

SOPORTE EN LABORES DE EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE UN YACIMIENTO AURÍFERO VETIFORME- MINA EL GRAN PORVENIR DEL LIBANO S.A.



DANIEL RAMIREZ ARIAS

MANIZALES, JULIO 2014

SOPORTE EN LABORES DE EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE UN  
YACIMIENTO AURÍFERO VETIFORME- MINA EL GRAN PORVENIR DEL  
LIBANO S.A.

DANIEL RAMIREZ ARIAS

Trabajo de grado modalidad práctica empresarial para optar al título de geólogo

Mina El Gran Porvenir del Líbano S.A

Director:

Jimmy Alexander Torres Giraldo

Geólogo

Jefe de mina y Geología

Mina El Gran Porvenir del Líbano S.A.

Asesor:

Mauricio Alvarán Echeverri

Docente de Planta Universidad de Caldas MsC.

UNIVERSIDAD DE CALDAS

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

PROGRAMA DE GEOLOGIA

MANIZALES

JULIO 2014

NOTA DE ACEPTACION

---

---

---

---

JIMMY ALEXANDER TORRES GIRALDO

DIRECTOR

Manizales, Julio de 2014

## *DEDICATORIA*

*A mis padres principalmente Augusto y Gloria por enseñarme el valor de la responsabilidad además de su acompañamiento absoluto a través de mi vida universitaria.*

*A mi hermano Mateo y mi abuelo Víctor por su apoyo constante.*

*A Diana López por siempre confiar en mí.*

*A mi familia en general por siempre brindarme la fuerza para alcanzar mis metas.*

*Finalmente a mi gran amigo que se encuentra en el cielo Andrés Felipe Arcila quien siempre fue un modelo a seguir.*

## *AGRADECIMIENTOS*

*El autor agradece:*

*Principalmente al geólogo Jimmy Torres Jefe de mina y Geología de la compañía por darme la oportunidad de adquirir experiencia laboral y por estar ahí al momento de una asesoría siempre con la mejor disposición. Así mismo al topógrafo de la mina Álvaro Noreña y el Ingeniero de Minas Oscar Alejandro Gracia quienes compartieron varios de sus conocimientos y aportaron de la mejor manera en la realización de este trabajo.*

*Al Profesor Mauricio Alvarán por sus recomendaciones y asesoramiento.*

*A la compañía minera El Gran Porvenir por permitirme realizar mi práctica académica.*

*A la Universidad de Caldas por formarme como profesional.*

*A mis compañeros y futuros colegas principalmente Sebastián Vargas, Juan David Jiménez y Daniel Valencia por sus consejos y experiencias.*

*Finalmente a Mayerly Palacio, Jessica Montoya y Jenifer Bautista de mina El Gran Porvenir por su apoyo incondicional.*

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	14
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO REALIZADO .....	16
2.1. ANTECEDENTES .....	16
2.1.1. Historia de Exploración & Producción .....	16
2.2. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO REALIZADO.....	16
3. METODOLOGÍA .....	18
3.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.2. TRABAJO DE CAMPO.....	18
3.2.1. Perforaciones .....	18
3.2.2. Subterráneos.....	18
3.3. INTERPRETACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE RESULTADOS.....	19
3.4. ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL.....	19
4. GENERALIDADES.....	20
4.1. MAPA DE LOCALIZACIÓN Y ACCESO.....	20
4.2. FISIOGRAFÍA Y CLIMA .....	20
4.3. VEGETACIÓN Y ACTIVIDADES ECONÓMICAS .....	20
4.4. INFRAESTRUCTURA LOCAL Y FACILIDADES.....	20
4.5. USO DEL SUELO Y ASPECTOS AMBIENTALES.....	24
5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPIEDAD MINERA .....	25
6. GEOLOGÍA REGIONAL .....	28
6.1 LITOLOGÍA .....	28
6.1.1. Paleozoico.....	28
6.1.1.1. Complejo Paleozoico de Cajamarca (Pzmf) .....	28
6.1.2. Mesozoico .....	29
6.1.2.1. Batolito de Ibagué (Jcdi/Ji) .....	29

6.1.3 Cenozoico .....	29
6.1.3.1. Batolito del Bosque (Tgdb/Pgb).....	29
6.1.3.2. Stock el Hatillo (Tcdh/Pgh) y Stock de Santa Isabel (Tcds/Pgsi) .....	30
6.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL .....	32
6.2.1. Falla Palestina.....	32
6.2.2. Fallas Honda y Falla Mulatos .....	33
7. GEOLOGÍA LOCAL .....	35
7.1. LITOLOGÍA .....	35
7.1.1. Esquistos.....	35
7.1.2. Diques .....	35
7.2. PETROGRAFÍA MINA EL GRAN PORVENIR .....	37
7.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL.....	42
7.3.1. Geometría del depósito .....	42
8. MINERÍA .....	45
8.1. MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN UTILIZADOS.....	45
8.1.1. Cámaras y pilares (Room and pillar) .....	46
9. CICLO MINERO.....	49
9.1. PERFORACIÓN, CARGUE Y VOLADURA.....	49
9.2. VENTILACIÓN .....	53
9.3. DESABOMBE.....	53
9.4. DESCARGUE.....	53
9.5. SOSTENIMIENTO.....	54
9.6. ENRIELADO.....	54
9.7. TRANSPORTE .....	55
10. PLANTA DE BENEFICIO MINA EL GRAN PORVENIR .....	56
10.1. TRITURACIÓN .....	56
10.2. MOLIENDA.....	56
10.3. CONCENTRACIÓN DE SULFUROS .....	57
10.4. CIANURACIÓN .....	57
10.5. MERRYL CROWE.....	57
10.6. FUNDICIÓN .....	58
11. CONTROL DE CABEZA DE MOLINO .....	61

12. PERFORACIONES EXPLORATORIAS.....	63
12.1. PROCESO DE PERFORACIÓN CON MÁQUINA DIAMANTINA.....	67
12.1.1. Planeamiento de la perforación .....	67
12.1.2. Adecuación de plataformas .....	67
12.1.3. Instalación equipo diamantina .....	67
12.1.4. Perforación de diamantina.....	68
12.1.5. Selección de brocas .....	68
12.1.6. Obtención del núcleo de roca .....	69
12.2. DIÁMETROS DE PERFORACIÓN UTILIZADOS.....	71
12.3. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE NÚCLEOS DE PERFORACIÓN .....	73
12.3.1. Porcentaje de Recuperación .....	73
12.3.2. Grado de fracturamiento asociado a R.Q.D (Rock Quality Designation) 73	
12.3.3. Descripción Litológica.....	74
12.3.3.1. Descripción de alteraciones hidrotermales.....	75
12.3.3.2. Descripción de la mineralización .....	76
12.3.3.3. Descripción de estructuras .....	76
13. METALOGRAFÍA MINA EL GRAN PORVENIR.....	79
14. FORMATO Y METODOLOGÍA EMPLEADA EN LA DESCRIPCIÓN DE NÚCLEOS DE PERFORACIÓN .....	81
15. INTERPRETACIÓN DE ESTRUCTURAS A PARTIR DE SECCIÓN W-E .....	85
15.1. MODELAMIENTO 3D SONDAJES MINA EL GRAN PORVENIR .....	91
16. ETAPA DE MUESTREO Y CONTROL DE LEYES.....	93
16.1. TIPOS DE MUESTREO .....	93
16.1.1. Muestreo aleatorio.....	93
16.1.1.1. Muestreo en canal .....	94
16.1.1.2. Grab Sample .....	95
16.1.1.3. Muestreo Linear Chip .....	97
16.1.1.4. Muestreo Chip Panel .....	97
16.1.2. Muestreo Sistemático .....	98
16.1.2.1. Muestreo sistemático en tambores.....	100
16.1.3. Muestreo Core.....	101
16.2. PROTOCOLOS A SEGUIR DURANTE EL MUESTREO .....	102
16.2.1. Protocolo a seguir en labores de desarrollo .....	102



16.2.2. Protocolo a seguir en labores de explotación .....	103
16.3. CÁLCULOS DE TENOR.....	105
16.3.1. Cálculo de tenor diluido .....	105
16.3.2. Cálculo de tenor ponderado .....	106
17. INTERPRETACIÓN DEL CONTENIDO DE LEYES EN LAS VETAS .....	108
18. PROTOCOLO LABORATORIO INTERNO MINA EL GRAN PORVENIR .....	110
18.1. ENSAYOS AL FUEGO .....	111
18.1.1. Muestras de planta de beneficio.....	112
18.1.2. Muestras de túnel o mina .....	113
19. CONSTRUCCIÓN BASE DE DATOS MINA GRAN PORVENIR .....	114
CONCLUSIONES .....	117
RECOMENDACIONES .....	119
REFERENCIAS .....	120

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización del área de estudio, operación subterránea mina El Gran Porvenir. ....	21
<b>Figura 2.</b> Concesiones mineras de la compañía minera Mina El Gran Porvenir del Líbano .....	22
<b>Figura 3.</b> Vista de las principales instalaciones de la Mina El Gran Porvenir. Parte superior izquierda vista área de la planta de beneficio, superior derecha helipuerto, centro izquierda almacén, le sigue vista frontal de la planta, helipuerto, y detalle de la planta de beneficio .....	23
<b>Figura 4.</b> Usos del suelo y manejo ambiental en el área del proyecto mina el Gran Porvenir del Líbano.....	24
<b>Figura 5.</b> Títulos mineros de la compañía minera El Gran Porvenir del Líbano S.A. ....	25
<b>Figura 6.</b> Sección longitudinal guías y apiques mina Gran Porvenir. ....	26
<b>Figura 7.</b> Sección Longitudinal mina El Gran Porvenir donde se llevó a cabo el presente trabajo; sin escala. ....	27
<b>Figura 8.</b> Geología regional de la zona de estudio delimitando a su vez las concesiones mineras (modificado de Barrero y Vesga 1976). ....	31
<b>Figura 9.</b> Geología Tecto-Regional del área de estudio (Modificado de Barrero y Vesga 1976).....	34
<b>Figura 10.</b> Geología Local mina El Gran Porvenir.....	36
<b>Figura 11.</b> Resolución con objetivo 4x nicoles paralelos y nicoles cruzados Muestra 1.....	37
<b>Figura 12.</b> Resolución con objetivo 10x nicoles paralelos y nicoles cruzados Muestra 1.....	38
<b>Figura 13.</b> Resolución con objetivo 4x nicoles paralelos y nicoles cruzados Muestra 2.....	38
<b>Figura 14.</b> Resolución con objetivo 10x nicoles paralelos y nicoles cruzados Muestra 2.....	39
<b>Figura 15.</b> Resolución con objetivo 4x nicoles paralelos y nicoles cruzados Muestra 3.....	39
<b>Figura 16.</b> Resolución con objetivo 10x nicoles paralelos y nicoles cruzados Muestra 3.....	40
<b>Figura 17.</b> Resolución con objetivo 4x nicoles paralelos y nicoles cruzados Muestra 4.....	40
<b>Figura 18.</b> Resolución con objetivo 10x nicoles paralelos y nicoles cruzados Muestra 4.....	41
<b>Figura 19.</b> Salbanda generada por movimientos de bloques en zonas de cizalla con desplazamiento dextral correspondientes al sistema de fallas NW, Guía 3 interno norte; Mina El Gran Porvenir.....	43
<b>Figura 20.</b> Falla local de comportamiento sinistral cortando veta de qzo, Guía Norte; mina El Gran Porvenir. ....	43

<b>Figura 21.</b> Esquema idealizado tren estructural NE y fallas de comportamiento sinistral asociados a lo que en este trabajo se llamó shoot Gran Porvenir y shoot El Oasis. ....	44
<b>Figura 22.</b> Esquematación método cámaras y pilares inclinado; Tomado de Thomas 1979. ....	47
<b>Figura 23.</b> Pilar de sostenimiento en el método de cámaras y pilares, Guía 3 Sur; mina Gran Porvenir del Líbano. ....	47
<b>Figura 24.</b> Plano vista frontal sin escala mina Gran Porvenir con guías y pilares. ....	48
<b>Figura 25.</b> Martillo Neumático marca toyo. ....	50
<b>Figura 26.</b> Distribución de barrenos para una sección de 1,9x1,8m <sup>2</sup> guía 5 mina El Gran Porvenir. ....	50
<b>Figura 27.</b> Cargue de explosivo en un barreno perforado, este tipo de cargue es comúnmente usado en la mina El Gran Porvenir. ....	51
<b>Figura 28.</b> Esquema ideal de voladura para una guía de 2x2 m <sup>2</sup> mina El Gran Porvenir. ....	51
<b>Figura 29.</b> Esquema de voladura para un tambor de sección 1,4x1,4m <sup>2</sup> nivel 5 sobre guía alta mina El Gran Porvenir. ....	52
<b>Figura 30.</b> Pala Neumática utilizada en las labores de descargue de Frentes mineros en la Mina El Gran Porvenir. ....	54
<b>Figura 31.</b> Imágenes muestran las diferentes actividades mineras desarrolladas en la etapa de producción; Mina El Gran Porvenir del Líbano. ....	55
<b>Figura 32.</b> Circuito planta de beneficio mina El Gran Porvenir. En esta imagen de izquierda a derecha parte superior, se observa Trituración, Molienda, Concentración en la JIG, Cianuración, Merryl Crowe y Fundición. ....	59
<b>Figura 33.</b> Planta de beneficio mina El Gran Porvenir. ....	60
<b>Figura 34.</b> Mapa de perforaciones mina El Gran Porvenir; positivas (Rojo) y negativas (Azul). ....	64
<b>Figura 35.</b> Nicho de instalación máquina perforadora; Guía Norte, Mina Gran Porvenir del Líbano. ....	70
<b>Figura 36.</b> Máquina diamantina empleada para la exploración de estructuras y obtención de núcleos de roca, mina El Gran Porvenir. ....	71
<b>Figura 37.</b> A la izquierda diámetros de perforación de menor a mayor tamaño según las medidas americanas, a la derecha componentes de la tubería en máquina diamantina empleada para la extracción de núcleos (Boart Longyear 2013). ....	72
<b>Figura 38.</b> Zonación típica de alteración hidrotermal en un filón (Helgeson 1964). ....	75
<b>Figura 39.</b> Minerales de alteración hidrotermal en los núcleos de perforación donde Ser: Sericitación, Carb: Carbonatación y Cl: Cloritización. ....	77
<b>Figura 40.</b> Mineralización sobre veta de cuarzo donde ga (galena), sph (esfalerita), py (pirita), cpy (calcopirita). A la izquierda veta de cuarzo a nivel de afloramiento, a la derecha veta de cuarzo en núcleo de perforación. ....	78
<b>Figura 41.</b> Estructuras de menor tamaño identificadas en núcleos de perforación, a la izquierda dique básico, al centro microfalla cortando venilla de sulfuros, a la derecha dique aplítico. ....	78

<b>Figura 42.</b> A la izquierda grano de galena (ga) mostrando pits triangulares, intercrecido con minerales ganga y pirita (py); A la derecha grano de galena anhedral intercrecido con mineral ganga (gan) y con 2 inclusiones de tetreadrita (tet), 320X. ....	79
<b>Figura 43.</b> A la izquierda, inclusiones de pirrotina (po) en pirita (py); A la derecha cristal de esfalerita (sph) con intersticios de calcopirita (cpy) incluido en cristal más grande de pirita (py), 320X. ....	80
<b>Figura 44.</b> A la izquierda, inclusión de oro (Au) en pirita (py), asociada a fractura en el cristal. A la derecha inclusiones bifásicas de oro (Au), galena (Gn) en pirita (Py),320X.....	80
<b>Figura 45.</b> Plano mina El Gran Porvenir en planta señalando la dirección del corte A-A`; En color rojo: guías, café: curvas de nivel, azul: drenajes. ....	87
<b>Figura 46.</b> Zoom Figura 45.....	88
<b>Figura 47.</b> Perfil topográfico A-A" en dirección oeste-este de la zona de estudio escala 1:2500.....	89
<b>Figura 48.</b> Perfil geológico W-E idealizado mina El Gran Porvenir, escala 1:2500. ....	90
<b>Figura 49.</b> Convenciones litológicas en sondajes 3D.....	91
<b>Figura 50.</b> Mapa de perforaciones en vista frontal y lateral respectivamente, mina El Gran Porvenir. Escala 1:2500.....	92
<b>Figura 51.</b> Muestreo de canal sobre frente de explotación Cruce 7 Norte. ....	94
<b>Figura 52.</b> Grab Sample sobre frente de explotación Cruce 7 Norte (nótese la malla de puntos distribuida a lo largo del material extraído). ....	96
<b>Figura 53.</b> Muestreo de vagonetas; Mina Gran Porvenir del Líbano. ....	96
<b>Figura 54.</b> Muestreo linear chip sobre veta de qzo; Cruce 5 Norte interno Mina Gran Porvenir.....	98
<b>Figura 55.</b> Muestreo sistemático en guías cada 2 metros sobre veta de qzo; Cruce 3 interno Mina Gran Porvenir. ....	99
<b>Figura 56.</b> Metodología muestreo sistemático de tambores; Mina El Gran Porvenir. ....	100
<b>Figura 57.</b> Máquina diamantina cortadora de núcleo. ....	101
<b>Figura 58.</b> Fragmento de núcleo "testigo" cortado simétricamente. ....	102
<b>Figura 59.</b> Muestreo Sistemático en guías; mina El Gran Porvenir. Nótese el achurado azul indicando la zona a calcular tenor ponderado. Los valores de Au y Ag han sido modificados siguiendo las políticas de privacidad de la compañía...108	108
<b>Figura 60.</b> Muestreo en canal realizado sobre veta de qzo y salbanda infrayacente, guía Norte mina Gran Porvenir.....	108
<b>Figura 61.</b> Relación entre variación de tenor y espesor con base a muestreos en un frente de desarrollo, guía Norte mina Gran Porvenir. ....	109
<b>Figura 62.</b> Horno o mufla donde se calientan las muestras; laboratorio mina El Gran Porvenir.....	111
<b>Figura 63.</b> Cuarto de pesado, Laboratorio mina El Gran Porvenir. ....	112

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Resultados de control de calidad del material que se dirige al circuito de planta de beneficio.....	62
<b>Tabla 2.</b> Pozos Positivos y negativos mina El Gran Porvenir. ....	64
<b>Tabla 3.</b> Sondeos superficiales y subterráneos mina El Gran Porvenir. ....	65
<b>Tabla 4.</b> Espesores aparentes de veta encontrados en las perforaciones de la Mina El Gran Porvenir.....	66
<b>Tabla 5.</b> Diámetros de perforación de núcleo de acuerdo a las medidas americanas; (Modificado de Boart Longyear 2013). ....	72
<b>Tabla 6.</b> Clasificación de núcleo según porcentaje R.Q.D o índice de calidad de Deere (modificado de Deere 1963).....	73
<b>Tabla 7.</b> Formato Drill log, mina El Gran Porvenir. ....	82
<b>Tabla 8.</b> Formato Core box, mina El Gran Porvenir.....	83
<b>Tabla 9.</b> Formato Geotech; mina El Gran Porvenir.....	83
<b>Tabla 10.</b> Formato Structures; mina El Gran Porvenir.....	84
<b>Tabla 11.</b> Sample Form; mina El Gran Porvenir.....	84
<b>Tabla 12.</b> Datos de espesor, tenor de oro y tenor de plata para cálculo de tenor ponderado sobre una guía de la mina El Gran Porvenir. ....	106
<b>Tabla 13.</b> Formato entrega de muestras al laboratorio interno mina El Gran Porvenir. ....	113
<b>Tabla 14.</b> Formato Base de datos muestreos mina El Gran Porvenir.....	115
<b>Tabla 15.</b> Recopilación de estructuras en perforaciones mina Gran Porvenir. ....	116



## 1. INTRODUCCIÓN

La empresa minera El Gran Porvenir del Líbano S.A, es una compañía de capital 100% Colombiano que por más de 12 años ha venido explotando las minas ubicadas en el sector del Alto El Toro y alrededores, en jurisdicción del Municipio del Líbano Tolima.

Durante estos 12 años, muchas empresas Junior y Major en el ámbito de la exploración minera, han mostrado interés en la adquisición de la propiedad mencionada y han realizado un número limitado de perforaciones con el fin de obtener sólidos argumentos al momento de un posible negocio minero, tales perforaciones reposan en las instalaciones de la mina.

A lo largo de todo este tiempo, la empresa nunca contó con una información propia de dichas perforaciones, y de los datos e interpretaciones que estas podían arrojar. Por tal motivo, se creó la necesidad de recopilar la información existente de pozos mediante el proceso de descripción de núcleos, muestreo y análisis químico de los mismos, y a su vez la construcción de una base de datos general con los datos obtenidos.

Durante la ejecución del trabajo con las perforaciones, también se realizaron labores de apoyo al jefe de mina y geología con el fin de complementar la práctica académica en la mina. Es así como se llevaron a cabo labores de control de leyes o tenores frentes de desarrollo y producción, control cabeza de molino en la planta de beneficio, muestreos sistemáticos y aleatorios de túneles, entre otras actividades complementarias.

Otras actividades como mapeo detallado de labores mineras no fueron llevadas a cabo por requerimientos de la empresa, aunque fue posible la obtención de un modelamiento general de la mineralización con ayuda de las observaciones de campo, perforaciones y los muestreos desarrollados.

Este trabajo por tanto, se enfoca a prestar la asistencia en algunas labores de exploración y explotación de una mina de oro vetiforme, pero principalmente en la descripción, análisis e interpretación de las perforaciones que hasta la fecha han sido ejecutadas en la compañía minera El Gran Porvenir del Líbano S.A. A partir de la descripción de dichos pozos (DH) se llega a la identificación y correlación de estructuras mineralizadas, empleando software como AutoCAD 3D civil 2012.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

- Realizar practica y apoyo en labores esenciales de una mina subterránea de oro que se encuentra en producción y exploración.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar descripción de núcleos de perforación, muestreo, envío a laboratorio de muestras y recopilación de toda la información en bases de datos.
- Apoyar en algunas labores de planeación y control de perforaciones.
- Realizar Muestreo sistemático de labores subterráneas.
- Realizar control de leyes o tenores a través de muestreos aleatorios de frentes de desarrollo y producción.
- Calcular tenores de labores mineras.
- Correlación de filones a través de los datos arrojados en la interpretación de sondajes.
- Elaboración de secciones longitudinales y transversales para interpretación de sondajes.
- Elaboración de planos de labores mineras con valores de Au -Ag y sus respectivos espesores.



## **2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO REALIZADO**

### **2.1. ANTECEDENTES**

#### **2.1.1. Historia de Exploración & Producción**

Las vetas de cuarzo han sido explotadas de forma artesanal desde tiempos de la colonia, reportes de 1940 indican la ocurrencia de varias minas en la zona, hecho que es reportado más tarde en un estudio de Ingeominas en 1975. Desde 1980 la explotación de oro en la zona ha sido intermitente.

- Registros de actividad minera en la región se remontan a épocas de la colonia española
- Minería artesanal entre 1930 y 1940 en las minas Sirpe
- Explotación artesanal de las minas El Sirpe, El Oasis y Alto el Toro en los 80's
- A partir del 2000 está en operación la compañía minera El Gran Porvenir.
- Oro Andes Resources, Ejecutó trabajos de exploración en el 2008 como:
  - Muestreo de vetas de interior de mina
  - Geofísica aerotransportada
  - Perforación de 2906m en 10 sondeos en un sector conocido como Alto el Toro.

#### **2.2. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO REALIZADO**

En primer lugar surge la necesidad por parte de la compañía minera de rescatar una información de interés, específicamente datos de perforaciones ejecutadas por algunas compañías mineras que han mostrado interés en el proyecto y de esta manera obtener nueva información y el almacenamiento de datos que le puedan servir en futuras exploraciones y en la explotación actual del yacimiento. Igualmente, surge la necesidad de crear mecanismos de control en los frentes de operación y un apoyo constante en las labores diarias de mina. De esta manera, la compañía plantea la posibilidad de tener un estudiante en práctica industrial para llevar a cabo todas estas actividades y logrando a su vez que este trabajo sirva como aplicación de los conceptos aprendidos durante su formación profesional.





SOPORTE EN LABORES DE EXPLORACIÓN Y  
EXPLOTACIÓN DE UN YACIMIENTO AURÍFERO  
VETIFORME- MINA EL GRAN PORVENIR DEL LIBANO S.A.



Mina El Gran Porvenir se encuentra actualmente en labores de explotación y en exploración Brownfield, donde se identifica la necesidad de estimar recursos y reservas que permitan sostener la producción mensual y a la vez se realizan actividades de consecución de nuevos recurso minerales para las proyecciones de mina a futuro, por lo tanto se apoya al jefe de mina con procedimientos tales como muestreos sistemáticos y aleatorios de mina, blending de mineral, control de leyes, ubicación de nuevas plataformas de perforación, control de perforaciones etc.



### **3. METODOLOGÍA**

La metodología a seguir para lograr los objetivos planteados consistió en:

#### **3.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Se revisó la información minera existente; además de la geología regional a partir de cartografías realizadas por Barrero y Vesga en 1976, a su vez geología local disponible en las memorias explicativas de González 2001 y la geología estructural descrita en boletines geológicos como en Feninger 1970.

#### **3.2. TRABAJO DE CAMPO**

Las actividades llevadas a cabo fueron las siguientes:

##### **3.2.1. Perforaciones**

Se realiza la descripción de núcleos de perforación (logueo) y se muestrean los mismos para ser enviados a pruebas de tenor de oro y plata en el laboratorio interno de la mina. Aproximadamente se describen 5068 metros de perforaciones distribuidos en 30 pozos realizados en los últimos 6 años con diámetros entre HQ, NQ y BQ.

##### **3.2.2. Subterráneos**

Se realizó muestreo sistemático cada 2 metros con muestras de canal a través de las estructuras mineralizadas en guías y tambores. Con este muestreo, se obtuvo un valor ponderado de Au y Ag para cada abcisado con su respectivo espesor.

