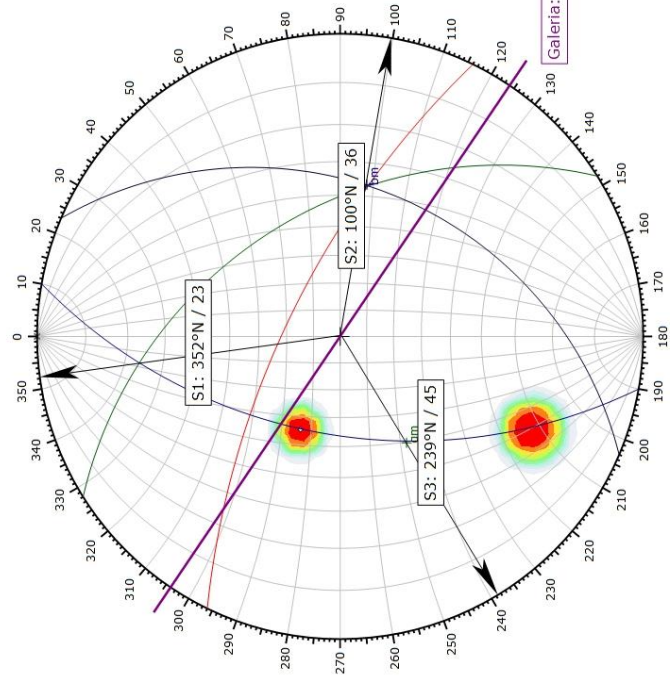
EGM 31

Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



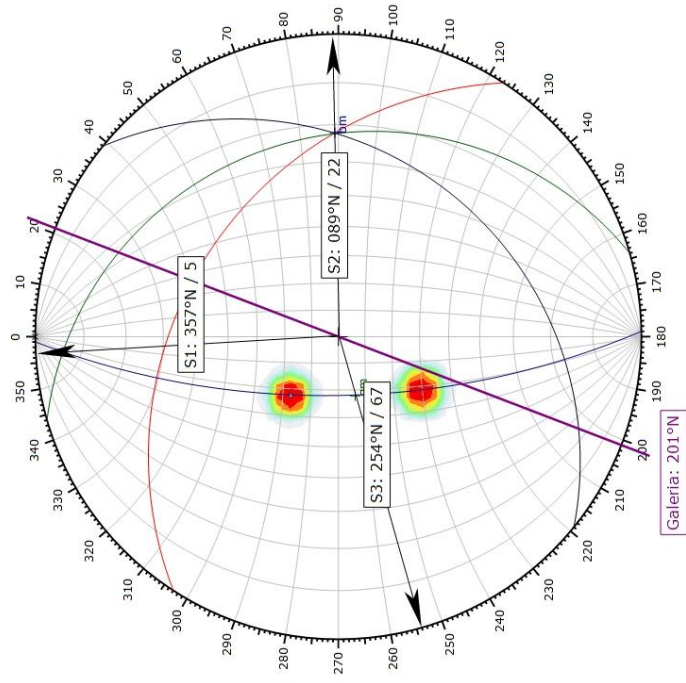
EGM 32

Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



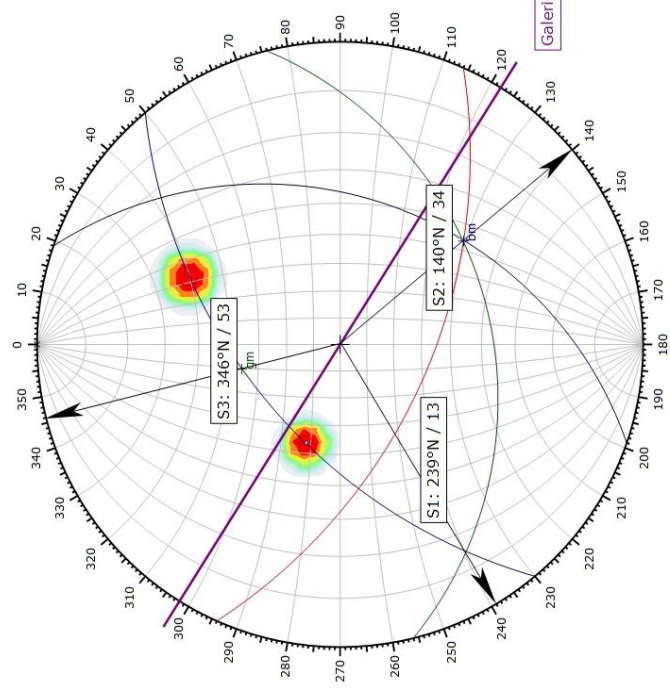
EGM 33

Symbol	ID	Quantity
◇	1	1
×	2	1



EGM 34

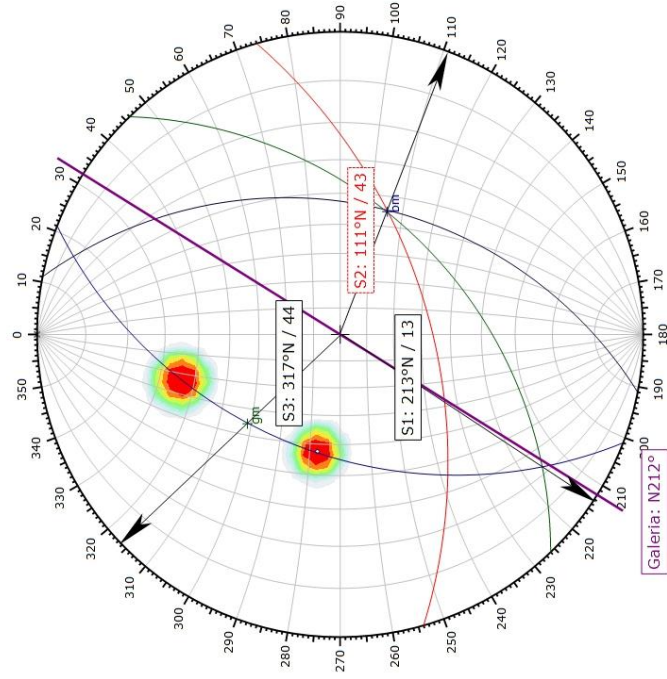
Symbol	ID	Quantity
◊	1	1
×	2	1



Galeria: N122°

EGM 35

Symbol	ID	Quantity
o	1	1
x	2	1



Galeria: N212°



# **BIBLIOGRAFÍA**

Anonimo. (s.f.). *EL SOSTENIMIENTO DE TÚNELES BASADO EN LAS CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS*. Cataluña: Universidad Politecnica de Cataluña.

Bieniawski, Z. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. Canada: Jhon Wiley & sons.

Bongiorno, F., Ucar, R., & Belandria, N. (2011). Determinación de la dirección de los esfuerzos principales a. *Revista Ciencia e Ingeniería*, 57 - 66.

Calle, C., & Ureña, J. (2014). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN PRESUPUESTARIA PARA DETERMINAR LA RENTABILIDAD DE LA ACTIVIDAD MINERA APLICADA A LA EMPRESA LA FORTUNA SITUADA EN EL CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ DE LA PROVINCIA DEL AZUAY EN EL PERIODO 2014*. Cuenca: Universidad de Cuenca.

Carillo, G., & Astudillo, A. (2011). *Evaluación de las emisiones de vapor mercurial en procesos de amalgamado artesanal: Caso Cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia del Azuay*. Cuenca: MASKANA.

Cuervas-Mons, J. (2015). *Tesis de grado: ESTUDIO GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL Y ANÁLISIS GEOMECÁNICO EN LA MINA SAN JUAN;*

*DISTRITO MINERO PONCE ENRÍQUEZ, PROVINCIA AZUAY, ECUADOR.*

Guayaquil.

Deere, D. (1967). Technical description of rock cores for engineering purposes.

*Rock Mechanics and Engineering Geology*, 17-22.

Duque, P. (2000). *Breve Lexico estratigrafico del Ecuador*. Quito: UCP

PRODEMINCA.

Encalada, V. (s.f.). *Coop. Minera Bella Rica*. Obtenido de

<http://bellarica.org/index.php/desarrollo-tecnico/99-geologos-antes-del->