El muestreo aleatorio se realizó con el propósito de hacer control de leyes o tenores en frentes de mina, esto con el fin de determinar la calidad del material que se disponía a evacuar para ser llevado a las tolvas como estéril o material mineralizado. El tipo de muestreo en estos frentes fue Grab Sample en pilas de mineral arrancado por voladura en el frente y en algunas ocasiones se usó linear chip y chip panel.



Algunos frentes fueron testeados con muestras de canal como complemento a los muestreos anteriores, para dar una mejor idea de la calidad del mineral y corroborar los datos arrojados por el muestreo aleatorio, los cuales son mucho más sesgados que las muestras de canal.

Los controles de frentes fueron complementados con actividades como la recolección de información básica geológica: rumbo y buzamientos de estructuras, espesores de vetas, mineralización, distribución y abundancia de la mineralización, alteraciones hidrotermales, rasgos estructurales como fallas, cizallas, fracturamiento etc.

### **3.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

En ésta etapa se realizó la unificación e interpretación de los resultados obtenidos. (Modelamiento de perforaciones en software como autocad 3D civil y planos de tenores de la mina). A su vez se elaboró una base de datos general de muestreo y tablas de recopilación de información (e.g. estructuras en los núcleos).

### **3.4. ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL**

Una vez discutidos los resultados, conjugados los datos e información obtenida, se lleva a cabo la redacción, edición e impresión del informe final.



## **4. GENERALIDADES**

### **4.1. MAPA DE LOCALIZACIÓN Y ACCESO**

La mina El Gran Porvenir se localiza a 38 km al norte en línea recta desde la ciudad de Ibagué, capital del departamento del Tolima y más exactamente 7,5 km al norte del Municipio del Líbano (figura 1), en línea recta. El acceso puede realizarse por vía terrestre desde la ciudad de Manizales hasta el Municipio del Líbano en un recorrido de aproximadamente (4 horas). Posteriormente debe tomarse un carreteable por más de 12 kms por carretera destapada en buenas condiciones con una duración aproximada de 45 minutos de viaje.

### **4.2. FISIOGRAFÍA Y CLIMA**

El proyecto se localiza en la cuenca del río Lagunilla en la cordillera Central, entre los 1000 m y los 2000 msnm. El Clima es cálido húmedo con temperaturas entre 11 °C y 23°C, la zona presenta nubosidad durante la mayor parte del tiempo. La pluviosidad promedio es de 1500 mm /año y tiene dos estaciones invernales al año, entre marzo y mayo y Septiembre –Diciembre.

### **4.3. VEGETACIÓN Y ACTIVIDADES ECONÓMICAS**

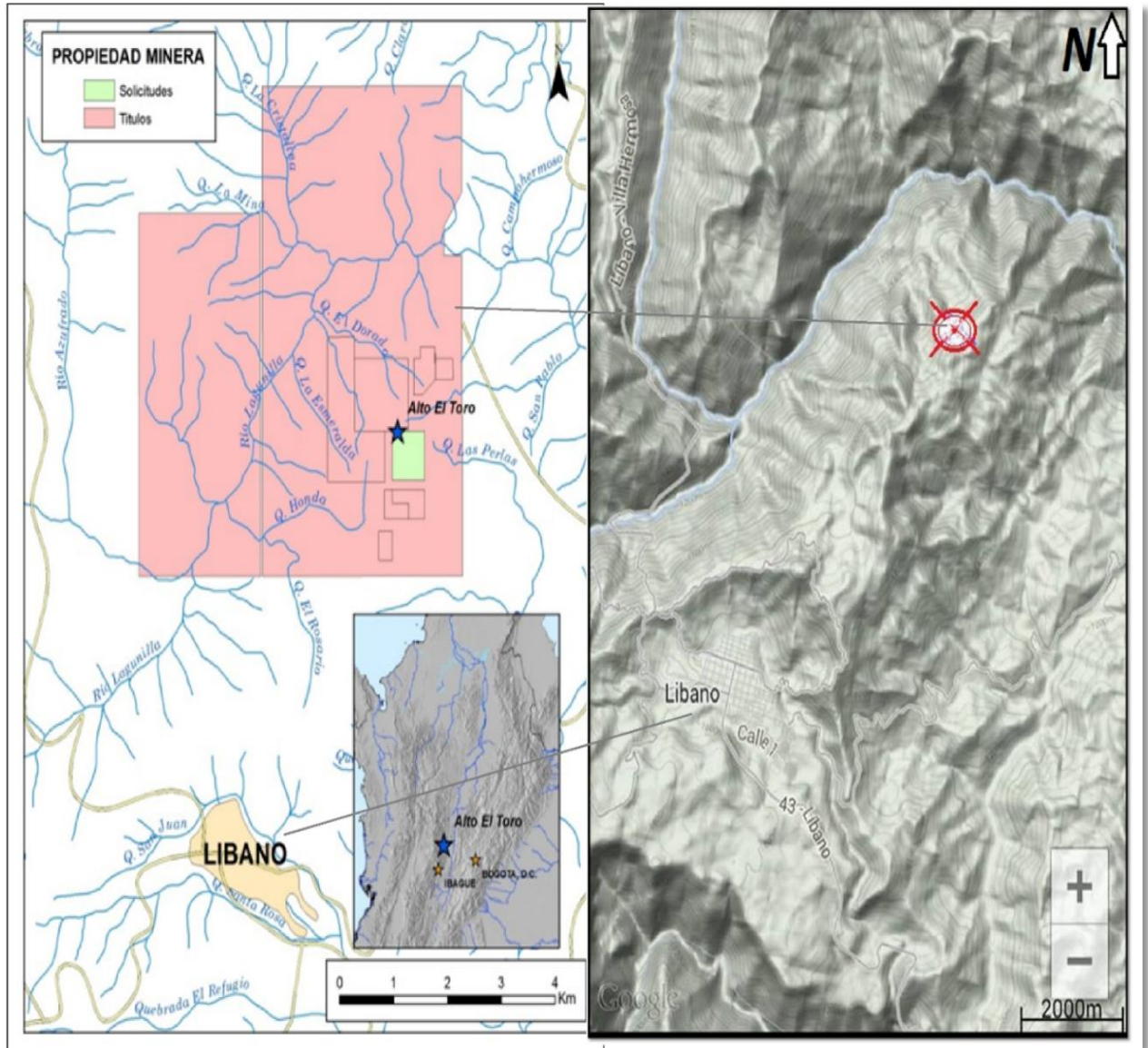
La zona tiene vegetación de arbustos en las cuencas de los ríos y quebradas, árboles en las zonas altas, la vegetación es clasificada como bosque húmedo en cuanto a actividades económicas se trata existen grandes zonas agrícolas que poseen cultivo de café, cítricos, bananas, etc.

### **4.4. INFRAESTRUCTURA LOCAL Y FACILIDADES**

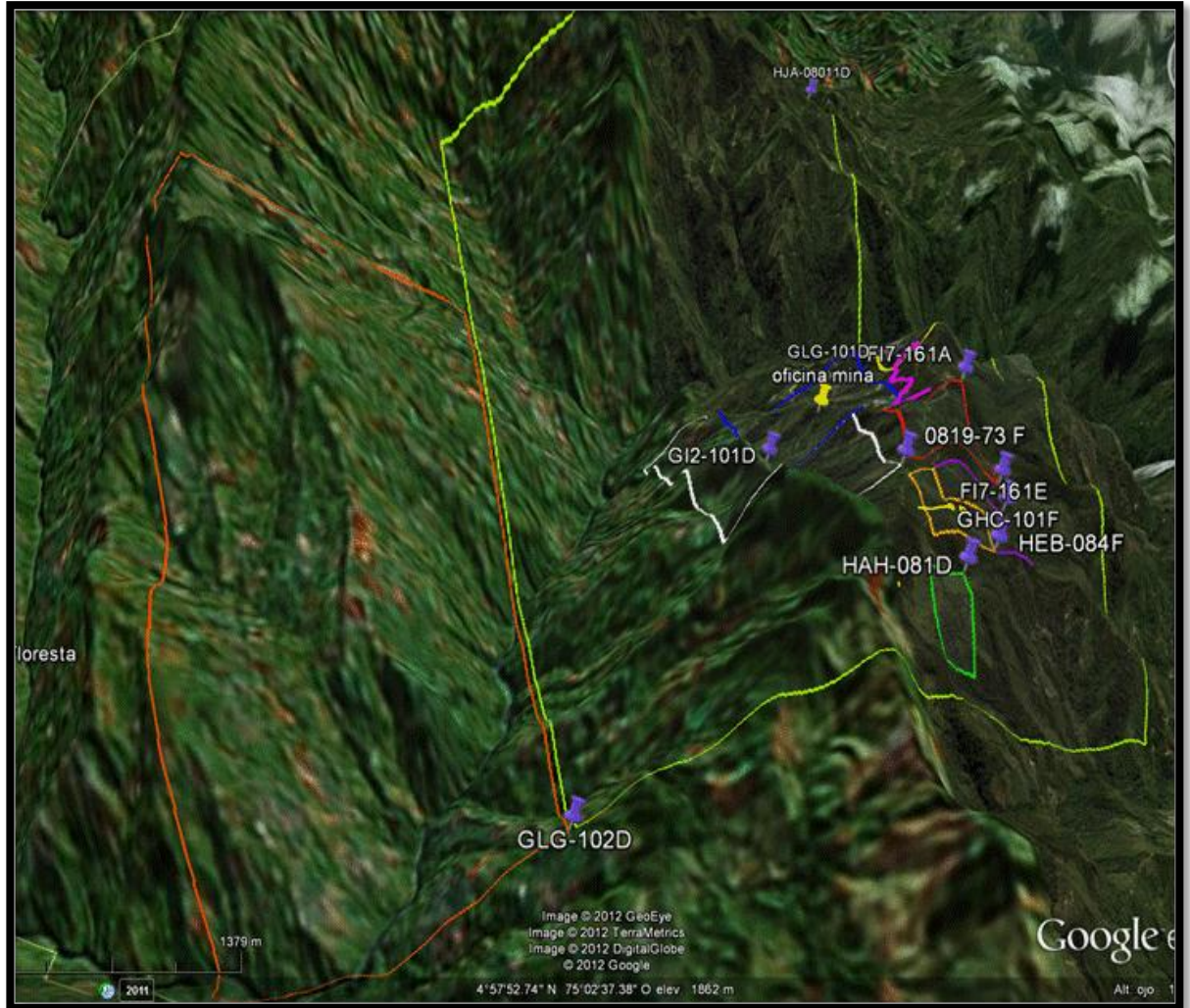
Existe suministro de energía eléctrica por red interconectada, servicio de telefonía celular e internet. El Agua es tomada de los drenajes locales y debe recibir tratamiento de potabilización antes del consumo humano.

Se cuenta con suficiente recurso de agua para campamentos y planta de tratamiento de mineral. La mina el Gran Porvenir tiene dos accesos y varias vías de comunicación interna entre los distintos sitios de la mina, cuenta con 2

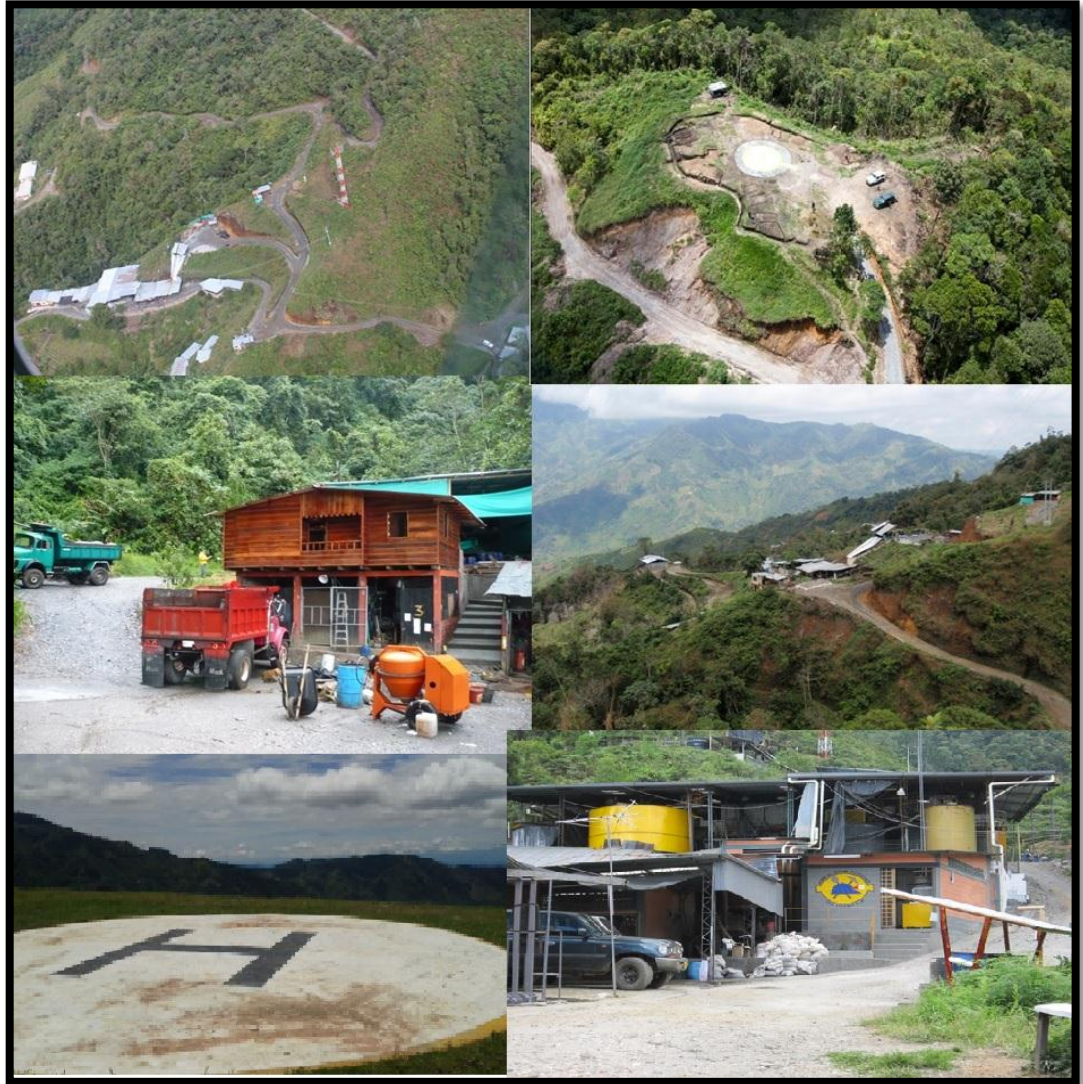
helipuertos, 2 casinos, 1 almacén, 1 laboratorio y 4 campamentos. Además se cuenta con guardianía privada y Militar (figura 3).



**Figura 1.** Localización del área de estudio, operación subterránea mina El Gran Porvenir.



**Figura 2.** Concesiones mineras de la compañía minera Mina El Gran Porvenir del Líbano, nótese el cañón del Río Lagunilla como la principal característica del relieve del sector y la zona denominada Alto El Toro sobre el cual se ubican la mayor parte de las concesiones.



**Figura 3.** Vista de las principales instalaciones de la Mina El Gran Porvenir. Parte superior izquierda vista área de la planta de beneficio, superior derecha helipuerto, centro izquierda almacén, le sigue vista frontal de la planta, helipuerto, y detalle de la planta de beneficio

#### 4.5. USO DEL SUELO Y ASPECTOS AMBIENTALES

Mina El Gran Porvenir cuenta con la construcción y sembrado de viveros de plantas de café y el sembrado maderables de algunas especies nativas del sector. Ambientalmente se controla la propagación y el vertimiento de residuos tanto sólidos industriales como en solución mediante presas en la planta de tratamiento. La totalidad de las áreas de los títulos mineros ofrecidos, se encuentra localizadas sobre zona de uso agropecuario, siendo estas áreas de mediana capacidad agrológica caracterizadas por un relieve moderadamente escarpado, profundidad efectiva de superficial a moderada, susceptibles a la erosión, que puede permitir una utilización controlada o uso agrícola semi-intensivo; Según mapa de zonificación de uso de suelo del Plan Básico de Ordenamiento Territorial PBOT (figura 4).



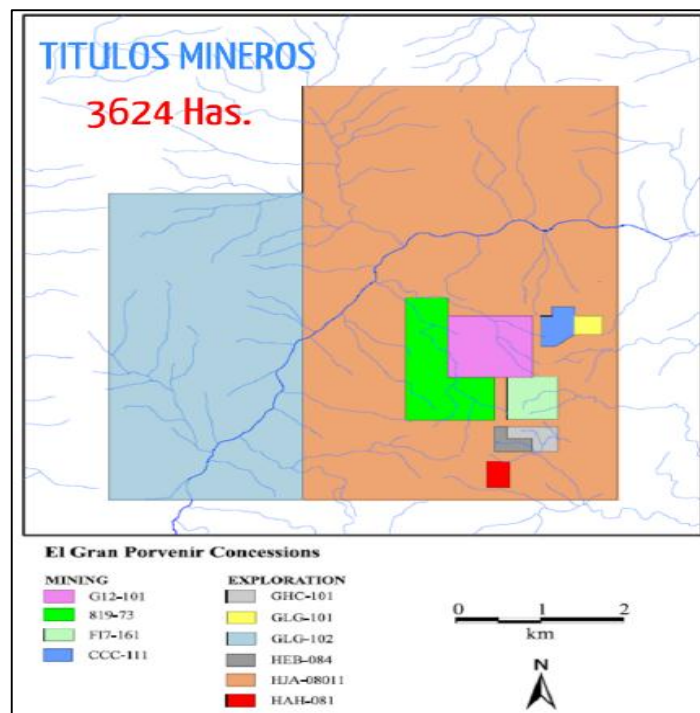
**Figura 4.** Usos del suelo y manejo ambiental en el área del proyecto mina el Gran Porvenir del Líbano.



## 5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPIEDAD MINERA

La Mina Gran Porvenir del Líbano S.A tiene concesionadas 3624 Has repartidas en 4 títulos mineros (figura 5) y tiene una operación minera de pequeña escala dentro de una de estas propiedades.

La operación minera se desarrolla a través de tunelería con una producción entre mineral y estéril de aproximadamente 4000 toneladas/ mes. Cuenta con una capacidad de tratamiento de 80-100 Ton /día de mineral y un promedio mensual de 2300- 2600 toneladas. El tenor promedio de la mina esta alrededor de los 6 a 7 gr Au / ton mientras que el tenor de plata puede contemplarse en casi 15 veces el valor de oro.



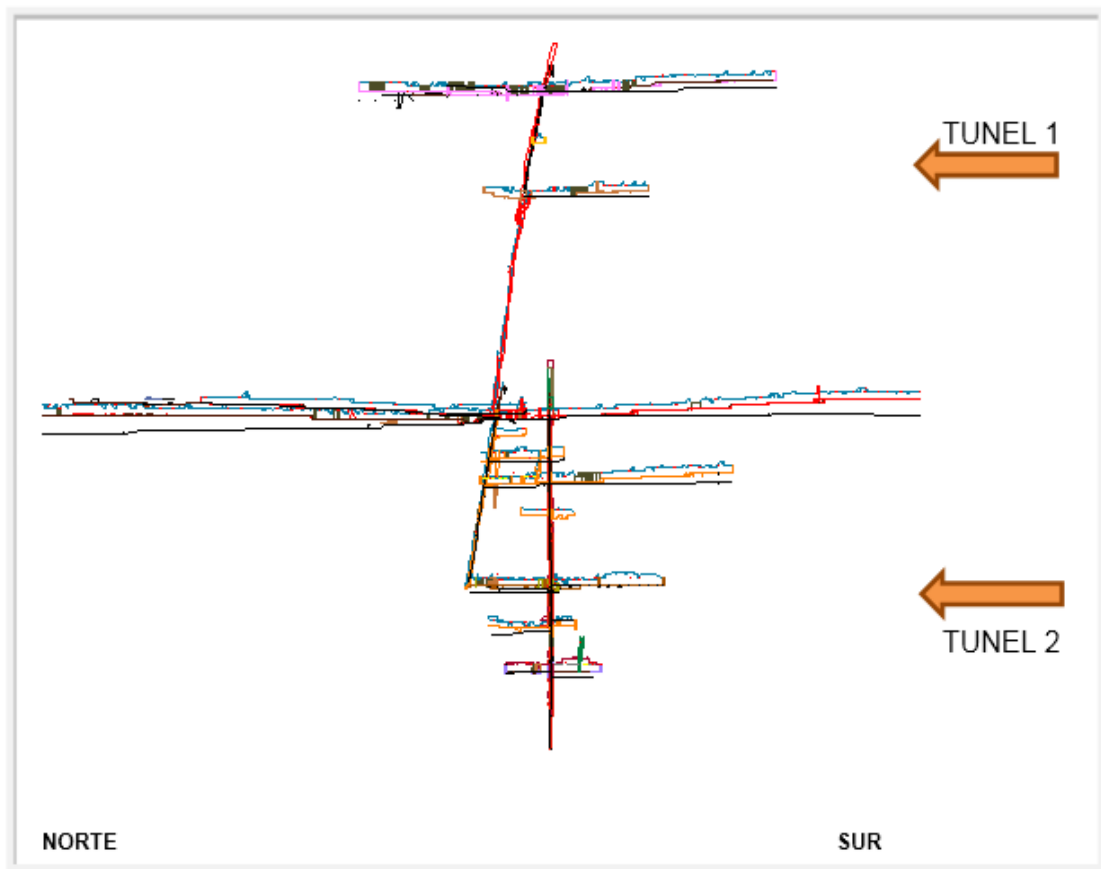
GLG-102	el porvenir	libano, villahermosa	tolima	tiger american gold	1125	vigente
F17-161	legalizacion	libano	tolima	rafael hernando herrera	40,8	vigente
GHC-101	el porvenir	libano	tolima	tiger american gold	17,7	vigente
Gi2-101	el porvenir	libano	tolima	tiger american gold	100	vigente
HEB-084	el porvenir	libano	tolima	tiger american gold	12,3	vigente
0819-73	el porvenir	libano	tolima	tiger american gold	139,2	vigente
HAH-081	el porvenir	libano	tolima	tiger american gold	10	vigente
HJA-08011	sirpe	libano, villahermosa	tolima	tiger american gold	2147,58	vigente
CCC-111	oasis	libano	tolima	mina el gran porvenir	21,8	vigente
GLG-101	el porvenir	libano	tolima	mina el gran porvenir	9,7005	vigente

Figura 5. Títulos mineros de la compañía minera El Gran Porvenir del Líbano S.A.

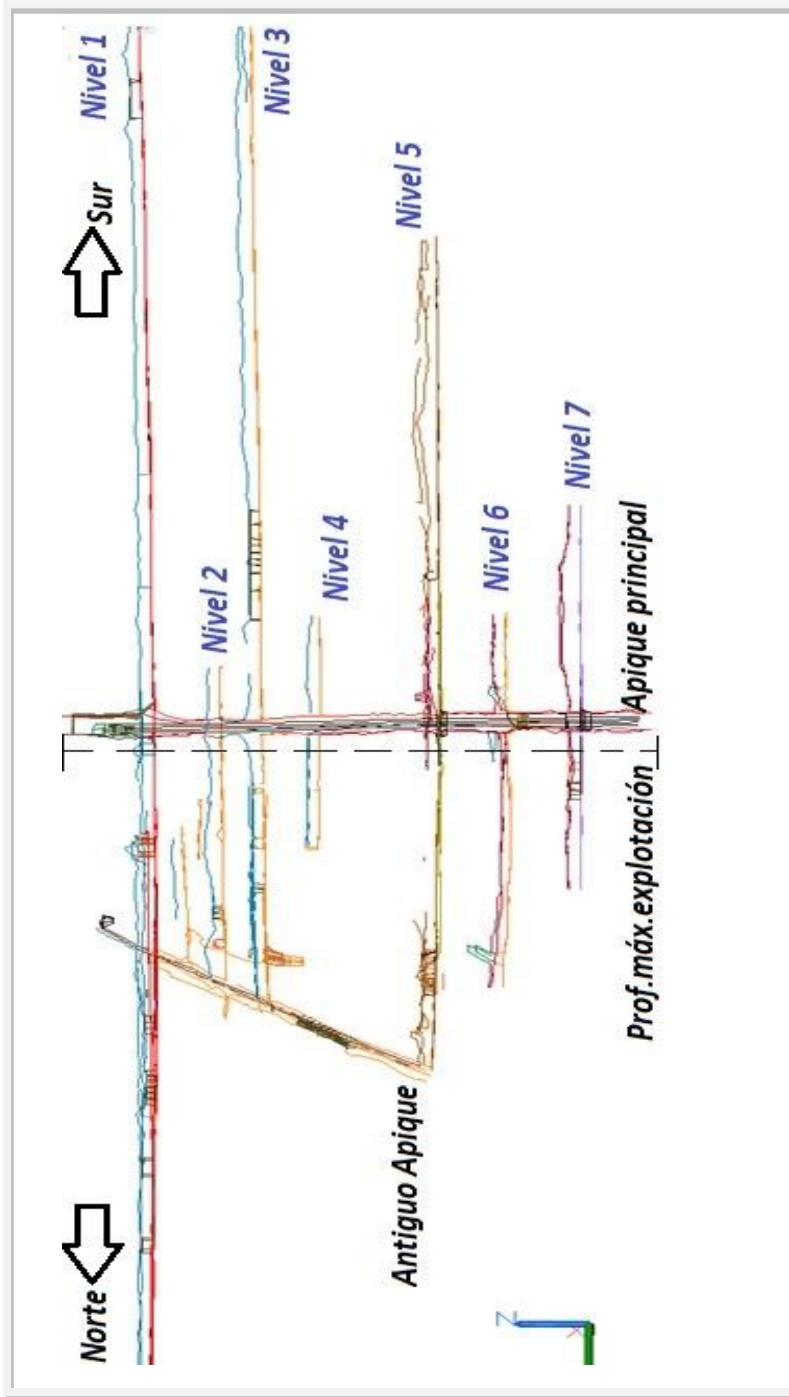
La mina El Gran Porvenir cuenta con un desarrollo de tunelería cerca a los 3700 metros entre tambores, guías, cruzadas e inclinados. En la actualidad se cuenta con 7 niveles de mina que son conocidos localmente como cruces (guías), estos niveles están separados en promedio 20 a 25 metros uno del otro.

Los desarrollos mineros están enfocados a ganar profundidad en el depósito a través de un inclinado principal que desciende por una estructura mineralizada. La cota actual alcanzada está en 1460 metros sobre el nivel del mar obteniéndose una profundidad máxima de explotación de 380m aproximadamente (figura 7).

El izaje de mineral se realiza a través de skips de una (1) y el transporte hacia superficie a través de vagonetas que son haladas por locomotoras a batería. En superficie el mineral es depositado en tolvas donde posteriormente se transporta por volquetas de 6 toneladas de capacidad.



**Figura 6.** Sección longitudinal guías y apiques mina Gran Porvenir.



**Figura 7.** Sección Longitudinal mina El Gran Porvenir donde se llevó a cabo el presente trabajo; sin escala.



## 6. GEOLOGÍA REGIONAL

### 6.1 LITOLOGÍA

El Proyecto minero se ejecuta en la Cordillera Central, en el cinturón metamórfico Paleozoico que conforma el basamento de ésta, la litología se compone principalmente de esquistos; Las rocas paleozoicas están agrupadas como Complejo Cajamarca, el cual incluye una secuencia de Anfibolitas y Esquistos anfibolíticos, Cuarcitas y neises (Qtz-Fs) (nq), Esquistos Qtz-Sericíticos (es), Esquistos verdes (ev) y Rocas Sedimentarias (Pst) respectivamente (González 2001).

#### 6.1.1. Paleozoico

##### 6.1.1.1. Complejo Paleozoico de Cajamarca (Pznf)

Si bien se reconoce el Complejo Cajamarca como parte principalmente del basamento de la cordillera central o parte del terreno tahamí (Restrepo et; al. 1988) más que una localización geográfica el Complejo Cajamarca se limita o define tectónicamente. Estos límites se han llamado según Restrepo y Toussaint “suturas” como lo es la Falla Otú-Pericos, que separa las unidades metamórficas precámbricas, en el flanco oriental de la Cordillera Central, hacia el Valle del Río Magdalena, y la Falla San Jerónimo al occidente, que la separa de rocas volcánicas básicas de afinidad oceánica del Complejo Quebradagrande, en el flanco occidental de la Cordillera Central.

El Complejo Cajamarca se divide en 3 grupos en función de su litología: Grupo Pelítico, conformado por rocas de protolito sedimentarios predominantemente, tales como esquistos negros, esquistos sericíticos; un segundo grupo básico de rocas con un protolito más ferroso como por ejemplo esquistos verdes y un grupo cuarzoso cuya evidencia no es visible en la zona de estudio (González 2001).

Según la clasificación de varios autores se denomina Grupo Cajamarca en principio por Nelson (1957), posteriormente se adopta el término Terreno Cajamarca por Etayo-Serna (1986) y finalmente se le asigna el nombre actual de Complejo Cajamarca propuesto por Maya & González (1995) quienes agruparon y unificaron la nomenclatura de las unidades más antiguas de la Cordillera Central, para referirse al paquete metamórfico compuesto por esquistos cuarzo-sericíticos, esquistos negros, verdes, filitas, cuarcitas y algunas franjas de mármoles.



Según González (2001) las rocas metamórficas del Complejo de Cajamarca están ligadas en el oriente por la falla de Otú y en el oeste por la falla de San Jerónimo.

Asociada a la orogenia Andina varios plutones graníticos instruyen el basamento durante el Mesozoico y Cenozoico, algunos pórfidos de bajo grado de oro se asocian a estas intrusiones (e.g. La Colosa Au-Cu ). El Proyecto minero Gran Porvenir se localiza en el borde NW del Batolito de Ibagué (Jurásico) y el Batolito del Bosque, cuerpos menores como el Stock El Hatillo (Tcdh), Stock de Santa Isabel (Tcds): Paleoceno – Eoceno se localizan al norte y sur del sector minero. Por otro lado flujos piroclásticos y lavas andesíticas son expresiones de actividad magmática reciente.

## **6.1.2. Mesozoico**

### **6.1.2.1. Batolito de Ibagué (Jcdi/Ji)**

Sus afloramientos, situados siempre en la Cordillera Central, comprenden una franja continua desde un poco al norte de la destruida población de Armero, hasta el sur y suroccidente de Planadas.

Su nombre se debe a Nelson (1959). Prácticamente en todas las carreteras y corrientes de agua que cortan el flanco oriental de la cordillera, se encuentran exposiciones del intrusivo. Composicionalmente muestra un amplio rango de variaciones, desde tonalita hasta monzogranito, pasando por cuarzdiorita, granodiorita, monzonita y cuarzomonzonita.

La edad del Batolito de Ibagué parece estar muy bien documentada; se conocen varias dataciones isotópicas que lo ubican en el rango 131 - 151 Ma, que corresponde al Jurásico medio a superior.

## **6.1.3 Cenozoico**

### **6.1.3.1. Batolito del Bosque (Tgdb/Pgb)**

Definido en principio por Barrero y Vesga como un cuerpo aflorante en el flanco Oriental de la Cordillera Central principalmente en los Municipios de Anzoátegui, Santa Isabel y Murillo. Es una granodiorita biotítica de grano medio a grueso, textura holocristalina, inequigranular, hipidiomórfica y leucocrática; compuesta por cuarzo, plagioclasa, moscovita y biotita.

Irving (1971), presenta una datación K/Ar de edad Terciaria  $49.1 \pm 1.7$  m.a. Este Batolito intruye la roca del complejo Poli metamórfico Cajamarca y algunas veces



está cubierto por lavas y depósitos de caída piroclástica provenientes del Complejo volcánico Ruiz – Tolima.

Este intrusivo aparece cortando la roca metamórfica en general, de donde genera un metamorfismo de contacto, determinando características directamente sobre la roca.

### **6.1.3.2. Stock el Hatillo (Tcdh/Pgh) y Stock de Santa Isabel (Tcds/Pgsi)**

Nombres dados por Barrero y Vesga (1976) a intrusivos de forma elongada, que afloran en el flanco oriental de la Cordillera Central de Colombia, al oriente del Municipio de Fresno y en el Municipio de Santa Isabel, respectivamente.

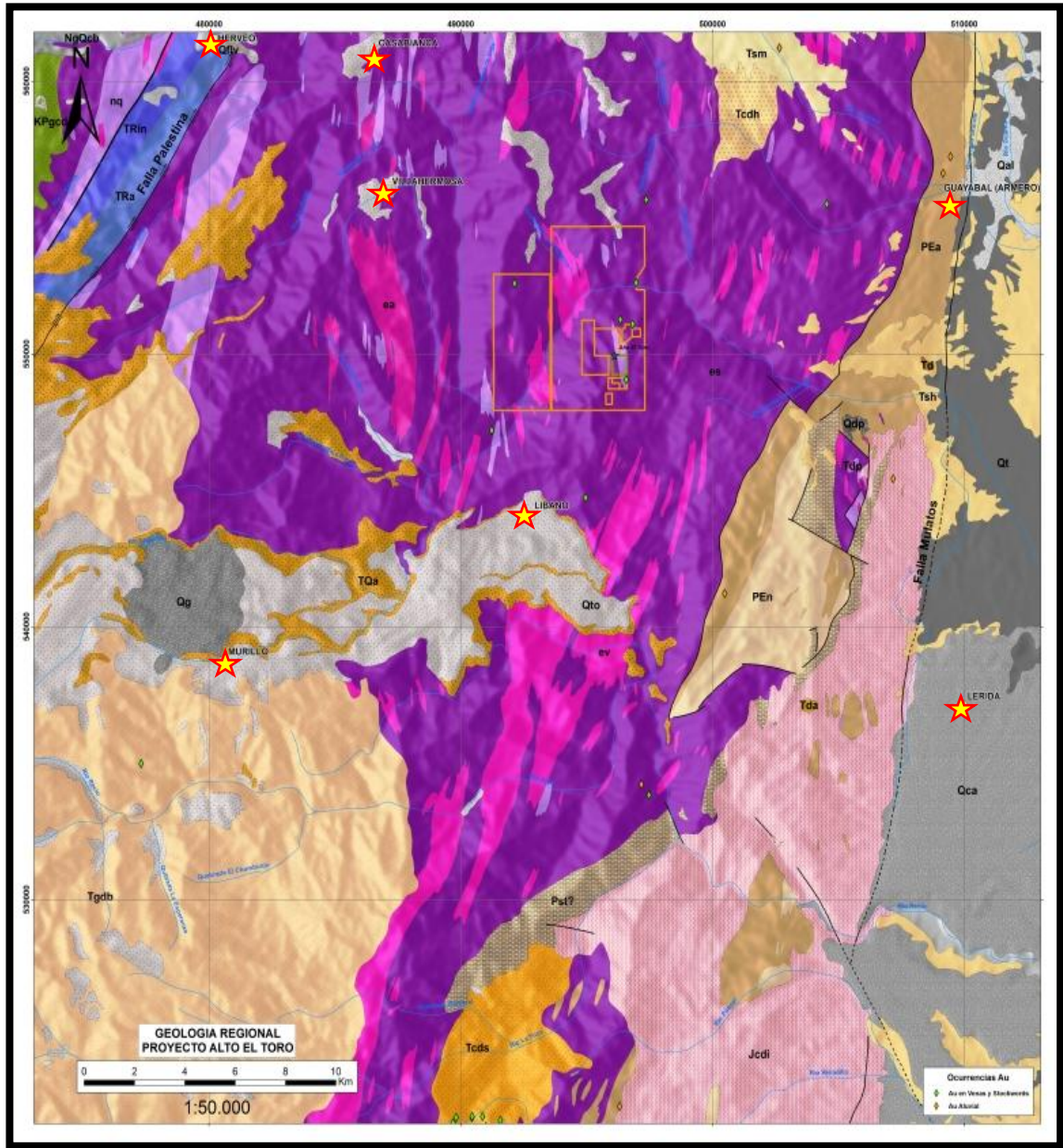
Sobre la carretera Mariquita-Fresno se encuentran algunos afloramientos del intrusivo de El Hatillo; el Stock de Santa Isabel aflora en la vía Santa Isabel - Hacienda Colón - Santa Teresa.

Los stocks de El Hatillo y Santa Isabel están compuestos, principalmente, por cuarzodiorita biotítica de grano grueso, equigranular, con variaciones locales a diorita y gabro hornbléndico.

Estos plutones intruyen rocas metamórficas del Complejo Cajamarca y sobre el Stock del Hatillo reposan, discordantemente, sedimentitas del Grupo Honda.

Una muestra tomada en la carretera Mariquita - El Hatillo fue datada e indicó una edad de  $53 \pm 1,8$  Ma (Barrero y Vesga 1976), correspondiente al lapso Paleoceno - Eoceno. Del Stock de Santa Isabel no se tienen dataciones isotópicas, pero por su semejanza con el de El Hatillo se le asigna igual edad, considerándose como su prolongación hacia el sur. Al sur de Ibagué Núñez (1981) reporta un cuerpo porfirítico datado en  $58 \pm 10$  Ma, que posiblemente esté relacionado con este evento magmático de la Cordillera Central.

Asociadas a los stocks de Santa Isabel y El Hatillo se conocen numerosas mineralizaciones auríferas, de tipo filoniano; algunas de ellas actualmente en explotación.



**Figura 8.** Geología regional de la zona de estudio delimitando a su vez las concesiones mineras en color rojo (modificado de Barrero y Vesga 1976).



## 6.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL

El territorio del Departamento del Tolima está ubicado en la zona andina, región colombiana sometida a interacción de las placas tectónicas del Pacífico (Nazca) y Suramérica.

Los mayores rasgos morfotectónicos son las cordilleras Central y Oriental y el valle del Río Magdalena, accidentes relacionados con posibles fenómenos distensivos en el Jurásico y compresivos en el Cenozoico (Oligoceno - Mioceno), a los que se asocia el levantamiento de las cordilleras y la depresión del Magdalena.

Los esfuerzos de compresión principal ( $S_1$ ), orientados en sentido general Este - Oeste, ocasionaron deformaciones de la corteza terrestre, en su mayoría pliegues y fallas geológicas; algunas de estas últimas de mucha importancia en evaluación de la amenaza sísmica.

Según González (2001) las rocas metamórficas del Complejo de Cajamarca están ligadas en el oriente por la falla de Otú y en el oeste por la falla de San Jerónimo.

Más relacionado a la zona de estudio fallas mayores de rumbo NNE dividen la Cordillera Central en bloques, la principal es la Falla Palestina y Falla Honda al Oeste y Este respectivamente mientras que fallas NW -Falla de La Sierra- serían producto del movimiento relativo las fallas NNE.

### 6.2.1. Falla de Palestina

Es una falla de rumbo de más de 300 km de longitud, localizada en el Noroccidente del Departamento Tolima, sobre la Cordillera Central. Las evidencias más importantes de su movimiento fueron expuestas por Feininger (1970); a ella están asociados los focos volcánicos del Complejo Ruiz - Tolima. Según Collins et al., (1981) tienen evidencias de desplazamiento sinistral, en el Cuaternario, contrarios al movimiento dextral, del Paleógeno, que indican, en su concepto, reorientaciones importantes en algún momento del Cenozoico tardío.

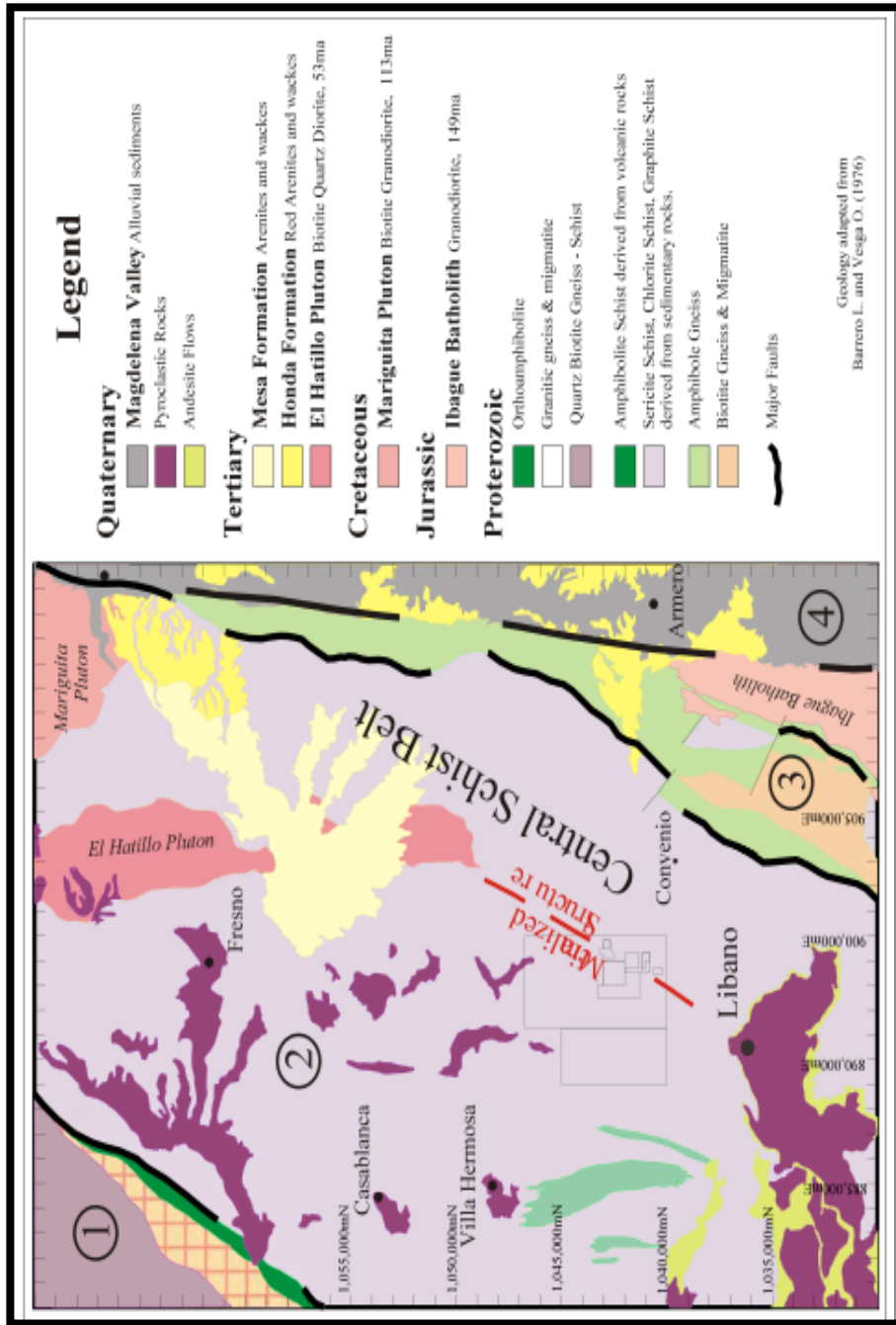




## 6.2.2. Fallas Honda y Falla Mulatos

Limitan la depresión del valle medio-alto del Magdalena por el Oriente y Occidente, respectivamente; son clasificadas por Vergara (1989) y Vergara et al., (en edición) como potencialmente activas.

Particularmente para la Falla de Mulatos, Feininger et al., (1972), reconocen desplazamiento dextrolateral de más de 15 km. Su presencia pudo haber controlado la depositación de abanicos aluviales en el norte del Tolima (Vergara, 1989). Algunos autores consideran que el desplazamiento inicial fue de tipo inverso y cambió a normal después de la depositación de la Formación Mesa, a finales del Neógeno e inicios del Cuaternario. La estructura es truncada o se une con la Falla Otú - Pericos y se extiende hasta el Departamento de Antioquia. La Falla Honda está expuesta en el noreste del Departamento del Tolima, cerca de la población de Honda, en un área muy reducida. Información sísmica citada por Acosta y Obando (1984), indica que representa un sistema de cabalgamiento. Vergara (1989) reporta la existencia de rasgos característicos de actividad tectónica en el Cuaternario y posible actividad sísmica reciente en su zona de influencia; sin embargo, los datos disponibles no permiten clasificarla como activa.



**Figura 9.** Geología Tecto-Regional del área de estudio donde 1.Falla Palestina, 2.Basamento metamórfico, 3.Cuerpos intrusivos intruyendo el basamento, 4.Falla Mulatos y depósitos más recientes (Modificado de Barrero y Vesga 1976).



## 7. GEOLOGÍA LOCAL

En general la litología del área de estudio es muy homogénea, evidenciado a través de la descripción y análisis de núcleos de perforación, observaciones de campo y recorridos geológicos a través de la tunelería en la mina:

### 7.1. LITOLOGÍA

#### 7.1.1. Esquistos

Es la unidad predominante (figura 10), presentándose con bajo tamaño de grano, presencia de crenulación (direcciones de foliación S1 y ocasionalmente S2) e indicadores cinemáticos observados en lentes de cuarzo (estructura budinaje). Venas y venillas de carbonato son comunes tanto cortando la foliación como siguiendo los planos, pirita muy fina de origen metamórfico es abundante principalmente en las fases grafitosas como pequeños agregados o lentes, sin embargo, esta mineralización no presenta oro o plata (de acuerdo a los resultados entregados por el laboratorio durante el muestreo continuo), sin magnetismo aparente, con rasgos de lixiviación en cercanías al sapro-rock y evidenciando en varios sectores una gruesa capa de suelo y saprolito color naranja rojizo debido a la presencia de óxidos de hierro. En general la roca se presenta moderadamente fracturada cuando se está alejado a zonas de cizalla, además presenta aspecto brechoso y muy granular en algunos sectores probablemente producto de las fases de recristalización de cuarzo.

Las homogéneas unidades presentes hacen parte específicamente de diversos tipos de esquistos, ya sean esquistos sercíticos o grafitosos, con direcciones de foliación N-NE y buzamientos al NW los cuales presentan lentes de esquistos verdes producto de clorita y actinolita (página 39).

Lo anterior descrito según lo establecido en la literatura por Gonzalez 2001 refleja que los esquistos grafitosos y sercíticos en la zona de estudio hacen parte del grupo pelítico, mientras que las franjas de esquisto verde al grupo básico.

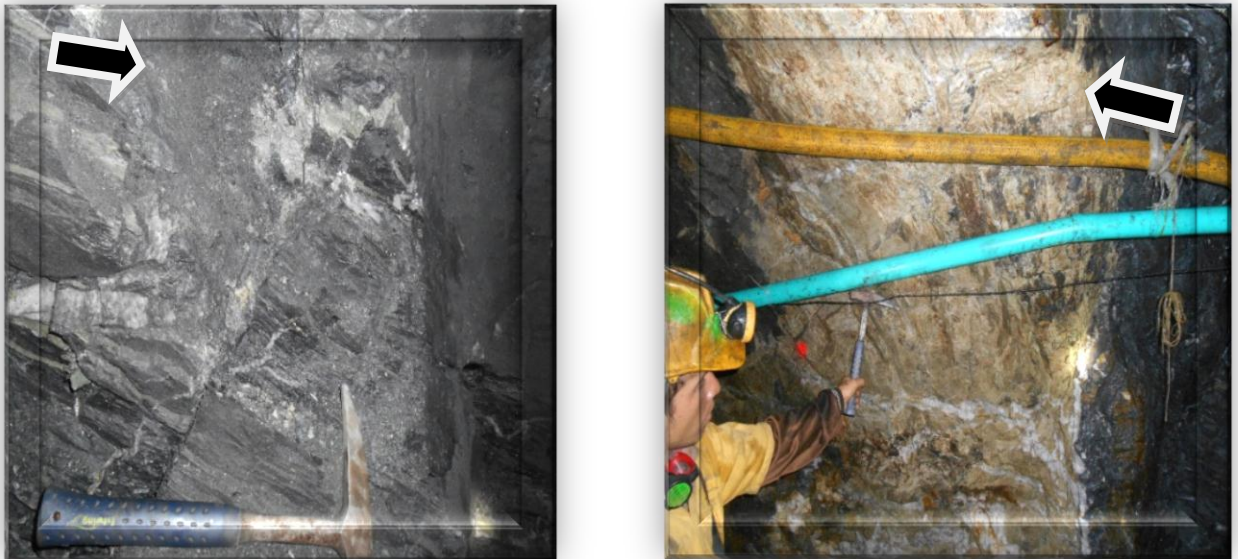
#### 7.1.2. Diques

Se presenta un número menor de diques aplíticos con espesores de hasta 2.0m tanto a nivel de descripción de núcleo como observación de campo (figura 10) ;

algunos son leucocráticos y de grano fino. Estos diques cortan la unidad de esquistos y se emplazan paralelos o cortando las venas mineralizadas, lo que a veces es clave para ser tenido en cuenta como una guía de posible mineralización,

Presentan coloraciones desde verdosas hasta tonalidades parda clara, producto del alto contenido observado de sericita en algunos sectores. Baja oxidación y bajo fracturamiento, no presentan saprolito de espesores significativos. Localmente puede presentar venillas de carbonato en diferentes direcciones y ausencia de magnetismo, no presentan mineralización representativa en general mientras que su disposición puede variar manteniéndose predominantemente con una tendencia NE en el rumbo y con buzamientos entre los 35°-55° al NW, disposición que está íntimamente ligada a las estructuras mineralizadas del área de estudio.

Si bien no es muy común se observan diques centimétricos y milimétricos probablemente asociados a intrusiones de composición intermedia-básica; éstos pueden tener además texturas porfiríticas con masa fundamental, poco cuarzo y pequeños anfíboles que permiten identificar macroscópicamente la roca como Andesita Porfirítica (Streckeissen 1973).



**Figura 10.** Geología Local mina El Gran Porvenir,  
A la izquierda esquistos grafitosos, a la derecha  
dique albitico.

## 7.2. PETROGRAFÍA MINA EL GRAN PORVENIR

Mina Gran Porvenir cuenta con la elaboración de cierto número de secciones delgadas con el fin de conocer a mayor detalle la mineralogía del depósito, por ésta razón se hace una correlación de las observaciones hechas en campo y la descripción de núcleos de perforación mencionadas en el siguiente ítem con los resultados obtenidos en la petrografía de las unidades. El análisis de dichas secciones fue realizado por la docente de la Universidad de Caldas Luz Mary Toro Toro con experiencia en petrografía de rocas ígneas y metamórficas.

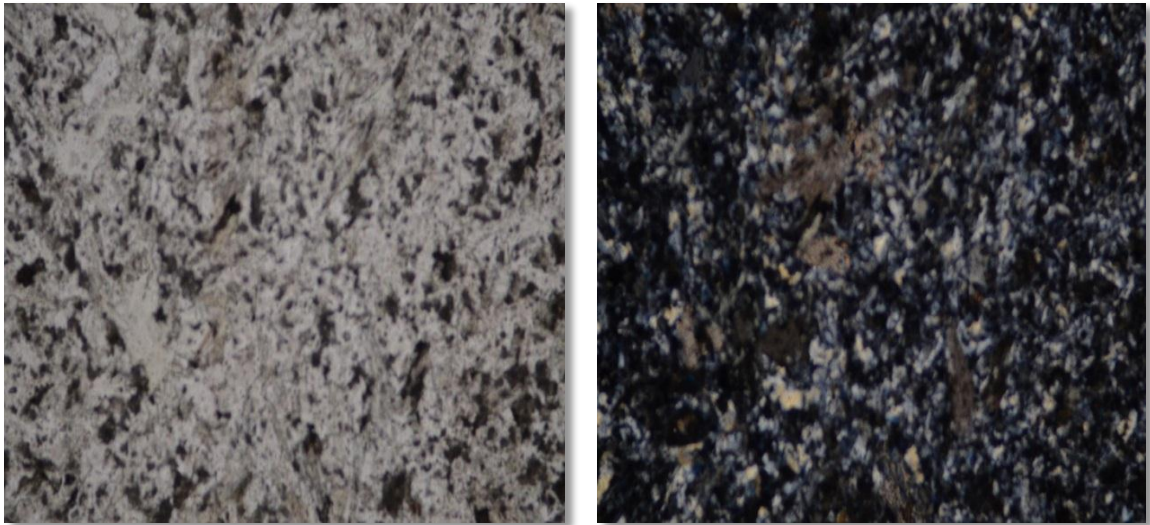
### MUESTRA 1

Esta roca presenta textura felsítica constituida por agregados de cuarzo, plagioclasa, sobreimpuesto por masas grumosas de material titanífero (esfena), clorita, carbonatos, epidota y opacos.