[aluvion-descubridor-y-la-tarea-del-presente](http://bellarica.org/index.php/desarrollo-tecnico/99-geologos-antes-del-aluvion-descubridor-y-la-tarea-del-presente)

Gaspar, H., & Illanes, E. (2015). *Tesis de grado: "Estudio comparativo entre la clasificación geomcánica de índice de resistencia geológica (GSI) y rango del macizo rocoso (RMR) en el sostenimiento de la masa rocosa del nivel 720 -*

*Sociedad Minera Corona S.A."*. HUANCAVELICA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA.

Gonzalez de Vallejo, L. (2002). *Ingenieria Geologica*. Madrid: Pearson -

Prentice Hall.

Hoek, E., & Brown, E. (1997). Practical Estimates of Rock Mass Strength. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 1165 - 1186.

Hoek, E., Carranza-Torres, C., & Corkum, B. (2002). *Hoek - Brown Failure Criterion*. Totonto.

INEC. (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Censos*.

Jordá, L. (2016). *Manual básico de clasificación geomecánicas: Índice Q y Rock Mass Rating RMR*. Guayaquil: ESPOL.

Lisle, R., & Lesion, P. (s.f.). *Técnicas de proyección estereográfica para geólogos e ingenieros civiles - Segunda Edición*. Londres.

N. Barton, R. L. (1974). Engineering Classification of Rock Masses for the design of tunnel Support. *Rock mechanics; journal of the international Society for Rock Mechanics = Felsmechanik*, 189-236.

NGI. (2015 ). *Using the Q system Handbook*. OSLO.

Nuñez del arco, E. (2003). *Geología del Ecuador*. Guayaquil: ESPOL.

Priest, S., & Hudson, J. (1981). Estimation of Discontinuity Spacing and Trace Length Using Scanline Surveys. *International Journal of Rock*, 18, 183 - 197.

PRODEMINCA. (2000). *Evaluación de Distritos Mineros del Ecuador*.

Ruiz, M. R. (2000). RECOMENDACIONES DE SOSTENIMIENTO PARA TÚNELES. *Revista de obras publicas*.

Vanegas, C. (2010). *Estudio sobre criterios de rotura mediante metodos tenso deformacionales y metodos de equilibrio limite para un macizo rocoso con aplicación al talud izquierdo del cuenco disipador del proyecto hidroelectrico mazar*. Cuenca: Universidad de Cuenca.