Nombre de la roca: Aplita



**Figura 11.** Resolución con objetivo 4x nicoles paralelos (izq) y nicoles cruzados (der) Muestra 1.

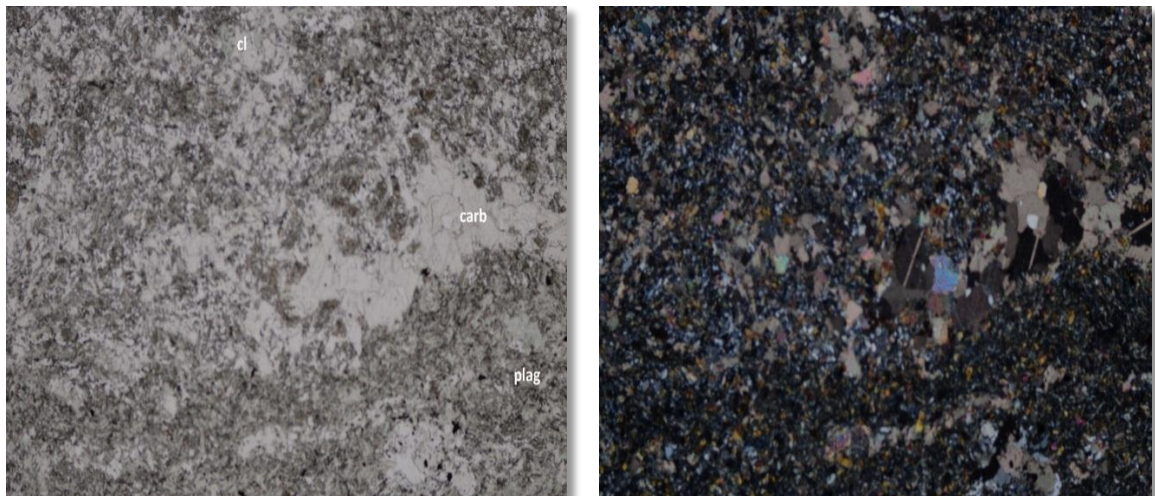


**Figura 12.** Resolución con objetivo 10x nicols paralelos (izq) y nicols cruzados  
Muestra 1.

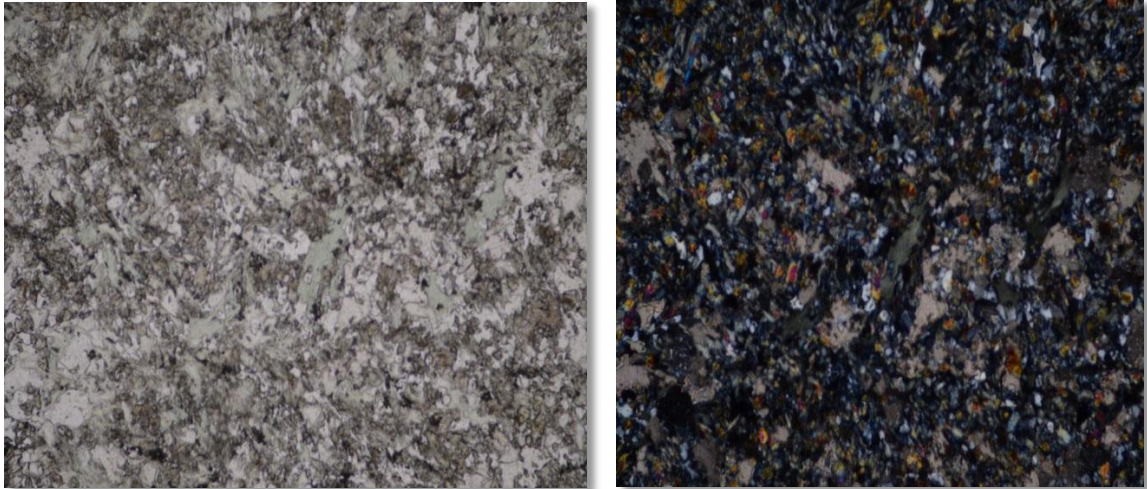
### MUESTRA 2

La roca presenta textura lepidoblástica definida por clorita y nematoblástica por actinolita; Con niveles de textura granoblástica definida por carbonatos, cuarzo, plagioclasa y opacos.

Nombre de la roca: Esquisto cuarzo clorítico con carbonatos.



**Figura 13.** Resolución con objetivo 4x nicols paralelos (izq) y nicols cruzados  
Muestra 2.



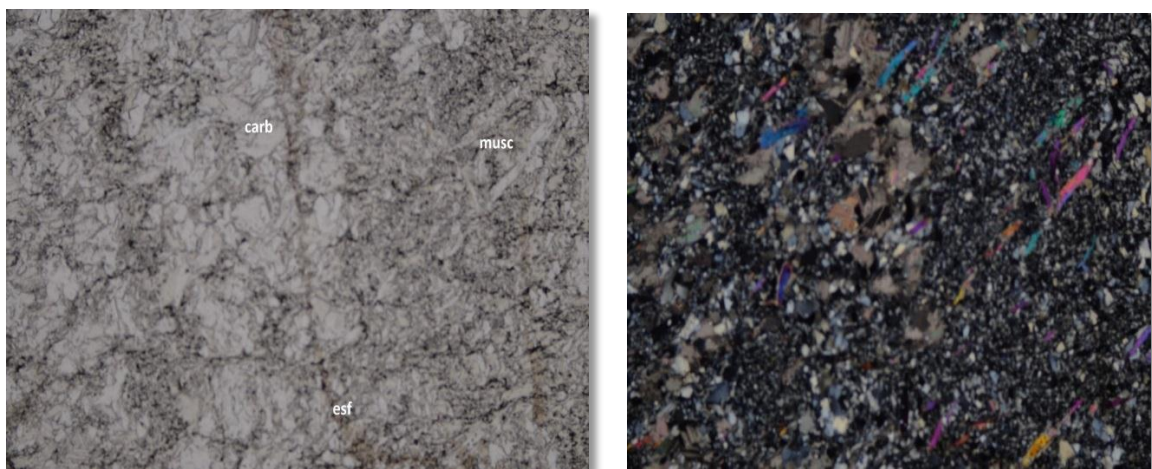
**Figura 14.** Resolución con objetivo 10x nicoles paralelos (izq) y nicoles cruzados (der) Muestra 2.

### MUESTRA 3

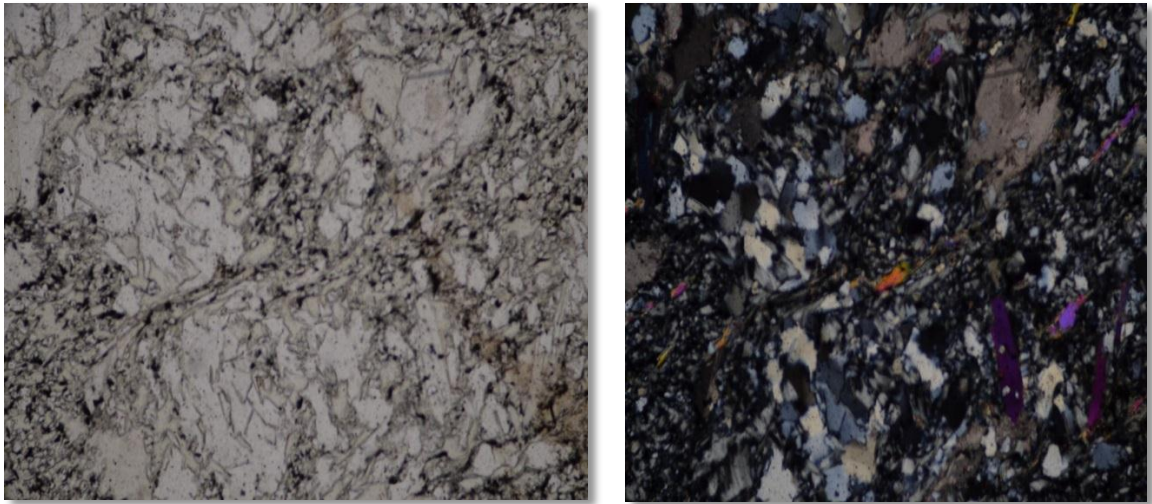
La roca presenta textura lepidoblástica definida por clorita, intercalada con niveles de carbonato, plagioclasa y cuarzo que definen textura granoblástica.

Textura porfiroblástica está definida por láminas de muscovita, siguiendo la foliación principal se presentan cordoncillos delgados de material titanífero.

Nombre de la roca: Esquisto cuarzo clorítico con carbonatos (Esquisto verde).



**Figura 15.** Resolución con objetivo 4x nicoles paralelos (izq) y nicoles cruzados Muestra 3.

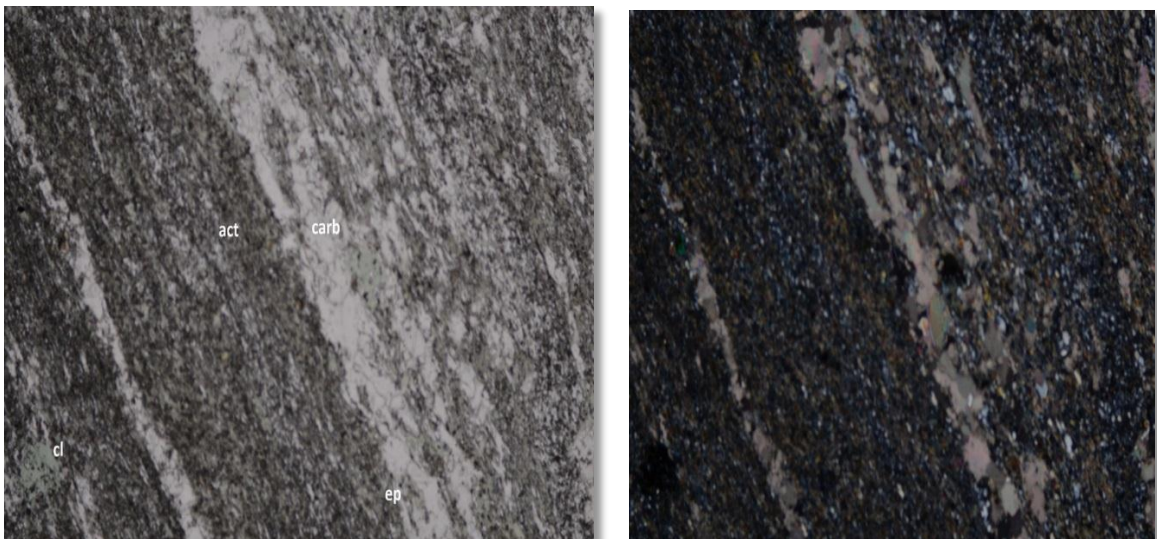


**Figura 16.** Resolución con objetivo 10x nicoles paralelos (izq) y nicoles cruzados (der) Muestra 3.

#### MUESTRA 4

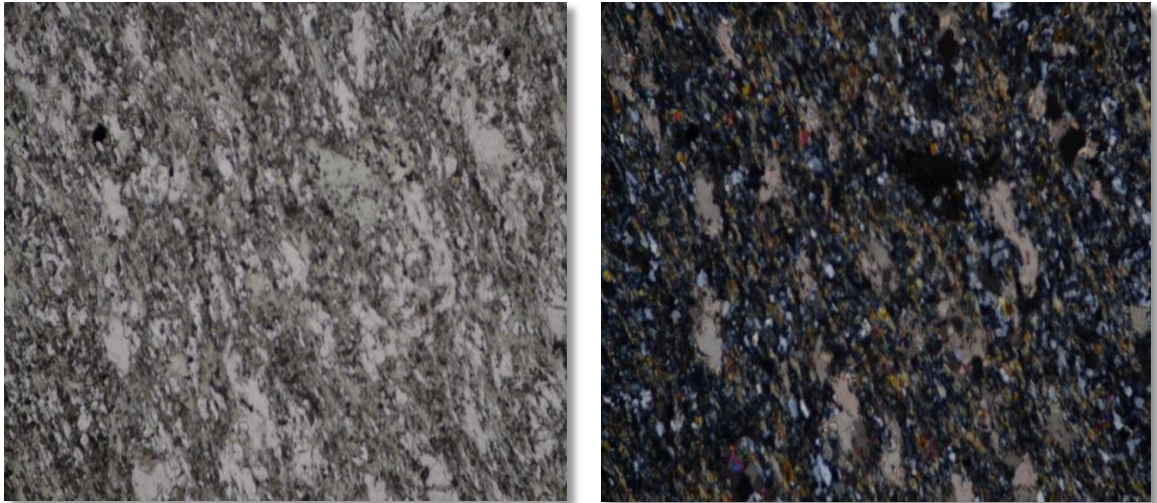
Textura nematoblástica definida por actinolita y lepidoblástica por clorita, además granoblástica por carbonatos, epidota, cuarzo, plagioclasa y opacos.

Nombre de la roca: Esquisto actinolítico con carbonatos y epidota



**Figura 17.** Resolución con objetivo 4x nicoles paralelos (izq) y nicoles cruzados (der) Muestra 4.





**Figura 18.** Resolución con objetivo 10x nicoles paralelos (izq) y nicoles cruzados (der) Muestra 4.



### 7.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

El tren regional de las estructuras mineralizadas es concordante con el rumbo de las estructuras mayores y llevan un rumbo predominantemente N15°E. Sin embargo, según lo observado mediante el control de frentes de desarrollo las estructuras varían localmente su rumbo entre N10°E y N55°E los buzamientos son predominantemente entre 35 a 55° al NW, pero se presentan variaciones hasta los 70° NW como se evidencia en mina El Oasis al norte del área de estudio.

Se debe entender que esta variación en el rumbo y en el buzamiento obedece al régimen tectónico que configuró la geometría de las fallas locales que posteriormente fueron mineralizadas. Sin embargo, ciertos indicios en el cambio de buzamiento en algunas estructuras, sobre todo en la mina El Gran Porvenir; evidencian una ramificación de éstas con un punto de unión en donde generalmente se presentan los mayores espesores de veta.

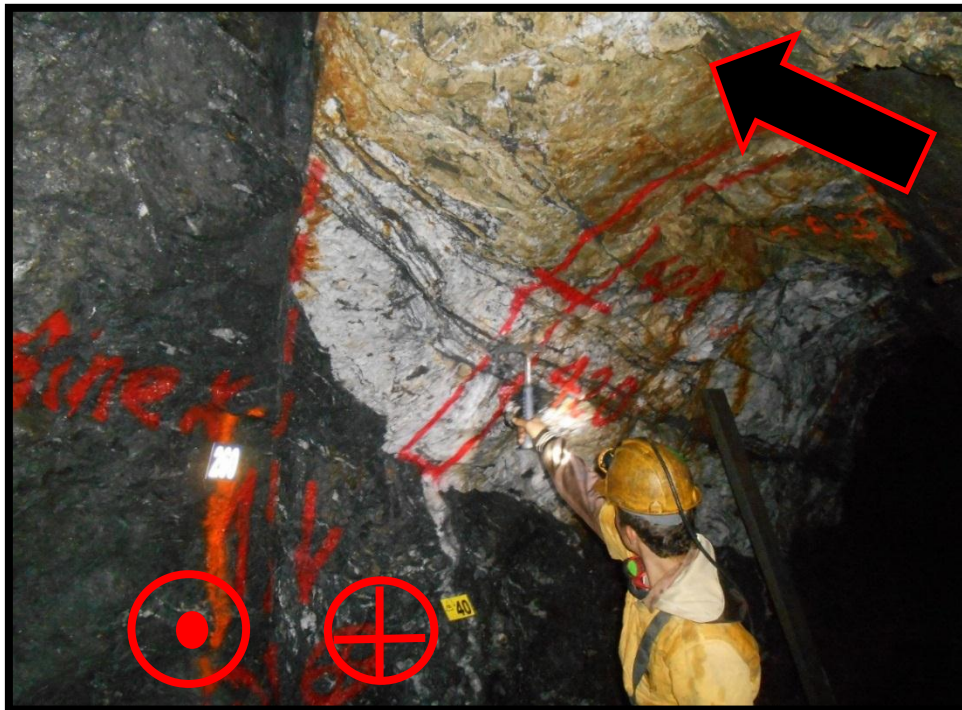
El tren estructural Noreste es cortado y desplazado por fallas locales de azimut 310-330 con sentido sinistral y buzamiento subvertical, estos desplazamientos relativos son de pocos metros y en algunos casos se evidencian movimientos de tan solo 2 metros.

#### 7.3.1. Geometría del depósito

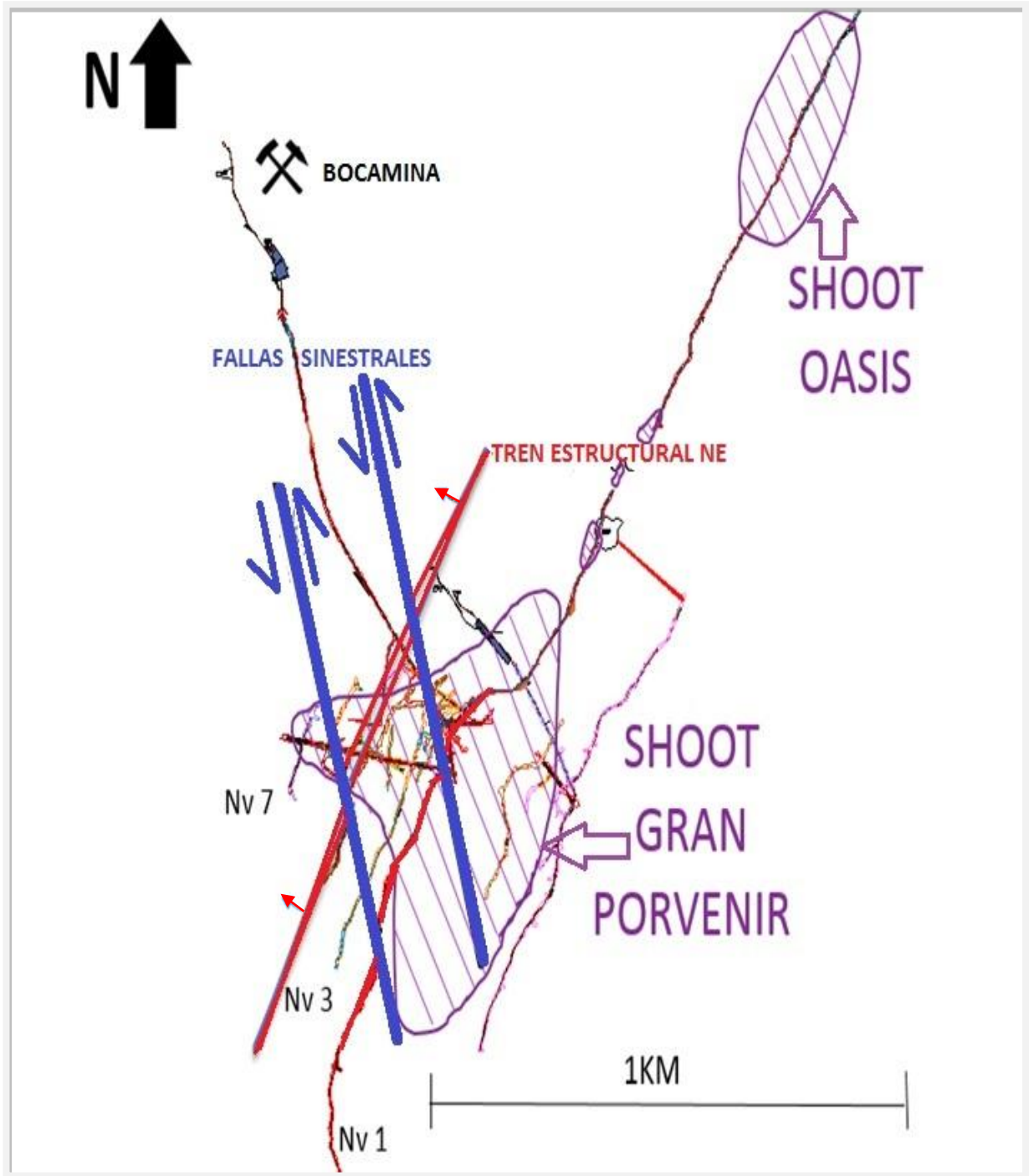
A partir del seguimiento morfológico, estructural y de espesores en los cuerpos vetiformes es posible correlacionar la información de campo a lo que en la literatura se denomina depósito con morfología en camándula o pinch and swell (Ramberg 1955) donde la existencia de indicadores cinemáticos y cizallamiento a los bordes de dicho cuerpo (e.g.salbanda, crenulación etc) evidencia apertura y cierre de los conductos mineralizantes por influencia tectónica tanto en sentido vertical como horizontal.



**Figura 19.** Salbanda generada por movimientos de bloques en zonas de cizalla con desplazamiento dextral correspondientes al sistema de fallas NW, Guía 3 interno norte; Mina El Gran Porvenir.



**Figura 20.** Falla local de comportamiento sinistral cortando veta de qzo, Guía Norte; mina El Gran Porvenir.



**Figura 21.** Esquema idealizado tren estructural NE y fallas de comportamiento sinistral asociados a lo que en este trabajo se llamó shoot Gran Porvenir y shoot El Oasis.



## 8. MINERIA

La mina el gran porvenir es una mina en la que se extraen 80-100 toneladas diarias de mineral y unas 30 a 40 toneladas de estéril, en promedio se extraen mensualmente entre 2600 toneladas de mineral y unas 1000 toneladas de estéril.

Se cuenta con dos turnos de trabajo en el que se ocupan aproximadamente 75 hombres para la extracción del material hacia superficie. Se cuenta con dos cruzadas principales 1 de 112 metros en la cota 1656 y la otra de 387 metros en la cota 1557 las cuales cortan el tren de estructuras mineralizadas. Desde estos niveles se han realizado algunos apiques que en la actualidad han alcanzado una cota de 1460 metros sobre nivel del mar definiendo un bloque de explotación de aproximadamente 380 metros.

La extracción de mineral se hace desde el fondo de los apiques por izaje de mineral a través de skips y el transporte hacia superficie con la ayuda de vagonetas que son haladas por locomotoras a batería. En superficie el mineral es depositado en tolvas donde posteriormente se transporta por volquetas.

Se tiene un conocimiento de la estructura en casi 1,5 kilómetros la cual presenta ore shoots de mineralización en algunos puntos a lo largo de este trayecto lo que dificulta y hace más imperioso los avances mineros por tunelería para poder acceder a nuevos recursos minerales.

### 8.1. MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN UTILIZADOS

Mina El Gran porvenir cuenta con métodos de extracción apropiados para el tipo de depósito presente en la zona de estudio cumpliendo con los criterios económicos establecidos por la compañía.

Los métodos de minería subterránea se clasifican, entre otros aspectos, de acuerdo al soporte del techo. Este depende de las propiedades mecánicas de las rocas y de las características espaciales, tanto de la sustancia mineral como de la roca encajante.



### 8.1.1. Cámaras y pilares (Room and pillar)

Es el principal método de explotación en mina El Gran Porvenir con base a que el ángulo de buzamiento de la vetas no supera los 45 grados de inclinación en la mayoría de los sectores.

Es un método donde el minado avanza en superficie horizontal a sub- horizontal. Se abren múltiples incisiones o cámaras, dejando zonas intactas para que actúen como pilares para sostener la carga vertical, es decir, el techo. Las cámaras se construyen en forma múltiple y paralela. Se hacen tan anchas como las características y propiedades de resistencia de las rocas de techo y piso y del mismo mineral lo permitan. Dentro de las cámaras se realizan las operaciones de cargue, transporte etc. Cuando la dirección de la excavación está en un nivel donde el mineral no fluye por gravedad, el material debe ser cargado en la cámara donde se ha extraído y transportado a un punto donde pueda fluir ya sea por gravedad o por medios mecánicos (Tolvas), a un punto de reunión central para ser sacado fuera de la mina (por medio de malacates, locomotoras etc).

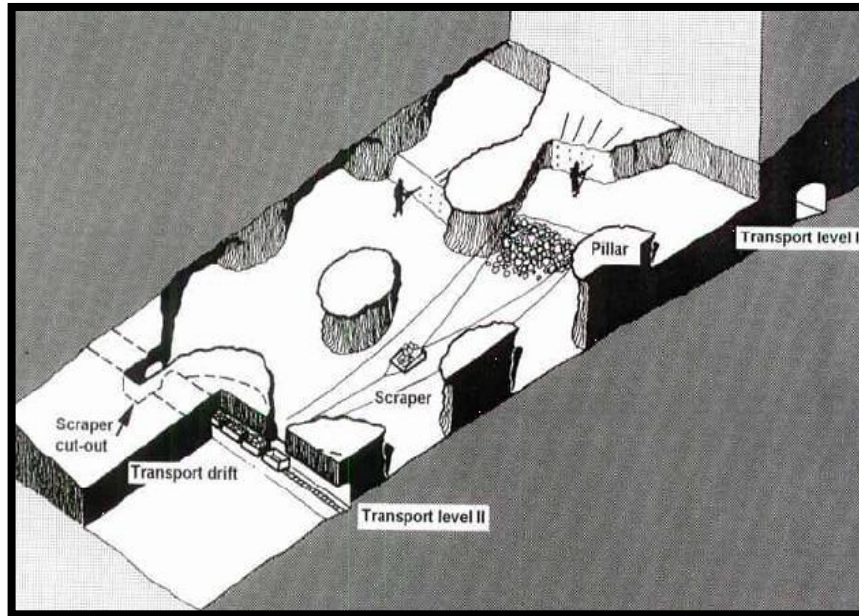
La operación se realiza de tal manera que el techo de la cámara se mantiene en su sitio, sin necesidad de fortificación durante el tiempo que dura la explotación (sin excluir necesariamente la utilización de pernado para anclar sectores en el techo).

Los pilares que quedan entre las distintas cámaras finalmente se abandonan (Ortiz 1994) o pueden ser sacados y reemplazados por otros sistemas de soporte ya sea sobre la marcha o al final de la vida útil de la mina, esto comprobando que dichos pilares cumplan con el tenor adecuado para su explotación.

#### Características

- Las cámaras se ordenan sistemáticamente en filas, de tal modo que sean accesibles desde una galería que las atraviesa.
- Las dimensiones de las cámaras depende de la resistencia de la roca mineralizada
- El porcentaje de mineral recuperado es variable pero es un método en donde se sacrifican muchas reservas pudiéndose aprovechar tan solo un 60-70% de las mismas.
- El porcentaje de recuperación se incrementa significativamente cuando en retirada se recuperan los pilares.

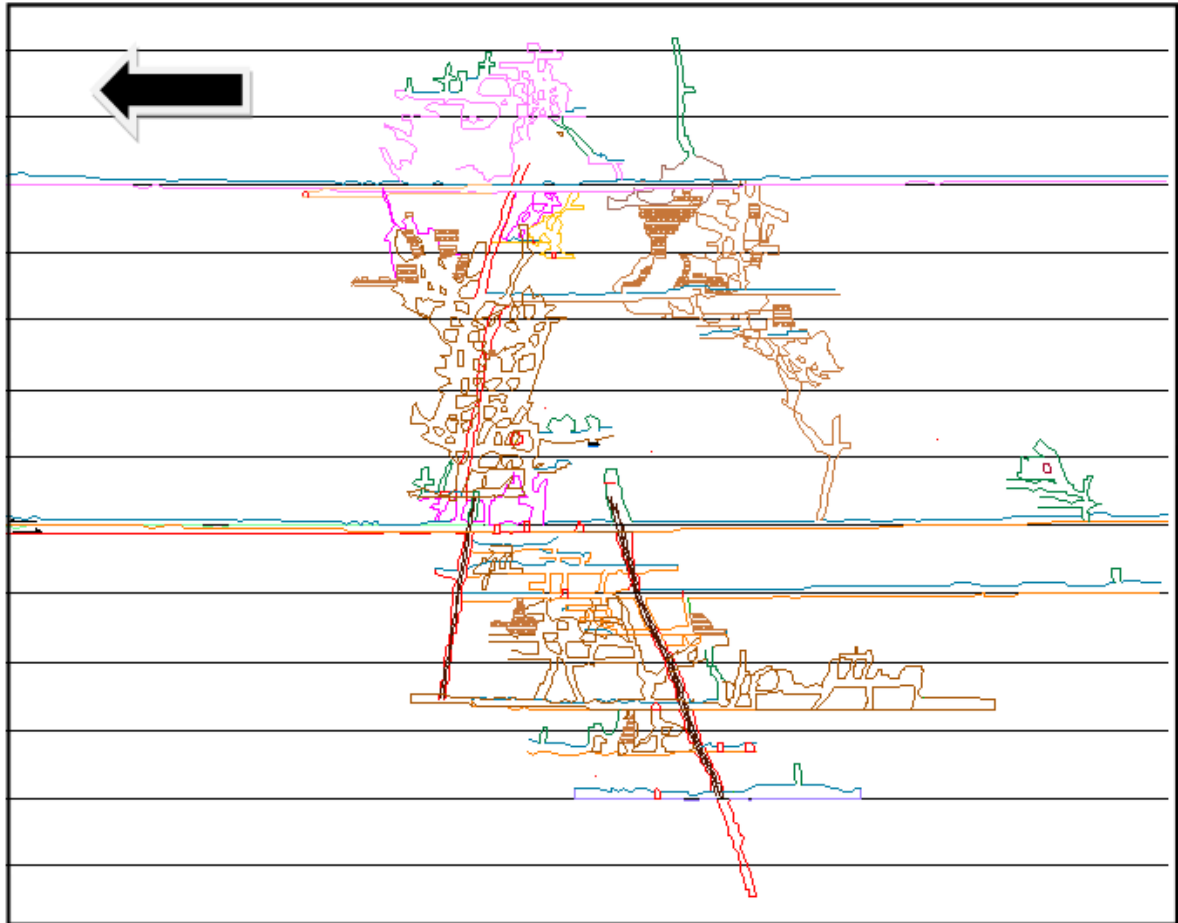
-Este sistema requiere de una ventilación apropiada (Lo anterior según Ortiz 1994).



**Figura 22.** Esquematización método cámaras y pilares inclinado; Tomado de Thomas 1979.



**Figura 23.** Pilar de sostenimiento en el método de cámaras y pilares, nótese el espesor de la veta y el tamaño del pilar. Guía 3 Sur; mina Gran Porvenir del Líbano.



**Figura 24.** Plano vista frontal sin escala mina Gran Porvenir con guías y pilares.

Actualmente se viene usando de manera generalizada el método de cámaras y pilares sin importar el buzamiento de la veta lo que dificulta la extracción en sectores donde esta es más inclinada. Con el fin de corregir lo anterior se incursionará en el empleo de corte y relleno mecánico, esto último se planea ejecutar para el presente año. Por otro lado se analiza la posibilidad de hacer corte y relleno hidráulico para poder aprovechar más el recurso mineral que ha quedado en zonas antiguas a manera de machones y pilares de protección.





## 9. CICLO MINERO

El ciclo minero consiste en todas las actividades que se ejecutan en un frente de explotación, desarrollo o preparación y en el cual se obtiene un producto final como es el mineral o material estéril que debe ser evacuado de la mina. Para la consecución de estos resultados de producción se tienen las siguientes actividades:

### 9.1. PERFORACIÓN, CARGUE Y VOLADURA

Lo primero a realizar cuando se desea ejecutar voladura de material en un frente de desarrollo es definir los puntos en los cuales se desea abrir un barreno, este esquema de perforación es definido por los supervisores de mina de acuerdo a la labor que se desea perforar (guías, sobreguías, tambores) y en donde se ubicarán los explosivos a lo largo y ancho de la sección de la labor; se realizan barrenos de 5 pies con perforadoras neumáticas tipo Jack Leg y stopper.

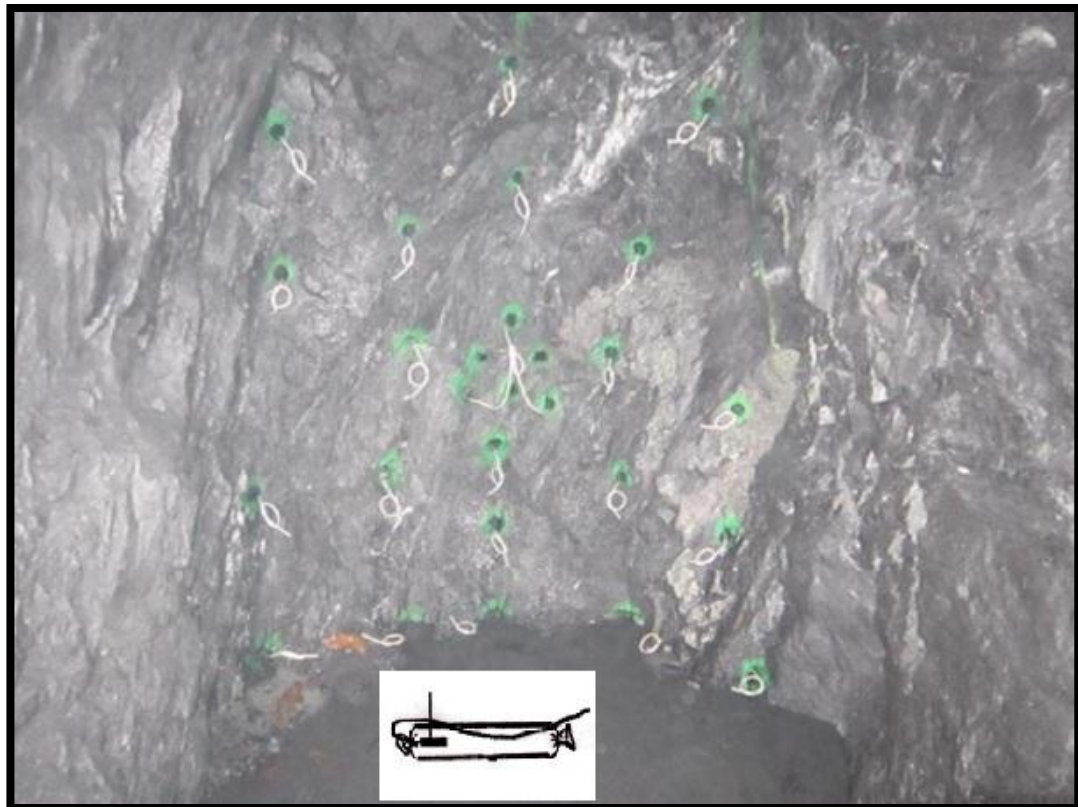
La voladura se realiza en un horario determinado y generalmente es al final del segundo turno de trabajo. Indugel Plus 26 es el explosivo más usado y en ocasiones se combina con ANFO como una forma de disminuir costos. Se utiliza mecha de seguridad para la iniciación de los estopines al interior de la barra de indugel que va como carga de fondo.

Normalmente se introducen 4 a 5 barras de indugel en cada barreno de la zona central o cuele (cara libre) del esquema de perforación, y una cantidad de entre 3 a 5 barras en los demás barrenos de acuerdo a la labor y el tipo de roca. Cuando se usa indugel y ANFO, se introducen proporciones igualmente variables con relaciones que pueden ir de 4 a 1 o 2 a 3 indugel/ANFO respectivamente dependiendo del terreno.

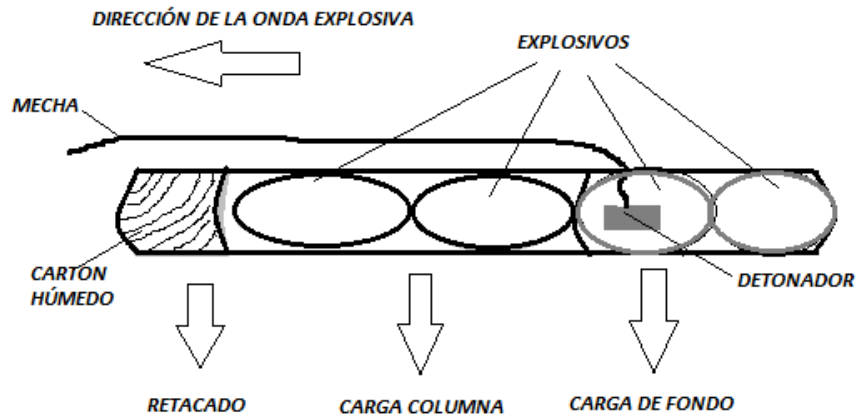
Debe tenerse en cuenta que el ANFO no se usa en labores que contengan exceso de agua y que el uso del mismo requiere unas condiciones óptimas de ventilación ya que este material genera mayor cantidad de gases.



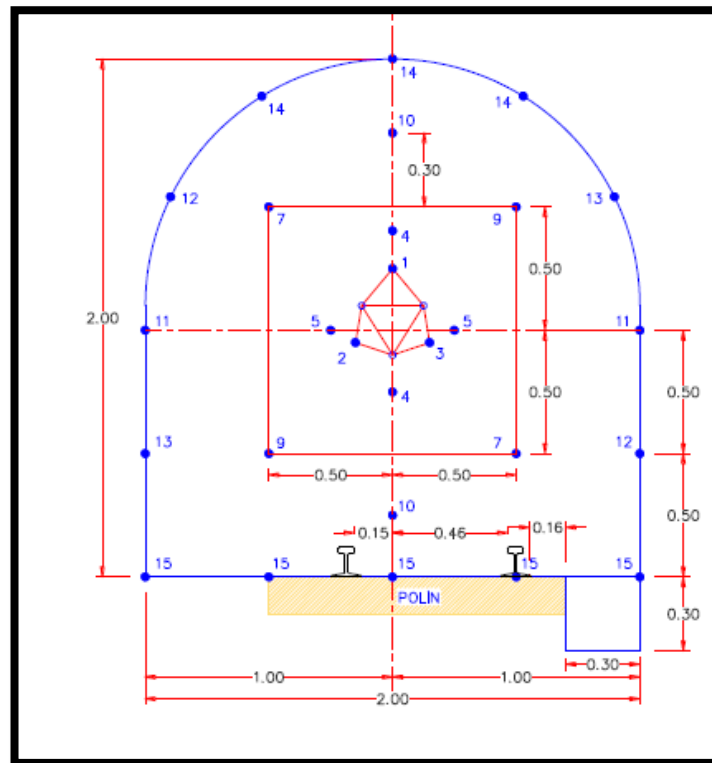
**Figura 25.** Martillo Neumático marca toyo.



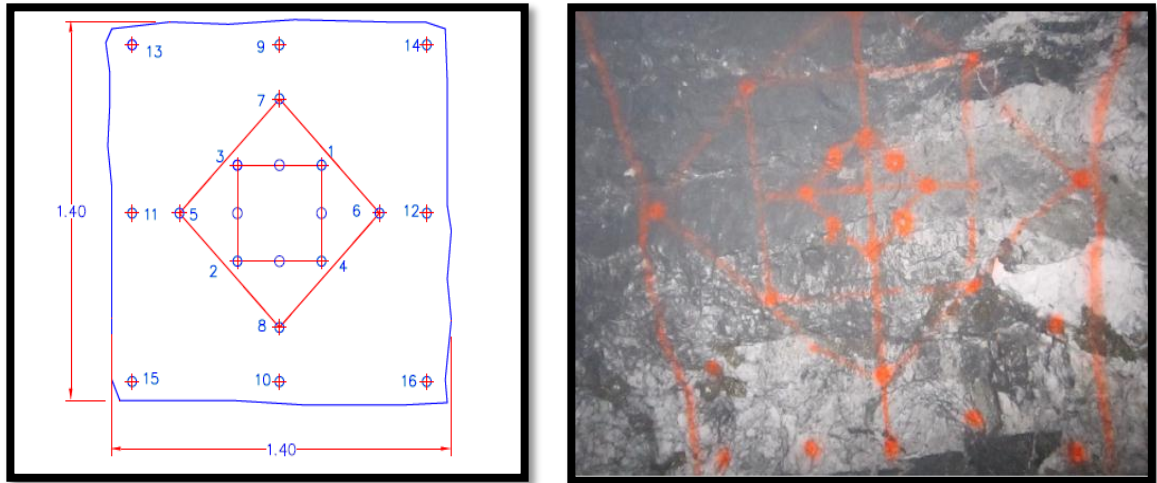
**Figura 26.** Distribución de barrenos para una sección de  $1,9 \times 1,8 m^2$  guía 5 mina El Gran Porvenir. Nótese el esquema de la parte inferior donde se ilustra la barra de Indugel como carga de fondo el cual contiene el estopín y la mecha.



**Figura 27.** Cargue de explosivo en un barreno perforado, este tipo de cargue es comúnmente usado en la mina El Gran Porvenir.



**Figura 28.** Esquema ideal de voladura para una guía de 2x2 m<sup>2</sup> mina El Gran Porvenir; donde los números azules indican el orden de detonación del explosivo, así mismo 1-2-3: Cuña/Desanche, 4-5: Ayudantes, 7-9: Contrayudantes, 11-12-13: Laterales, 14: Techeros, 15: Pateros.



**Figura 29.** Esquema de voladura para un tambor de sección  $1,4 \times 1,4 m^2$  nivel 5 sobre guía alta mina El Gran Porvenir; donde los números azules indican el orden de encendido y detonación del explosivo.

Cabe aclarar que estos esquemas pueden variar según las propiedades mecánicas de las rocas, en este caso se considera una roca dura. Además, se tiene en cuenta al momento de modelar el diseño si aquel material a extraer es estéril o veta, debido a la disposición (ángulo) que pueda tener esta última en el frente de explotación.

Los puntos azules observados en los esquemas sin numeración corresponden a los barrenos denominados “vientos”, debido a que sobre estos no se introduce explosivo, su función radica en marcar una tendencia de debilidad en la roca al momento de su fracturamiento por la explosión.

Posterior a la realización de los barrenos siguiendo un paralelismo entre ellos, se introduce el explosivo ya sea indugel o ANFO, luego se enciende el explosivo secuencialmente (nunca de manera aleatoria) según el esquema de voladura, que cuenta con una mecha de 2 metros de largo de tal forma que el obrero pueda salir del lugar con debida antelación a la explosión.

En promedio se extraen cerca de 15-20 toneladas en una voladura de un frente de guía con dimensiones oscilando entre los 2m ancho x 2m alto con un avance cerca de 1,5m, en cuanto a tambores se obtienen cerca de 10-20 toneladas según las dimensiones, en el caso de los llamados localmente “apiques” la cantidad es mucho mayor (entre 30-40 toneladas).



## 9.2. VENTILACIÓN

Toda voladura genera una serie de gases, entre los que se pueden encontrar  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}$ ; cabe aclarar que el reingreso hacia el frente puede hacerse incluso 30 minutos después de la voladura, pero para esto se requieren unas condiciones óptimas de ventilación.

Estos gases se evacúan de la mina a través de medios mecánicos como ventiladores y extractores que remueven el aire viciado siguiendo un circuito de ventilación y ayudado por un tiro natural de aire que ayuda a extraer los gases a superficie y a mejorar las condiciones de ventilación al interior de la mina.

Se hacen mediciones de gases diariamente con el propósito de garantizar las condiciones óptimas de trabajo y la prevención de accidentes por engasamiento del personal en las labores mineras.

## 9.3. DESABOMBE

Una vez ocurrida la voladura y se ha ventilado el frente, los obreros se disponen a desabombar o “tumbar” los remanentes de roca suelta ubicados en el techo o talabardones de la labor minera mediante el uso de barras metálicas, con el fin de evitar caída de roca por acción gravitacional ocasionando un accidente..

## 9.4. DESCARGUE

Consiste en la actividad que realizan los obreros de recoger el material que ha sido arrancado a través de la voladura, esta actividad suele hacerse a través de palas mecanizadas que funcionan con aire comprimido (figura 30). Igualmente, se tiene que algunos frentes deben ser descargados manualmente pues se carece de equipos de cargue mecanizado en algunas de las labores mineras.

El material sea mineral o estéril es puesto en las vagonetas de 1 tonelada de capacidad o carretillas, este material es llevado a tolvas de almacenamiento interno para ser evacuado a través de sistemas de izaje con skip, posteriormente son evacuados a través de locomotoras que halan los vagones desde la guía principal hasta la tolva principal en superficie.

## 9.5. SOSTENIMIENTO

Según las condiciones del terreno lo requiera, los obreros construyen puertas alemanas cuyas dimensiones oscilan en promedio entre 2-2.5m alto x 3-4m ancho, cabe resaltar que en mina Gran Porvenir esto no es constante debido a que se considera una roca caja dura.

## 9.6. ENRIELADO

Consiste en la instalación de tramos de rieles metálicos en los frentes en donde se requiera el descargue con vagonetas. El enrielado es puesto cada 6 metros de avance y es controlado topográficamente para que lleve una pendiente uniforme. Para ello se debe aumentar 3 centímetros con el propósito de generar una leve caída del túnel y las aguas drenen más fácilmente hacia el exterior de este, igualmente para que el desplazamiento de las vagonetas sea mucho más fácil y puedan movilizarse transportando la carga extraída a lo largo de las guías.

La pendiente ideal se ha estipulado en 0.5% en la mina El Gran Porvenir del Líbano S.A.



**Figura 30.** Pala Neumática (izquierda de la imagen), utilizada en las labores de descargue de Frentes mineros en la Mina El Gran Porvenir. A la derecha cabezote de locomotora.

## 9.7. TRANSPORTE

El mineral es transportado desde la tolva principal ubicada en la cota 1557 m.s.n.m de bocamina, y subido hacia la planta de beneficio (cota 1710 m.s.n.m) por un carretable de aproximadamente 4 kilómetros través de volquetas que transportan 6 toneladas.



**Figura 31.** Imágenes muestran las diferentes actividades mineras desarrolladas en la etapa de producción; Mina El Gran Porvenir del Líbano.



## **10. PLANTA DE BENEFICIO MINA EL GRAN PORVENIR**

La mina El Gran Porvenir del Líbano cuenta con una planta de tratamiento que tiene una capacidad de beneficiar mensualmente unas 80-100 toneladas de mineral. El proceso de recuperación del oro y la plata se hace por cianuración ya que la mayor parte del oro y la plata está oculto en la fracción de sulfuros, mientras que la precipitación se realiza por medio del proceso denominado Merrill Crowe.

En términos generales el proceso de la planta de beneficio consiste en una reducción de tamaños y en una concentración del material de interés, en este caso los sulfuros de donde será extraído el contenido de Au y Ag presente.

A continuación se describen de manera resumida estos procesos:

### **10.1. TRITURACIÓN**

El mineral proveniente de la mina es descargado ya sea en el patio de acopio (pretolva) o directamente a la tolva de gruesos en donde se hará pasar por una trituradora de mandíbulas y una pulverizadora de martillo con el fin de reducir el tamaño del mineral.

El proceso inicia con la alimentación de mineral a una trituradora primaria de mandíbula donde el mineral se reduce de tamaño, pasando de 4" a 1.5" de diámetro y obteniéndose además una fracción de finos. El material de la trituradora primaria sale a la trituradora secundaria de impacto y allí se reduce a un tamaño 3/8 de pulgada.

Posteriormente pasa al proceso de molienda.

### **10.2. MOLIENDA**

Una vez el material es triturado se moviliza por medio de bandas transportadoras a la tolva de finos donde se alimenta al molino primario, allí a través de la acción de una carga de bolas al interior del molino se produce el impacto de este material contra el mineral reduciéndolo hasta obtener partículas de menor tamaño.





El molino debe girar a una determinada velocidad o revolución para que las bolas generen el impacto necesario en el material. Cabe resaltar que la planta de beneficio en mina Gran Porvenir cuenta con 5 molinos que pueden estar o no conectados en serie.

Por lo general durante la etapa de molienda se trabajan entre 80-100 toneladas por día.

### **10.3. CONCENTRACIÓN DE SULFUROS**

El producto de molino se alimenta en un JIG el cual es un concentrador granulométrico tipo vertical que genera dos productos, uno rico en oro libre, y el otro de colas ricas en sulfuros. Estas colas por medio de una bomba de sólidos se llevan a un hidrociclón donde se generan 2 productos:

Sobre flujo, que va a flotación

Bajo flujo, que va a remolienda para disminuir su tamaño.

El producto del segundo molino se va a las celdas de flotación obteniendo concentrados ricos en sulfuros, estos sulfuros van al molino 3 – 4 conectados en serie donde nuevamente entrarán a un proceso de remolienda, luego pasan por un circuito de concentración centrífugo llamado NELSON cumpliendo con un 90 % de partículas menores a la malla 325 (condiciones óptimas para cianuración).

### **10.4. CIANURACIÓN**

El cianuro utilizado en los tanques para la separación de sulfuros es neutralizado con Cal (en un pH de 8-9 aproximadamente) de tal manera que se origine ácido cianhídrico, el cual es menos contaminante. Por otro lado, éste puede reutilizarse disminuyendo costos considerablemente.

### **10.5. MERRYL CROWE**

La solución cianurada rica en elementos como Cu, Ag, Au e incluso Cd se introduce en bombas de vacío que permiten sacar el oxígeno disuelto para poder precipitar el Au con el Zn; posteriormente la solución libre de oxígeno es llevada a un tanque donde se agrega Zn en polvo con el fin de atrapar en un filtro-prensa el en ese entonces precipitado que se llevará por último al proceso de fundición. Por



otro lado, el filtro líquido cae dentro de tinas para ser recirculada en el proceso (ya que contiene cianuro aún) y convertido a cianato mediante adición de peróxido y Sulfato de cobre.

Lo anterior es sumamente importante ya que esta solución rica en cianato es enviada a las piscinas de lodos sin producir daño alguno con el medio ambiente.

## 10.6. FUNDICIÓN

El precipitado rico en Au y Ag esencialmente, se lleva a un horno de secado del precipitado y a un horno de fundición basculante respectivamente, allí después de 2 horas en fundición se extrae y refina el lingote. En resumen:

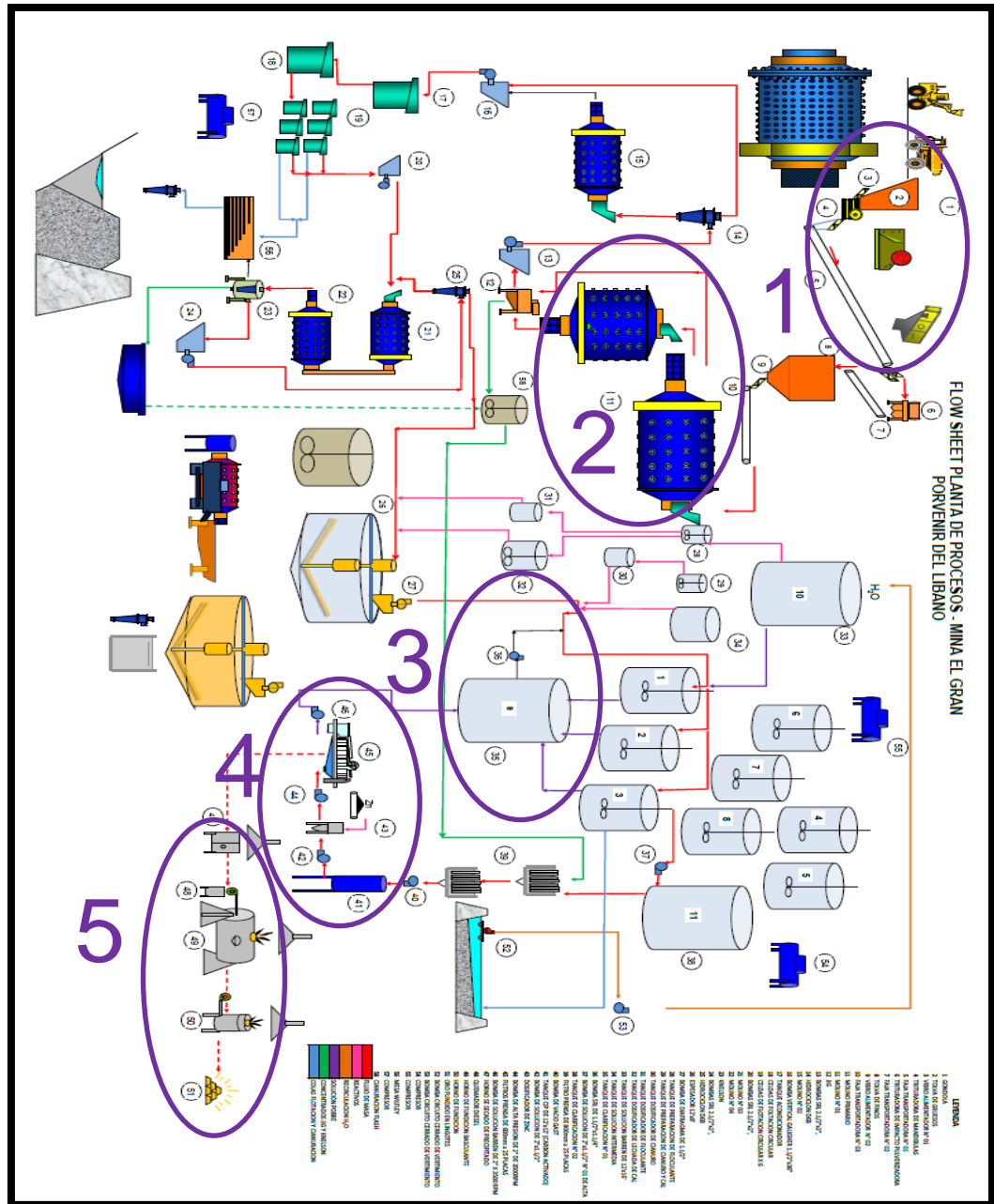
El precipitado se lleva a fundición en donde en primera instancia debe ser secado a una temperatura de 500 °C, se le adicionan una serie de reactivos fundentes como bórax, sílice y carbonato de sodio. Luego esto se mezcla y es llevado al horno donde alcanza una temperatura de 1100-1200 °C.

Posteriormente y después de 2 horas de fundición esta mezcla junto con el precipitado se vacía en lingoteras donde se obtiene un producto básicamente compuesto de oro y plata, los demás elementos presentes son absorbidos por la carga de reactivos generando un material denominado escoria en donde se precipitan metales como cobre, plomo, zinc, etc.

Para separar el oro de la plata se agrega ácido nítrico el cual reacciona sólo con la plata, formando nitrato de plata, quedando como solución iónica (en este punto ya se considera “refinado” el precipitado). Luego se separa el líquido (Ag) del sólido (Au) para ser secados y fundidos de nuevo obteniendo así lingotes de ley mayor a 900.



**Figura 32.** Circuito planta de beneficio mina El Gran Porvenir. En esta imagen de izquierda a derecha parte superior, se observa Trituración, Molienda, Concentración en la JIG, Cianuración, Merrill Crowe y Fundición.



**Figura 33.** Planta de beneficio mina El Gran Porvenir; Nótese los elipsoides color morado resaltando los procedimientos más importantes: 1. Área de Trituración, 2- Molienda, 3- Ciaración, 4- Merrill Crowe, 5- Fundición.



## 11. CONTROL DE CABEZA DE MOLINO

El control cabeza de molino es quizás una de las operaciones de mayor relevancia en todo el ciclo de producción ya que es allí donde se obtiene la información de la calidad del mineral que está siendo procesado y en donde se determina si los controles de leyes, estimaciones de tenor y el blending (mezcla de mineral) de mina están cumpliendo con las expectativas de producción de la compañía.

Por lo tanto, el trabajo de un geólogo de mina llega hasta este punto de control y de ahí en adelante vienen los procesos de planta que deben ser igualmente óptimos y controlados para de esta manera hacer que todos los procesos se ajustan a lo requerido.

El área de geología determina el tonelaje entregado a planta y la calidad o tenor del mineral que entró al circuito de beneficio, de esta manera se puede obtener la recuperación de la planta de acuerdo a lo que fue alimentado comparado a lo obtenido en fundición y teniendo en cuenta el material que se pierde sin poder ser recuperado (colas de cianuración), es necesario tener en cuenta que los procesos de una planta no son 100% efectivos.

La mina El Gran Porvenir del Líbano tiene una recuperación promedio del 96 % de oro y un 60% en plata, mensualmente se procesan cerca de 2600 toneladas a un promedio de 6.0 gr Au/ ton y 80 gr de Ag/ton, lo que da una producción estimada de aproximadamente 15.000 gramos de oro y 125.000 gramos de plata.

El tenor cabeza de molino permite conocer si el blending o mezcla de mineral que se está haciendo en mina o en patios es el ideal para las metas propuestas y permite tomar decisiones correctivas en caso de que no se esté alimentando la planta según lo acordado.

El proceso de toma de muestras de cabeza de molino se hace en la banda de alimentación del molino primario tomando una muestra de material mineralizado cada turno de 8 horas, esta muestra en el turno se hace limitando intervalos de tiempo no superiores a 10 minutos en donde se toma una cantidad de mineral representativo del material que está pasando por la banda, al final del turno se obtiene un tamaño de muestra representativo que oscila entre los 5-10 kilos el cual es enviado al laboratorio para su análisis.


De acuerdo a lo anterior, se obtienen 3 muestras cabeza de molino en un día de trabajo en la planta ya que son 3 turnos de 8 horas.



**SOPORTE EN LABORES DE EXPLORACIÓN Y  
EXPLOTACIÓN DE UN YACIMIENTO AURÍFERO  
VETIFORME- MINA EL GRAN PORVENIR DEL LIBANO S.A.**



Estas muestras individuales son ponderadas por cada tonelaje que paso por la banda en cada turno y así se obtiene el tenor cabeza de molino para el día en la planta.

MINA EL GRAN PORVENIR DEL LIBANO S.A									
FORMATO CONTROL CABEZA DE MOLINO									
JEFATURA DE GEOLOGIA Y MINA									
GEOLOGO: JIMMY TORRES									
FECHA DE LA MUESTRA	TURNO	Au (g/ton)	Ag (g/ton)	TON MOLIDAS	Au ENTRANTE POR TURNO	Ag ENTRANTE POR TURNO	TENOR PONDERADO O X TURNO	TENOR PONDERADO X TURNO	OBSERVACIONES
01-jun	T1	7,20	159,20	36,61	263,60	5828,55	7,33	155,22	
	T2	7,60	150,00	36,41	276,73	5461,78			
	T3	7,20	156,40	37,65	271,11	5889,02			
02-jun	T1	6,80	153,60	32,98	224,28	5066,12	7,06	147,69	
	T2	7,20	144,80	35,57	256,11	5150,64			
	T3	7,20	144,40	28,12	202,43	4059,81			
29-jun	T1	6,00	84,40	38,56	231,38	3254,71	6,11	80,53	
	T2	6,40	73,20	18,14	116,11	1327,99			
	T3	6,00	79,20	12,20	73,20	966,22			
30-jun	T1	6,80	87,20	8,64	58,76	753,48	6,32	90,77	
	T2	6,00	94,00	22,23	133,39	2089,85			
	T3	6,40	89,60	35,01	224,07	3136,92			
<b>TOTALES</b>		6,36	101,81	2673,60	16921,76	269315,23	6,33	100,73	
		TENOR PROMEDIO			Au	Ag	TENOR PONDERADO		
		Au (g/ton)	Ag (g/ton)	TONELADAS	ACUMULADO	ACUMULADA	Au (g/ton)	Ag (g/ton)	

**Tabla 1.** Resultados de control de calidad del material que se dirige al circuito de planta de beneficio. Nótese como el tenor ponderado de oro oscila entre 6-7 g/t.



## 12. PERFORACIONES EXPLORATORIAS

Las perforaciones son una de las herramientas ms importantes en todo proceso de exploración y evaluación de yacimientos minerales, es sin duda la etapa más costosa en todo proceso de exploración. Pero sin importar su alto costo, es imprescindible la realización de campañas que permitan modelar mejor los depósitos, de acuerdo a su geometría, espesores, mineralización, continuidad etc. En el caso de las perforaciones que se han ejecutado en la Mina el gran Porvenir, estas se acomodan a lo que en términos de exploración se denomina “Exploracion Bronwfield” dado que se ejecutan con el propósito de obtener nuevos recursos que puedan darle una vida útil más prolongada a la mina.

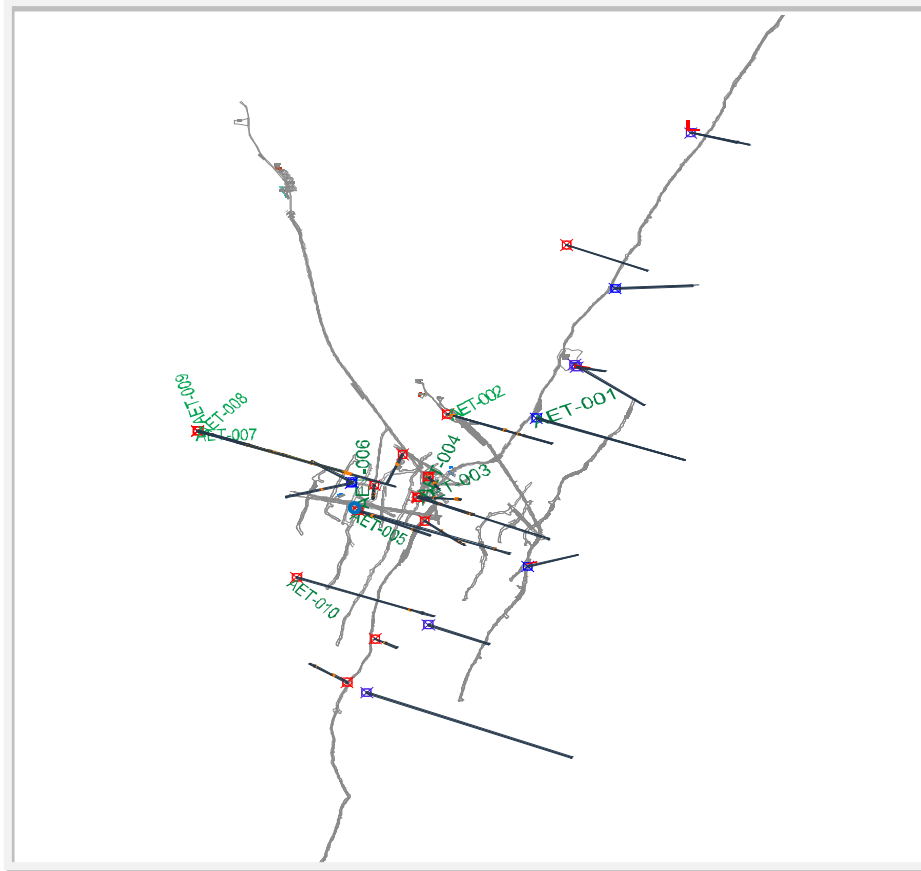
Normalmente las compañías siguen unos protocolos en los procedimientos de perforación necesarios para hacer confiable la información que se obtiene en cada sondaje y se hace necesario además, que estos procedimientos se prolonguen a todos los procesos de manipulación, transporte, logueo, muestreo y almacenaje de los testigos de perforación dado lo valioso de la información que contienen. Es por esta razón que surge la necesidad de hacer una recuperación de la información que por años ha mantenido en los testigos de perforación de la mina El Gran Porvenir y que hasta la fecha nunca había sido evaluada y debidamente tratada por parte de geólogos de la compañía.

En un escenario como el que se tiene en la mina el gran porvenir , donde sólo las observaciones de campo o en trabajos subterráneos no alcanzan a generar un modelo espacial preciso del depósito por sus variables condiciones morfológicas, es necesario ejecutar constantemente perforaciones exploratorias a corta o mediana distancia, ya que pueden dar una idea general de la tendencia de la mineralización a menor escala pensando en minimizar el riesgo y aumentar el rango de confianza para las futuras tareas de tunelería.

La compañía posee en sus instalaciones cerca 5700 metros de testigos de perforación que han sido ejecutados desde el 2008. En este trabajo se realizó el logueo de 5068 que corresponde a 30 sondajes; con base a la descripción de núcleos, estos resultados se ha decidido dividir estos pozos (DH) en positivos y negativos según hayan cortado o no estructuras (vetas mineralizadas) a la profundidad del target o blanco buscado (figura 34). La nomenclatura usada en los sondajes diamantinos obedece a la asignada por cada empresa minera que perforo en el sector, en este caso se resaltan las perforaciones ejecutadas por la empresa Canadiense Oroandes Resources la cual utilizó la nomenclatura AET en todos sus pozos. Las demás nomenclaturas corresponden a otras empresas que han perforado y algunas a sondajes realizados por la misma Mina El Gran Porvenir (ver tabla 2)

POZOS NEGATIVOS	POZOS POSITIVOS
MGP-10-03	MGP-10-01
MGP-10-04	MGP-11-11(SIRPE-POZO#2)
MGP-10-05	MGP-11-12(SIRPE-POZO#3)
EGP-14-DH-10	AET-002
EGP-14-DH-11	AET-003
GP-11-01	AET-004
MGP-2012-13	AET-007
MGP-2012-14	AET-008
GP-11-00	AET-009
GP-11-02	AET-010
MGP-2012-NORTE 1	MGP-11-06
AET-001	MGP-11-08
AET-005	MGP-11-09
AET-006	MGP-2011-07
	MGP-10-02
	MGP-11-10(SIRPE-POZO#1)

**Tabla 2.** Pozos Positivos y negativos mina El Gran Porvenir.



**Figura 34.** Mapa de perforaciones mina El Gran Porvenir; positivas (Rojo) y negativas (Azul). Nótese como se resaltan los sondeos llamados “AET”.





SOPORTE EN LABORES DE EXPLORACIÓN Y  
EXPLORACIÓN DE UN YACIMIENTO AURÍFERO  
VETIFORME- MINA EL GRAN PORVENIR DEL LIBANO S.A.



Como se observa en el mapa anterior (figura 34) se dibujaron cada uno de los sondajes en planta y se ubicaron los cortes de estructuras más importantes, es decir, aquellos que superaran un espesor aparente de 30 cms, a partir de lo anterior junto con observaciones de campo y tunelería se logró definir la distribución espacial de las estructuras para así poder realizar las interpretaciones y perfiles.

SUPERFICIE	SUBTERRANEO
AET-007	MGP-11-06
AET-008	MGP-2011-07
AET-009	MGP-2010-03
AET-010	MGP-2010-01
AET-006	MGP-11-09
AET-005	MGP-2010-02
GP-2011-02	MGP-11-08
GP-2011-01	EGP-14-11
MGP-2010-05	EGP-14-10
MGP-2010-04	MGP-2012-NORTE 1
GP-2011-00	
AET-001	
AET-002	
AET-003	
AET-004	
MGP-11-10	
MGP-11-11	
MGP-11-12	
MGP-2012-13 BALASTRERA	
MGP-2012-14 BALASTRERA	

**Tabla 3.** Sondeos superficiales y subterráneos mina El Gran Porvenir.



Se realizó un análisis de los mayores espesores de las vetas encontradas en el registro de pozos hasta ahora, aclarando que estos valores se dan en función del eje de la perforación; a continuación se presenta esta información:

NOMBRE DE LA PERFORACION	ESPESOR APARENTE ESTRUCTURA CON BASE AL EJE DE LA PERFORACIÓN
AET-007	7m
AET-006	6,6m
AET-010	6,35m
AET-008	5,75m
AET-002	4,03m
AET-009	3,6m
MGP-11-08	2,63m
MGP-10-02	2,5m
AET-003	2,11m
AET-004	2,1m
MGP-11-07	2,09m
MGP-11-09	1,9m
MGP-11-10	1,79m

**Tabla 4.** Espesores aparentes de veta encontrados en las perforaciones de la Mina El Gran Porvenir.

Es importante mencionar que aunque muchos pozos se cuentan como negativos o no son relevantes por los espesores de estructuras mineralizadas que se observan, no se puede descartar la presencia de mineralización aledaña o pensar en una pérdida total de la estructura, se debe aclarar que la geometría Pinch and Swell de la veta obedece a la geometría de fallas preexistentes, por tanto se debe enfatizar en la descripción y tener cuidado con las fallas que se asocian a los puntos o profundidades de corte esperados en los pozos ya que estas zonas son la evidencia del foco o conducto de mineralización y de continuidad de las estructuras que aunque no estén mineralizadas representan un blanco de exploración.



## **12.1. PROCESO DE PERFORACIÓN CON MÁQUINA DIAMANTINA**

A continuación se mencionará la debida manera de llevar a cabo este procedimiento según Manual de Perforación Diamantina GEOTEC Boyles Bross S.A (2005) y según los trabajos ejecutados en la mina.

### **12.1.1. Planeamiento de la perforación**

Los geólogos de mina realizan las diferentes interpretaciones y definen los sitios a perforar según las necesidades u objetivos que se pretendan alcanzar, en ocasiones se hacen perforaciones para determinar la continuidad de estructuras que se cierran o que son desplazadas por fallas locales. Igualmente se realizan para el conocimiento de los bloques de explotación y reducir el riesgo geológico a la hora de explotar estos bloques o se realizan mallas regulares que pretendan explorar bloques aledaños a las minas.

El geólogo establece las coordenadas Este y norte del punto de perforación, así como el ángulo y el azimut del sondaje y los metros a los cuales se espera cortar la o las estructuras.

### **12.1.2. Adecuación de plataformas**

Después de definirse el punto de perforación se dan las indicaciones para la realización de las plataformas de perforación y se establecen las dimensiones de la misma dependiendo de los ángulos y direcciones de los diferentes pozos a realizar, normalmente las cámaras se diseñan al interior de la mina con una dimensión entre 4-6 metros alto x 4,5-5 metros largo x 2,5 metros ancho en promedio, esto puede variar imperativamente según lo considere el personal encargado.

### **12.1.3. Instalación equipo diamantina**

Los operarios de la máquina hacen el traslado del equipo hasta el punto de perforación y acomodan la máquina de acuerdo a las indicaciones antes mencionadas. Cabe anotar que en lo posible se debe hacer un buen manejo ambiental de estas plataformas a través de la instalación de geomembranas o polietileno para evitar contaminación por derrames de aceites, grasas o aditivos.



Debe considerarse que en los puntos de perforación deben existir las condiciones de suministros de agua, electricidad y vías de escape que permitan hacer la operación óptima y con normas de seguridad.

La disponibilidad de agua siempre será un factor relevante a la hora de realizar perforaciones, por lo que se debe maximizar su uso, en ocasiones algunas empresas hacen recirculación del fluido dando así un bajo consumo del mismo.

#### **12.1.4. Perforación de diamantina**

La perforación diamantina utiliza un cabezal o broca diamantada, que rota en el extremo de las barras de perforación. La abertura en el extremo de la broca diamantada permite cortar un testigo sólido de roca que se desplaza hacia arriba en la tubería de perforación y se recupera luego en la superficie. Después de los primeros 1.5 o 3 metros de perforación, se atornilla una nueva sección de tubo en el extremo superior y así sucesivamente. El cabezal diamantado gira lentamente con suave presión mientras se lubrica con agua para evitar el sobrecalentamiento. La profundidad de perforación se estima manteniendo la cuenta del número de barras de perforación que se han insertado en la perforación.

El perforador escucha la máquina de sondaje con mucho cuidado para evaluar la condición de la perforación abajo. Se ajustará la velocidad de rotación, la presión y la circulación de agua para diferentes tipos de roca y las condiciones de perforación con el fin de evitar problemas, tales como que quede la broca atascada o recalentamiento del cabezal diamantado. Las rocas muy fracturadas como en el caso de El Gran Porvenir además del riesgo que las barras se atasquen, pueden dejar escapar el agua, con el consiguiente recalentamiento de la broca. El problema se reduce al mínimo mediante la inyección de "lodo de perforación" en el conducto para "tapar" las fracturas y evitar así la fuga de los fluidos.

#### **12.1.5. Selección de brocas**

Para la selección de la corona correcta se debe determinar el tipo de terreno a perforar, en este caso existen en el mercado varias compañías que ofrecen varios tipos de brocas que vienen numeradas según la litología y calidad de la roca: de acuerdo a esto las numeraciones suelen ir del 1 al 15 en donde los números más bajos se utilizan en terrenos fracturados y poco consolidados mientras que los números más altos en terrenos de granulometría fina y compactos.



### 12.1.6. Obtención del núcleo de roca

Al final de cada sección que puede variar entre 1,5 a 3 metros, se extrae el testigo de roca perforada la cual se deposita en cajas especialmente diseñadas que contienen compartimentos para mantener secciones del testigo.

Cada avance de la perforación hacia profundidad del macizo rocoso es registrado en bloques de madera que son puestos en la caja portanúcleos, estos bloques se denominan “corridas” y determinan una operación de profundización y toma de muestra en el sondaje.

Posteriormente se sellan las cajas y son enviadas al sitio de logeo, allí un geólogo realiza la respectiva descripción de los núcleos.

Fundamentalmente en el proceso de logeo pueden tomarse 2 decisiones, la primera que el testigo pase a la etapa de muestreo, donde se asignan los tramos donde se generará el corte de cada muestra, es decir, el muestreo core. Este muestreo (página 103) puede ser sistemático a lo largo de las “corridas” o puede tener un criterio más específico, como separar tramos estériles de los mineralizados, separar por alteraciones etc. La segunda, realizar descripción del núcleo o logeo con anterioridad al muestreo core como se hizo en este caso.

Luego el testigo se parte por la mitad para obtener una muestra para los análisis pertinentes. La mitad que no se analiza se debe conservar para el respaldo geológico. Es importante señalar que en el proceso de almacenamiento en la caja de testigos debe ponerse un trozo de madera llamado “Taco” que indique el lugar donde termina esa perforación o “Corrida” de forma que se pueda identificar el fondo del pozo hasta ese momento.



**Figura 35.** Nicho de instalación máquina perforadora; Guía Norte, Mina Gran Porvenir del Líbano.

La mayoría de las perforaciones en mina El Gran Porvenir se ejecutaron con una máquina Candriltec 100 (figura 36) cuyo motor hidráulico permite perforar material rocoso con inclinaciones negativas entre 0 a 90 grados a una profundidad de 100-150 metros aproximadamente. Los diámetros de corona que son utilizados durante el procedimiento se mencionarán a continuación.

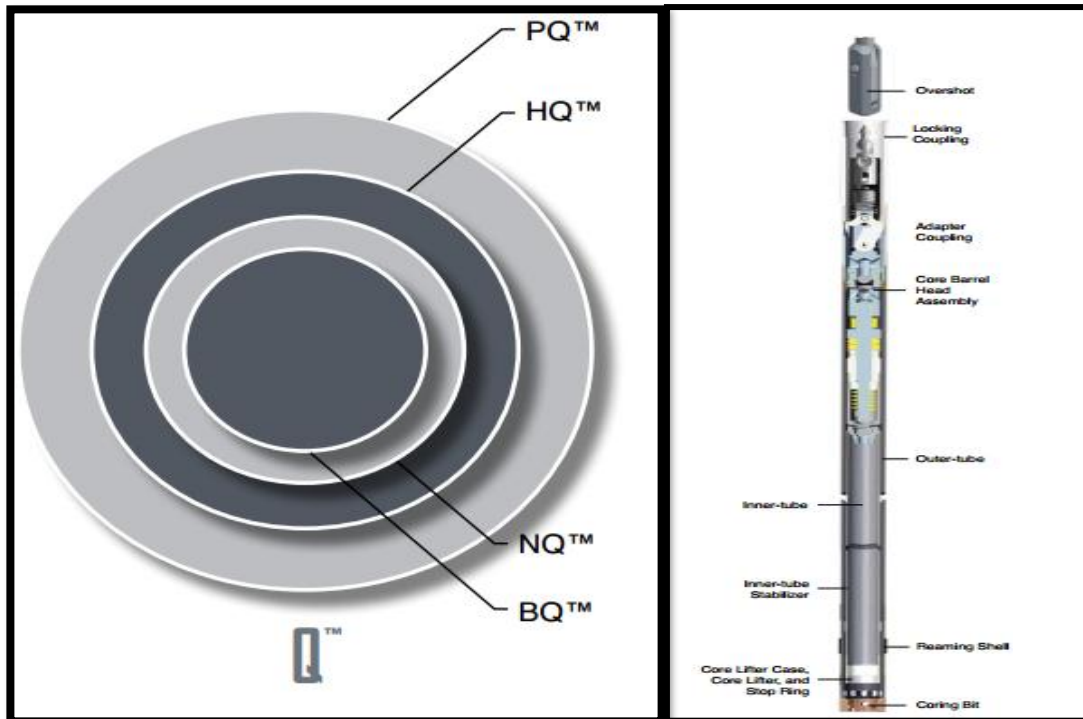


**Figura 36.** Máquina diamantina empleada para la exploración de estructuras y obtención de núcleos de roca, mina El Gran Porvenir.

## 12.2. DIÁMETROS DE PERFORACIÓN UTILIZADOS

Toda perforación debe hacerse en el mayor diámetro posible de acuerdo a los requerimientos y recursos económicos de las compañías, entre mayor sea el diámetro del núcleo se incurre en mayores gastos y mayores riesgos de pérdida de tubería a medida que se gana profundidad. Normalmente suelen utilizarse dos diámetros, el primero para iniciar los pozos hasta cierta profundidad y el segundo para continuar la perforación en zonas de mayor complejidad o donde se evidencien posibles peligros de perder la continuidad del pozo.

La compañía se ciñe a las medidas americanas de diámetros de perforación donde AQ corresponde al menor tamaño de corona y PQ al mayor, en mina El Gran Porvenir esto puede variar debido a la variabilidad constante en las propiedades mecánicas de las rocas producto del intenso cizallamiento presente en la zona, es decir, el tamaño de los núcleos puede variar desde HQ y hasta NQ los primeros metros de perforación hasta cierto punto en el que se intercepten rasgos de fallamiento o simplemente hasta que se logre sobrepasar la capa cobertera y el saprolito.



**Figura 37.** A la izquierda diámetros de perforación de menor a mayor tamaño según las medidas americanas, a la derecha componentes de la tubería en máquina diamantina empleada para la extracción de núcleos (Boart Longyear 2013).

SIZE	CORE DIAMETER		HOLE DIAMETER	
	Metric (mm)	U.S. (in)	Metric (mm)	U.S. (in)
BQ	36.4	1-7/16	60.0	2-23/64
NQ	47.6	1-7/8	75.7	2-63/64
HQ	63.5	2-1/2	96.0	3-25/32
PQ	85.0	3-11/32	122.6	4-53/64

**Tabla 5.** Diámetros de perforación de núcleo de acuerdo a las medidas americanas; Nótese el cuadro color rojo mostrando los intervalos de tamaños empleados en las perforaciones de mina Gran Porvenir (Modificado de Boart Longyear 2013).





## 12.3. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE NÚCLEOS DE PERFORACIÓN

En esta etapa se lleva a cabo una serie de observaciones y descripciones en formatos en cuanto a propiedades físicas, tales como porcentaje de recuperación, grado de fracturamiento asociado a R.Q.D (Rock quality designation), espesores de las litologías y estructuras, ángulos de las estructuras, mineralización, tipo y grado de alteración, color, dureza, magnetismo, lixiviación, oxidación. Las propiedades nombradas anteriormente se describirán y explicarán más a fondo en este trabajo mostrando a su vez la importancia de éstas en la descripción de núcleos de perforación.

### 12.3.1. Porcentaje de Recuperación

Corresponde a la cantidad de testigo que no se pierde durante la extracción de este en función de la longitud de la corrida, este valor es multiplicado por 100%; un porcentaje muy bajo de recuperación evidencia cambios en las propiedades mecánicas de la roca.

### 12.3.2. Grado de fracturamiento asociado a R.Q.D (Rock Quality Designation)

El R.Q.D se define como la sumatoria de “núcleos” de más de 10 cm de longitud (en su eje y sin tener en cuenta las roturas frescas del proceso de perforación), respecto de la longitud total de la “corrida” (modificado de Deere 1963). Esta relación se da en porcentaje.

R.Q.D=  $\frac{\text{Sumatoria de núcleos de más de 10 cm de longitud}}{\text{Long. Total de la corrida}} \times 100\%$       Donde:

Long. Total de la corrida

RQD	Rock mass quality
<25%	muy pobre
25-50%	pobre
50-75%	normal
75-90%	bueno
90-100%	muy bueno

**Tabla 6.** Clasificación de núcleo según porcentaje R.Q.D o índice de calidad de Deere (modificado de Deere 1963).



En cuanto al promedio general de R.Q.D en los 30 pozos analizados según el índice de calidad de Deere (Deere 1963), el depósito se mantiene entre el intervalo de “pobre” a “normal”.

### **12.3.3. Descripción Litológica**

En la descripción litológica se realizan observaciones de la textura, granulometría color y composición de la roca, lo que permite asignarles un nombre de acuerdo a las características encontradas.

La dureza permite cualificar los minerales ya sean mena, ganga o de alteración hidrotermal, siguiendo la escala de dureza de mosh. En los núcleos analizados se utilizó principalmente para separar tipos de sulfuros e identificar silicificación de venas cuarzosas.

En ninguno de los núcleos analizados se observó evidencia significativa de magnetismo salvo en un sector donde se reconoció incipientemente presencia de pirrotina.

Se mide la extensión espacial o espesor aparente de cada cambio litológico significativo, atribuyéndose los mayores espesores registrados a esquisto negro y los menores a diques básicos. Cabe resaltar que dichos valores se denominan aparentes debido a que se toman con base al eje de la perforación más no reflejan el espesor real de las unidades.

Se realiza una observación en cuanto a grado de lixiviación y oxidación se trata, teniendo en cuenta que esto corresponde a características netamente superficiales y que afectan principalmente a la roca caja, donde las zonas altamente oxidadas y/o lixiviadas presentan muy bajos valores de mineral mena según la clasificación macroscópica de núcleos.

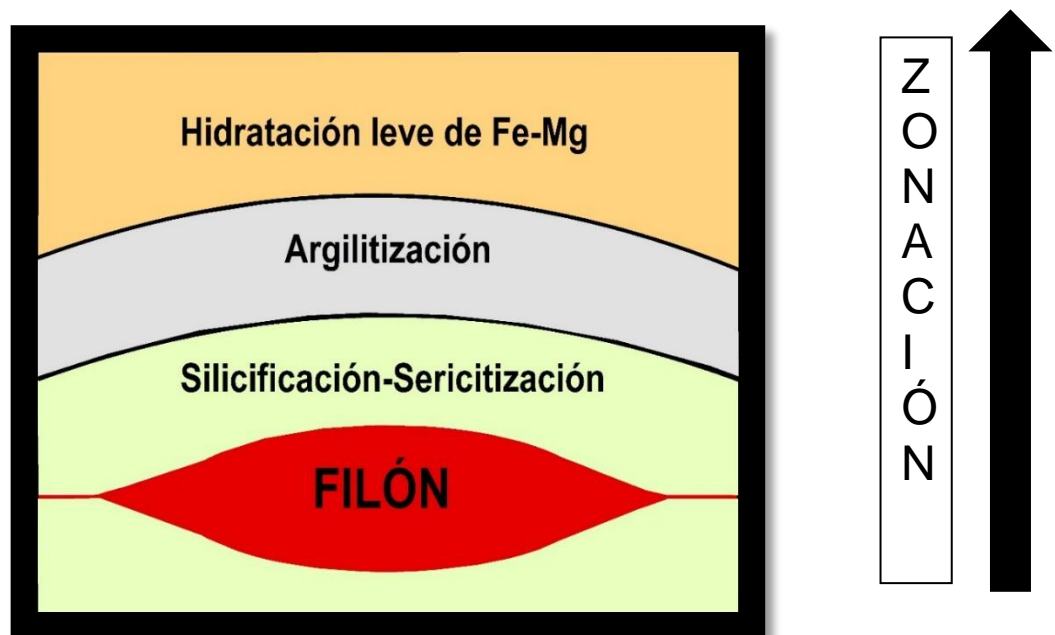
Se registra no sólo algún tipo de estructura generada por deformación como crenulación o augen, sino a su vez la profundidad a la que se encuentra ésta, con el fin de asociarlo a uno o más de un régimen estructural regional conocido (cabe mencionar que este no es un objetivo del presente trabajo).

### 12.3.3.1. Descripción de alteraciones hidrotermales

Se describen los principales minerales de alteración y al final se da un nombre a la alteración, en la mina El Gran Porvenir es común encontrar Alteración Fílica dominante y Alteración Propilítica subordinada.

Los minerales encontrados en la descripción core hacen alusión a determinados tipos de alteración hidrotermal, es decir, la asociación clorita (clo)+carbonato (carb),+arcilla verde representan la presencia incipiente de Alteración Propilítica, mientras que la asociación arcilla blanca+qzo+sericita/muscovita (musc) evidencia Alteración Fílica o Sericítica (Guilbert et al., 1986). Por otro lado, silicificación y carbonatación son comunes en casi todos los pozos descritos.

A continuación se presenta una analogía entre lo descrito en las perforaciones con lo conocido en la literatura: Helgeson plantea un modelo idealizado de alteración hidrotermal en un filón, donde la constante relación sericita+cuarzo (aparentemente recristalizado) en la parte superior de éste se asemeja bastante a lo encontrado en los pozos descritos, con mayor influencia en AET-007, AET-008 y AET-009 respectivamente.



**Figura 38.** Zonación típica de alteración hidrotermal en un filón (Helgeson 1964).

El mayor espesor registrado para un halo de alteración en los núcleos descritos es de 10-15m en el pozo AET-007 extraído por la empresa Oro Andes resources.



Mientras que en los diques aplíticos es posible identificar finas vetillas de cuarzo y presencia de arcillas como alteración hidrotermal incipiente, sin embargo esta última observación necesitaría de estudios a futuro como difracción de rayos x.

### **12.3.3.2. Descripción de la mineralización**

Se describen las mineralizaciones encontradas en la roca caja y en las estructuras sean diques, fallas, vetas etc. De acuerdo a la clasificación MACROSCÓPICA realizada durante la etapa de descripción de núcleos y en los recorridos por la mina se tiene que los minerales mena encontrados tanto diseminados como en cintas sobre las estructuras mineralizadas en orden de mayor abundancia son: Pirita (py), Galena (ga), Esfalerita (sph), Calcopirita (cpy), Scheelita (schee), Pirrotina (po), Malaquita (mq). Donde la baja concentración de éste último mineral (mq) refleja empobrecimiento supergénico de cobre en el depósito.

La mineralización se da en vetas cuarzosas de aspectos lechosos y localmente drusiformes con direcciones predominantemente NE (10-30°) y buzamientos NW (35-55°). Con variaciones locales en el rumbo que pueden ir hasta NE (45°) y buzamientos de hasta NW (70°) como en el caso de la mina Oasis. Estas variaciones se acomodan al tren estructural regional paralelo de fallas mayores como la Falla Mulatos y Palestina.

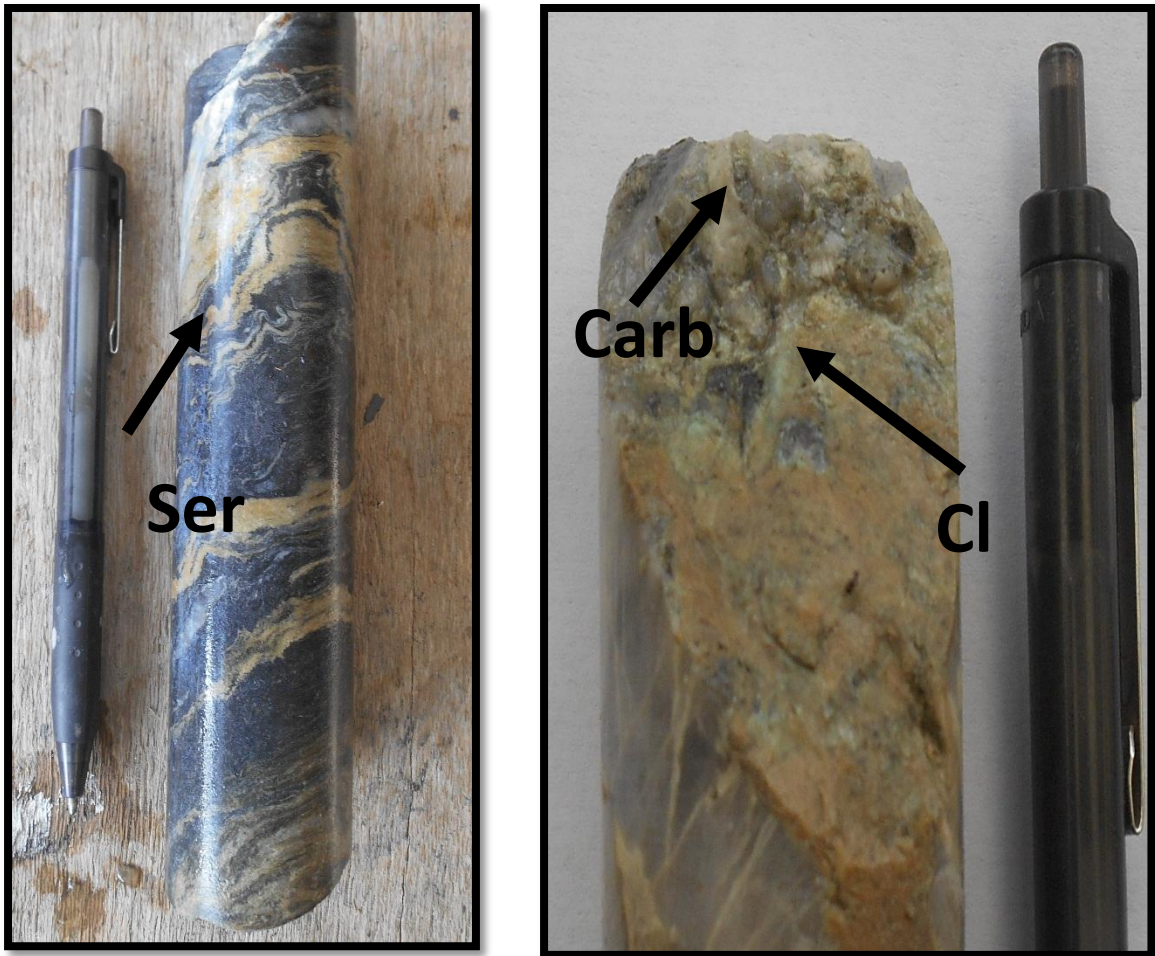
La mineralización se da en vetas cuarzosas con espesores variables de acuerdo a la geometría sigmoidal de estas y a la unión de varias estructuras tanto en el rumbo como en el buzamiento, dando espesores centimétricos e incluso vetas con espesores hasta de 5 metros.

La separación entre vetas es variable y puede llegar a ser de 30 mts según se evidencia en el corte geológico y a las cruzadas que se han realizado para interceptar estructuras en el shoot de la mina El Gran Porvenir.

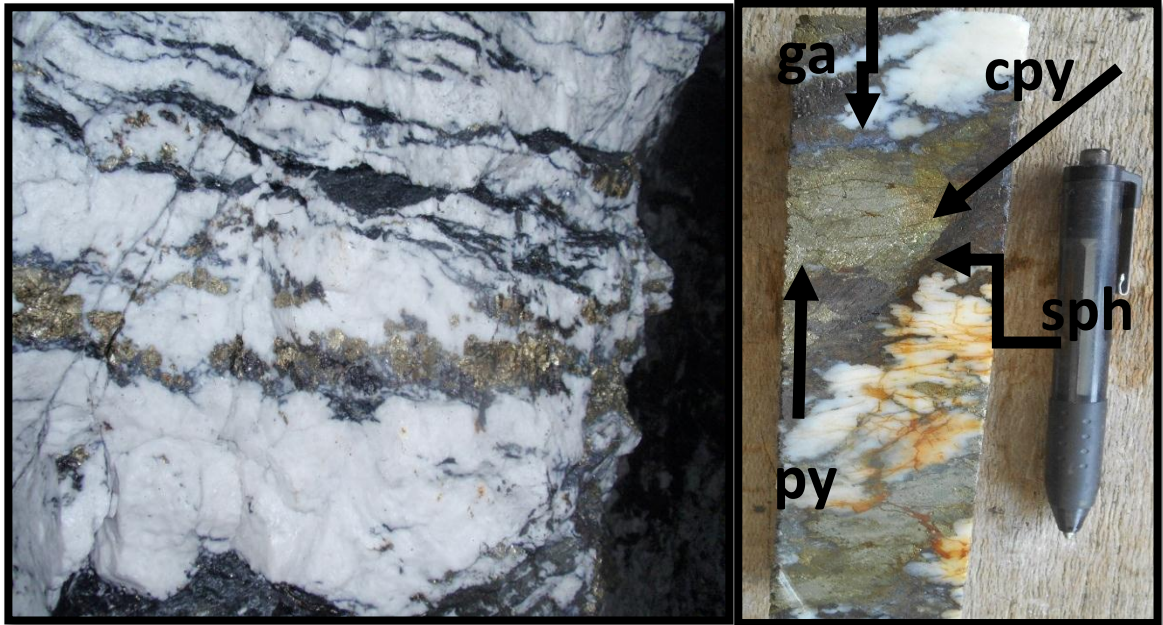
Se evidencia un alto contenido de pirita diseminada en los esquistos, esta pirita es cúbica y se puede asociar a condiciones singenéticas al metamorfismo, por lo tanto su presencia no indica altos valores de oro.

### **12.3.3.3. Descripción de estructuras**

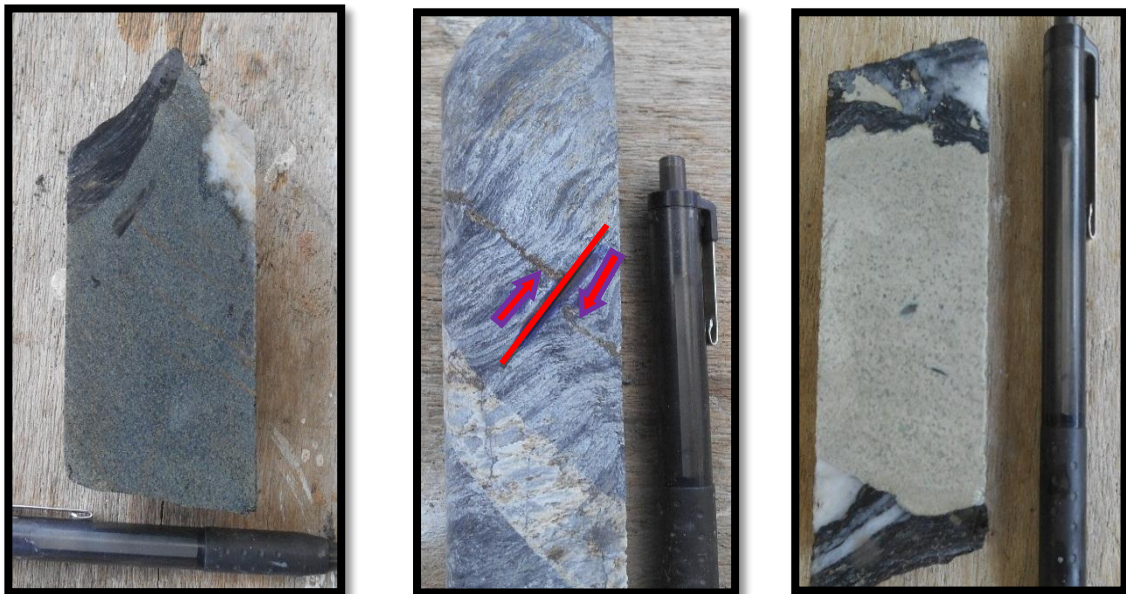
Se describen contactos, estructuras como diques, vetillas, venas, y vetas. Durante estas observaciones se deben tomar datos de los ángulos y la mineralización que presentan.



**Figura 39.** Minerales de alteración hidrotermal en los núcleos de perforación donde Ser: Sericitación, Carb: Carbonatación y Cl: Cloritización.



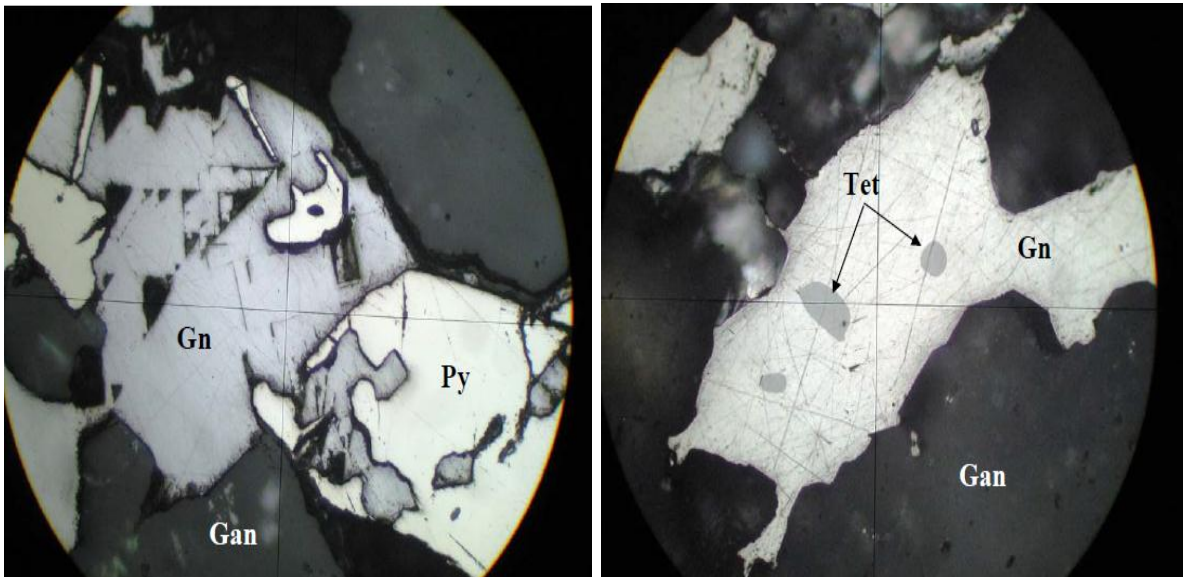
**Figura 40.** Mineralización sobre veta de cuarzo donde ga (galena), sph (esfalerita), py (pirita), cpy (calcopirita). A la izquierda veta de cuarzo a nivel de afloramiento, a la derecha veta de cuarzo en núcleo de perforación.



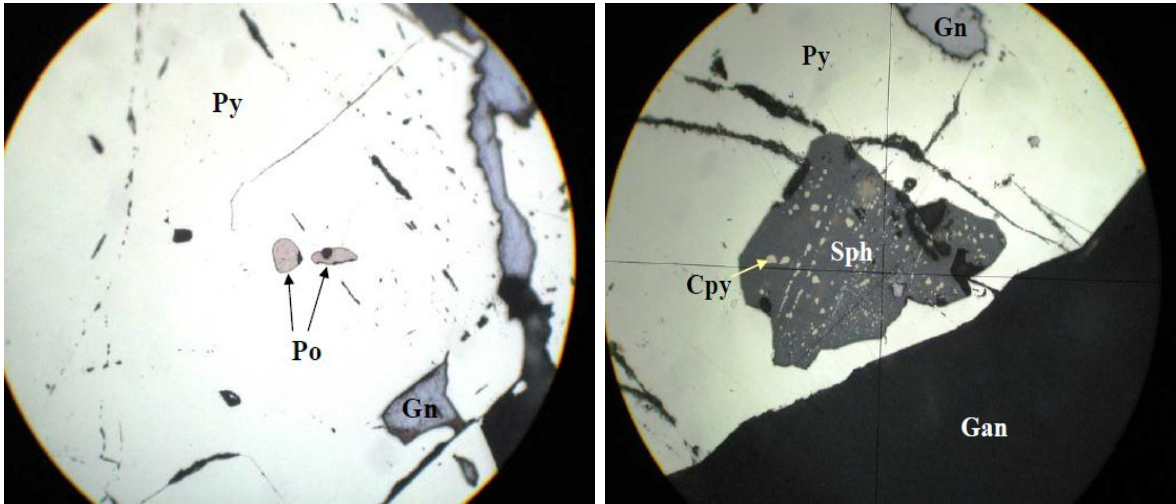
**Figura 41.** Estructuras de menor tamaño identificadas en núcleos de perforación, a la izquierda dique básico, al centro microfalla cortando venilla de sulfuros, a la derecha dique aplítico.

### 13. METALOGRAFÍA MINA EL GRAN PORVENIR

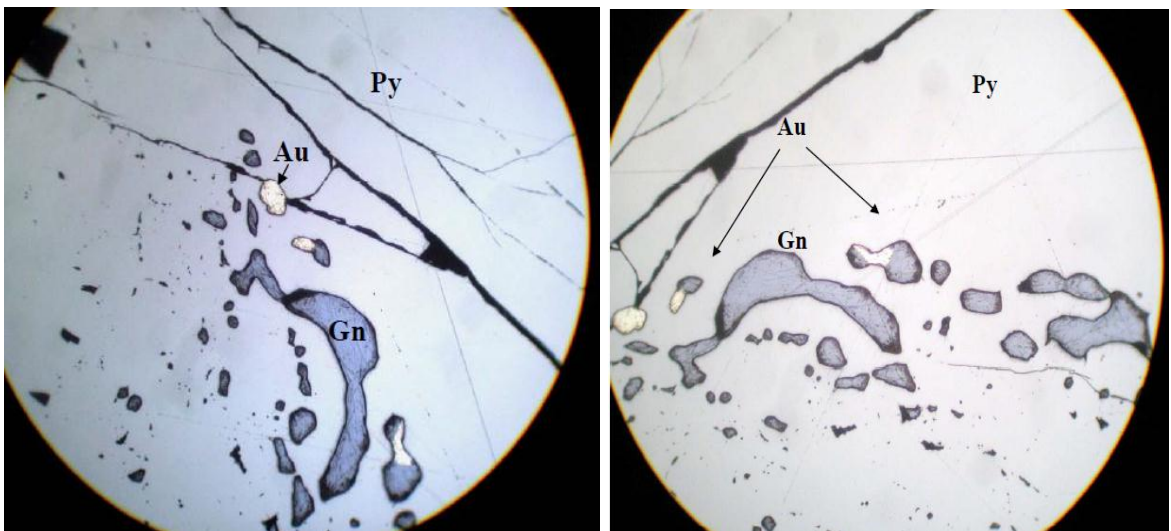
Con base a la metalografía de 5 secciones pulidas los principales sulfuros constituyentes, a saber, mayoritariamente son galena (50%), pirita (30%), esfalerita (15%). Adicionalmente fueron identificados como accesorios tetraedrita (2%), calcopirita (2) y pirrotina (1%) además de granos de oro claro está. La siguiente caracterización la realizó el ingeniero geólogo Marco Antonio Márquez Godoy Ph.D. en mineralogía a pedido de la compañía minera El Gran Porvenir.



**Figura 42.** A la izquierda grano de galena (ga) mostrando pits triangulares, intercrecido con minerales ganga y pirita (py); A la derecha grano de galena anhedral intercrecido con mineral ganga (gan) y con 2 inclusiones de tetraedrita (tet), 320X.



**Figura 43.** A la izquierda, inclusiones de pirrotina (po) en pirita (py); A la derecha cristal de esfalerita (sph) con intersticios de calcopirita (cpy) incluido en cristal más grande de pirita (py), 320X.



**Figura 44.** A la izquierda, inclusión de oro (Au) en pirita (py), asociada a fractura en el cristal. A la derecha inclusiones bifásicas de oro (Au), galena (Gn) en pirita (Py), 320X.





## 14. FORMATO Y METODOLOGÍA EMPLEADA EN LA DESCRIPCIÓN DE NÚCLEOS DE PERFORACIÓN

Teniendo en cuenta las propiedades anteriores se diligencia un formato con las respectivas especificaciones que requiere la compañía al momento del logueo; la primera tabla denominada “Drill Log” se compone de la información básica necesaria que le permite reconocer al lector ¿dónde, cómo y quién? realizó la perforación, así mismo describir y clasificar la roca litológicamente, extensión de los intervalos según tipo de roca, principales minerales de mena, minerales de alteración hidrotermal etc. Al final de la descripción este formato se asemeja a una columna estratigráfica.

La segunda tabla denominada “Geotech” consiste en el análisis de las propiedades mecánicas, principalmente el RQD (Rock Quality Designation), y la descripción de recuperación de núcleos dado en porcentajes. Así mismo se registran las diferentes corridas con su diámetro.

La tercera tabla corresponde al “Core Box” la cual permite conocer las profundidades que se han alcanzado tanto al comienzo de las cajas portanúcleos como al final de las mismas. Para la marcación de estas profundidades se debe tener en cuenta la recuperación justo en la zona de inicio y fin de caja. Esta marcación se hace en los bordes de la caja con marcador permanente.

La cuarta tabla pertenece a “Structures” que como su nombre lo indica es un resumen de las estructuras encontradas a lo largo de toda la perforación con su respectivo ángulo, profundidad y mineralización metálica (si la presenta), estas estructuras pueden ser: Diques, vetas ( $\geq 10\text{cm}$ ), venas ( $\leq 10\text{cm}$ ), contacto entre unidades, fallas, indicadores cinemáticos, crenulación etc.

La quinta tabla se denomina “Sample Form” donde se lleva el registro de las muestras tomadas y que serán enviadas al laboratorio local, esta selección de información se ha llamado en este trabajo “muestreo por logueo o muestreo core”, cada muestra posee un código (e.g. GP-DH-00080) donde GP (Gran Porvenir), DH (Drill hole) y 00080 correspondería a la numeración de la muestra.



**SOPORTE EN LABORES DE EXPLORACIÓN Y  
EXPLORACIÓN DE UN YACIMIENTO AURÍFERO  
VETIFORME- MINA EL GRAN PORVENIR DEL LIBANO S.A.**



<b>MGP-10-01</b>																
<b>Asmit:</b>					<b>UTM Northing (m):</b>					<b>Machine</b>						
<b>Dip:</b>					<b>UTM Easting (m):</b>					<b>Date Started:</b>						
<b>Total Depth (m):</b>					<b>Elevation (m):</b>					<b>Date Completed:</b>						
<b>Localization:</b>					<b>logged by:</b>					<b>Labotation:</b>						
<b>Objeto:</b>					<b>CORE SIZE</b>					<b>From To</b>						
<b>Results:</b>					<b>CASING</b>					<b>Meters</b>						
					<b>HQ</b>											
					<b>MQ</b>											
					<b>BQ</b>											
DATE	TIME	TI	LVMT	UBIANA	DESCRIPTION	TYPE	ANULOS	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	COMMENTS	
	0:00	FS34	FS34	SCHT	ROCA FRESCA ESQUILTO NEGRO CON VENAS DE CUARZO ALGUNAS CORTA LA DIRECCION DE FOLIACION CASI PERPENDICULARMENTE. POSIBLEMENTE SE PRESENTE ALTERACION HIDROTHERMAL (COLOR COBRE) DADA POR SEROTIZACION? SE PRESENTA A P/ DISEMINADA METAMORFICA PERO DE FORMA CLASICA, MUY OXIDADA Y SIGUIENDO LOS PLANOS DE FOLIACION, NO SE EVIDENCIA MANEJAMIENTO EN NINGUN SECTOR, NO SE PRESENTA NI MUY FRACTURADO.	EQ3	FS34	70	2							NO SE EVIDENCIA FASES DE ESQUILTO VERDE INTERCALADAS.
	FS34	FS60	126	SCHT	ROCA FRESCA ESQUILTO NEGRO CON ABUNDANTE ALTERACION HIDROTHERMAL (FRAMAS COLOR COBRE POSIBLEMENTE SEROTIZACION?) CON VENAS DE CUARZO Y CARBONATO EN MENOR PROPORCION AL SECTOR ANTERIOR, LA MINERALIZACION Y LOS OXIDOS DE FE NO SON MUY VISIBLES, SIN MAYOR FRACTURAMIENTO.	EQ3	126	71								NO SE EVIDENCIA A SIMPLE VISTA MINERALIZACION DE NINGUN TIPO.

**Tabla 7.** Formato Drill log, mina El Gran Porvenir.



SOPORTE EN LABORES DE EXPLORACIÓN Y  
EXPLORACIÓN DE UN YACIMIENTO AURÍFERO  
VETIFORME- MINA EL GRAN PORVENIR DEL LIBANO S.A.



CORE BOX MGP-10-01			OBSERVATIONS
Box number	Interval		
	From	To	
1	0,00	4,70	POZO#01
2	4,70	9,40	
3	9,40	14,90	
4	14,90	19,75	
5	19,75	24,65	
6	24,65	29,70	
7	29,70	34,55	
8	34,55	39,50	
9	39,50	44,25	
10	44,25	48,90	

Tabla 8. Formato Core box, mina El Gran Porvenir.

GEOTECH MGP-10-01									OBSERVACIONES
No	INTERVAL		TOTAL m	CORE SIZE	REC.	R.Q.D.	% RECUP.	%RQD	
	FROM	TO							
1	0,00	1,70	1,70	NQ	1,50	1,06	88,24	62,35	POZO#01
2	1,70	3,20	1,50	NQ	1,45	1,02	96,67	68,00	
3	3,20	4,10	0,90	NQ	0,68	0,43	75,56	47,78	
4	4,10	5,60	1,50	NQ	1,48	1,14	98,67	76,00	
5	5,60	7,20	1,60	NQ	1,48	1,34	92,50	83,75	
6	7,20	8,20	1,00	NQ	0,95	0,25	95,00	25,00	
7	8,20	8,70	0,50	NQ	0,47	0,00	94,00	0,00	
8	8,70	9,00	0,30	NQ	0,21	0,00	70,00	0,00	
9	9,00	10,30	1,30	NQ	1,05	0,00	80,77	0,00	
10	10,30	11,80	1,50	NQ	1,20	0,00	80,00	0,00	
11	11,80	13,30	1,50	NQ	1,30	0,11	86,67	7,33	
12	13,30	15,00	1,70	BQ	1,40	0,69	82,35	40,59	
13	15,00	16,60	1,60	BQ	1,56	1,25	97,50	78,12	
14	16,60	16,80	0,20	BQ	0,17	0,00	85,00	0,00	
15	16,80	18,40	1,60	BQ	1,45	0,95	90,63	59,38	
16	18,40	20,00	1,60	BQ	1,49	0,98	93,12	61,25	
17	20,00	21,60	1,60	BQ	1,59	1,31	99,37	81,87	
18	21,60	23,20	1,60	BQ	1,52	1,20	95,00	75,00	
19	23,20	26,50	3,30	BQ	3,05	2,41	92,42	73,03	
20	26,50	28,20	1,70	BQ	1,49	1,15	87,65	67,65	

Tabla 9. Formato Geotech; mina El Gran Porvenir.



**SOPORTE EN LABORES DE EXPLORACIÓN Y  
EXPLOTACIÓN DE UN YACIMIENTO AURÍFERO  
VETIFORME- MINA EL GRAN PORVENIR DEL LIBANO S.A.**



No	STRUCTURES / MINERALISATION MGP-10-01									
	STRUCTURES					MINEARALISATION				
	TYPE	FROM	TO	m	ANGLE	TYPE	min 1	abund	min 2	abund
1	V	31,06	31,34	0,28	35	V	PY	1		
2	V	65,5	65,69	0,2	IRREGULAR	V	PY	2		
3	V	71,8	72,12	0,3	IRREGULAR	V	PY	3	CPY	1
4										

**Tabla 10.** Formato Strcutures; mina El Gran Porvenir.

SAMPLE FORM										
DH	MGP-10-01-POZO#1.									
SAMPLED BY										
DATE	20/03/2014									
SAMPLE NUMBER	INTERVAL		BOX	TOTAL	REC	% RECUP.	OBSERVATIONS	LAB. RESULTS		
	FROM	TO		m				Au gr/t	Ag gr/t	LAB.
GP-DH-00070	62,35	64,05	13	1,7	0,97	57,06	Esquisto Negro			Lab.Mina Gran Porvenir
GP-DH-00071	64,05	65,61	14	1,56	0,87	55,77	Esquisto Negro			Lab.Mina Gran Porvenir
GP-DH-00072	65,61	66,00	14	0,50	0,50	100,00	Veta de Cuarzo			Lab.Mina Gran Porvenir
GP-DH-00073	66,00	66,70	14	0,70	0,62	88,57	Esquisto Negro			Lab.Mina Gran Porvenir
GP-DH-00074	66,70	67,50	14	1,20	0,85	70,83	Esquisto Negro			Lab.Mina Gran Porvenir
GP-DH-00075	69,7	70,6	15	0,90	0,77	85,56	Esquisto Negro			Lab.Mina Gran Porvenir
GP-DH-00076	70,59	71,75	15	1,36	1,18	86,76	Esquisto Negro			Lab.Mina Gran Porvenir
GP-DH-00077	71,75	72,18	15	0,74	0,31	41,89	Veta de Cuarzo			Lab.Mina Gran Porvenir
GP-DH-00078	72,18	73,45	15	0,91	0,91	100,00	Esquisto Negro			Lab.Mina Gran Porvenir
GP-DH-00079	73,45	74,5	15	1,05	0,58	55,24	Esquisto Negro			Lab.Mina Gran Porvenir

**Tabla 11.** Sample Form; mina El Gran Porvenir.



## 15. INTERPRETACIÓN DE ESTRUCTURAS A PARTIR DE SECCIÓN W-E EN LA ZONA DE ESTUDIO

A partir de la posición de algunas perforaciones, tales como AET-003, AET-004, AET-005, AET-006, AET-007, AET-008 y AET-009 es posible llegar a un modelo idealizado espacial de los cuerpos de interés presentes en la zona de estudio; cabe resaltar que debido a que la mineralización es controlada tectónicamente el término “estructura” en este trabajo hace alusión a zonas de cizalla y/o fallas locales que pueden servir como conducto a la mineralización.

Se identifican 4 estructuras diferentes cuya manifestación más superficial es detectada con las perforaciones AET-007, AET-008, AET-009 entre los 95 y los 111 metros de profundidad aproximadamente, con un buzamiento estimado de 30 grados, esta estructura se presenta muy aislada espacialmente de las demás. Por ende se recomienda a futuro realización de nuevas campañas de exploración brownfield pensando en delimitar de mejor manera los demás cuerpos de este tipo identificados en las perforaciones.

Posteriormente se identifica un cuerpo con 40-45 grados de inclinación en promedio entre los pozos AET-005,006 y 007, aclarando que AET-008, AET-004 y AET-003 si bien no presentan estructuras vetiformes al momento de correlacionar cotas es evidente en los núcleos la influencia de cizallamiento a los 20 y 261,19 metros respectivamente; en lo que respecta al sondaje AET-009 para este caso, no se presentan indicios de cizallamiento o manifestación de sulfuros, por tanto es especulativo el cierre de este cuerpo a los 1500m.

En un intervalo de mayor amplitud se delimita la estructura más importante ya que incluye la mayoría de las labores actuales de tunelería en mina gran porvenir.

Dicha estructura se encuentra en todas las perforaciones realizadas AET-003, 004, 007,008 y AET-009 a los 130, 113, 318,320 y 330,7 metros respectivamente.

El buzamiento de esta puede variar entre 45 a 35 grados en dirección oeste según lo extrapolado en el corte, lo que coincide con los datos tomados en trabajos subterráneos durante la etapa de muestreo en los túneles y demás observaciones de campo. En el caso de las perforaciones AET-005 y AET-006 es necesario explicar que no se evidencia mineralización de vetas cuarzosas a partir del análisis de perforaciones, sin embargo, dicha interpretación se lleva a cabo teniendo en cuenta el seguimiento de un posible conducto como zonas de cizalla donde el fluido mineralizante pudo movilizarse y emplazarse posteriormente en un determinado sector según las propiedades mecánicas de la roca encajante, en este caso la unidad esquistosa que conforma el basamento. En AET-005 la



SOPORTE EN LABORES DE EXPLORACIÓN Y  
EXPLOTACIÓN DE UN YACIMIENTO AURÍFERO  
VETIFORME- MINA EL GRAN PORVENIR DEL LIBANO S.A.



estructura se evidencia a los 170 m, mientras que en AET-006 se observa levemente a los 190m.

Finalmente se observa una pequeña estructura en AET-005,006 y 004 (éste último sondaje evidencia leve cizallamiento entre los 150-160 metros de profundidad) de menor buzamiento en comparación con las demás; En este cuerpo se idealiza un adelgazamiento progresivo hasta casi desaparecer cerca a los 1455m, sin embargo, no se descarta que a mayor profundidad continúe hacia el oeste.

La interpretación realizada en este perfil permite definir que el cuerpo proyectado y asociado a la veta del Shoot de Gran Porvenir en algunos sectores puede ramificarse en función de la variación de su buzamiento y ocasionalmente volver a conjugarse en una sola (e.g. entre los 1490 y los 1510m), tal es el caso de las perforaciones AET-007 principalmente AET-008 y 009.

En el perfil se observan los niveles subterráneos o guías con su respectiva cota del túnel 2, nótese la distribución de éstos 7 dentro de la estructura desde 1559 hasta 1480 m.s.n.m.

En el sector más occidental del perfil puede proyectarse una posible unión de estructuras entre los 1430 y los 1415 metros de profundidad, esto suponiendo que todas ellas sean más o menos continuas en cuanto a extensión y buzamiento se trata. Esta última apreciación puede ser útil debido a que hasta la fecha los trabajos subterráneos no llegan a tal cota.



**Figura 45.** Plano mina El Gran Porvenir en planta señalando la dirección del corte A-A; En color rojo: guías, café: curvas de nivel, azul: drenajes.

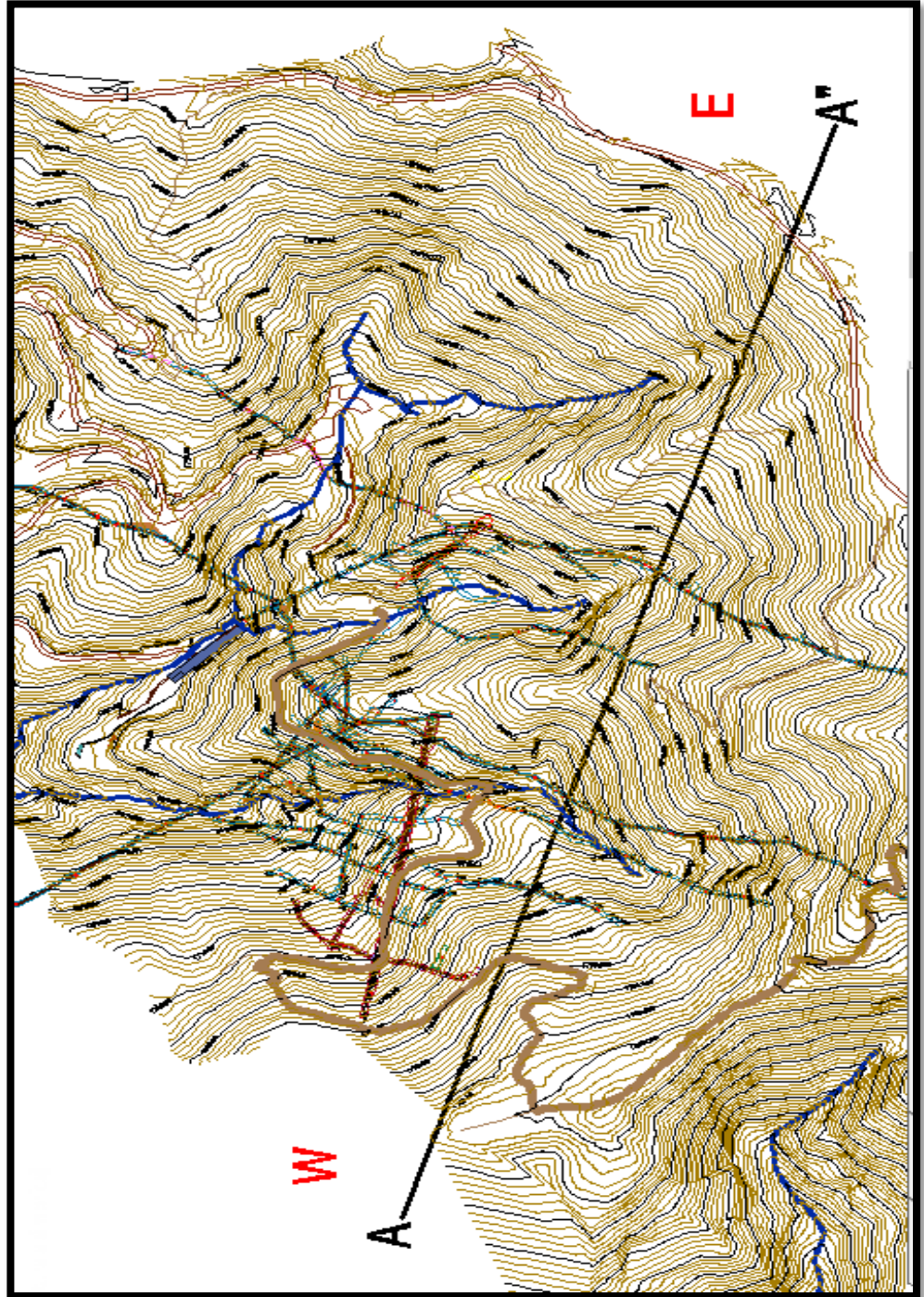
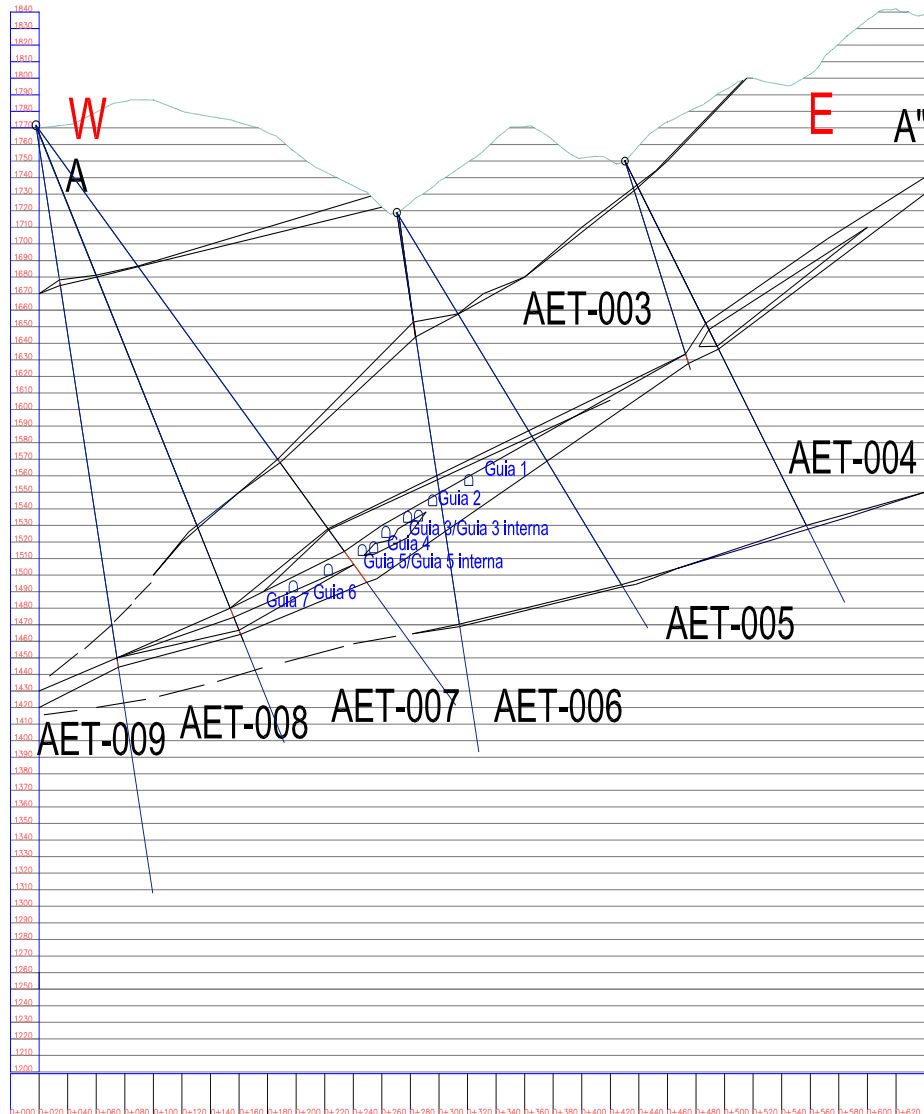


Figura 46. Zoom Figura 45.





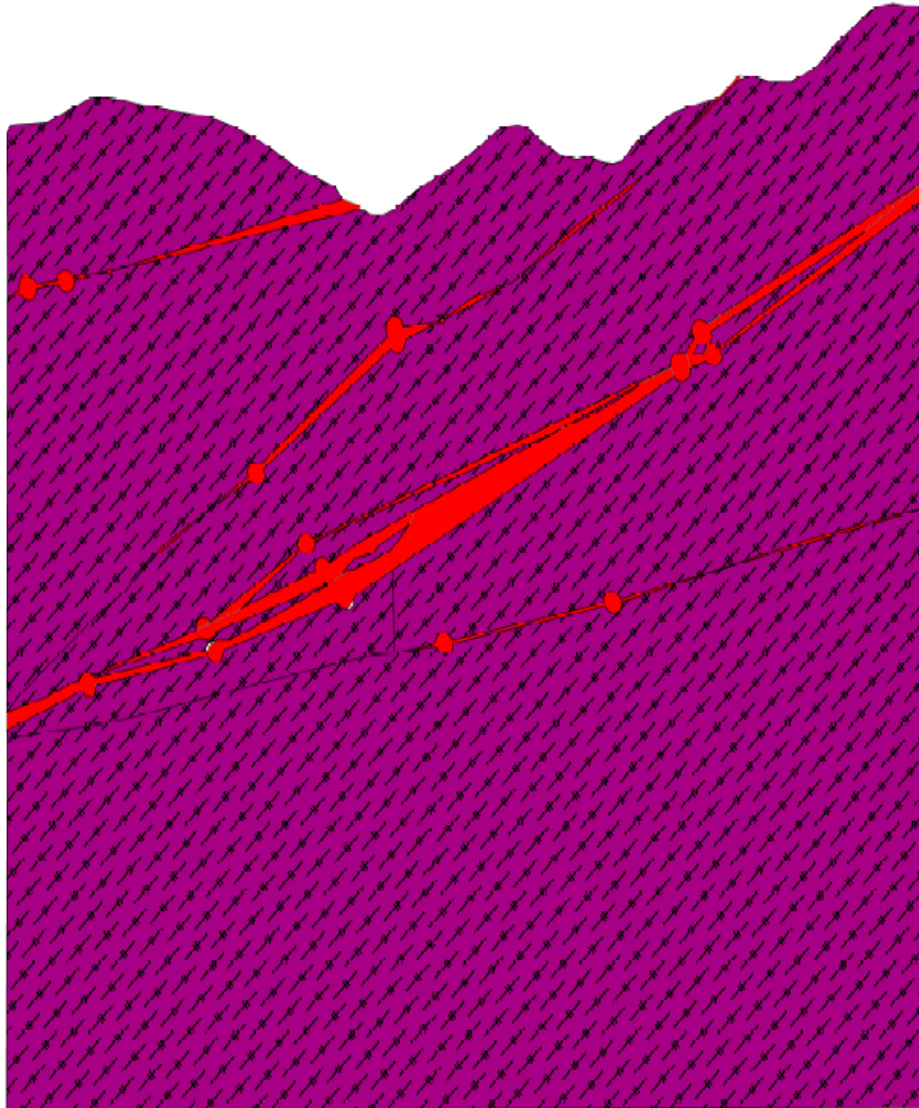
**Figura 47.** Perfil topográfico A-A'' en dirección oeste-este de la zona de estudio escala 1:2500; Nótese en líneas color negro la estructura general, en rojo el área mineralizada, en líneas discontinuas las proyecciones idealizadas de la zona de cizalla, en azul las perforaciones junto con los respectivos niveles subterráneos.

W

A

E

A''



**Figura 48.** Perfil geológico W-E idealizado mina El Gran Porvenir, escala 1:2500;  
Donde el achurado morado representa el basamento metamórfico y las franjas  
rojizas la mineralización asociada a zonas de cizalla que afectan el macizo rocoso.

## 15.1. MODELAMIENTO 3D SONDAJES MINA EL GRAN PORVENIR

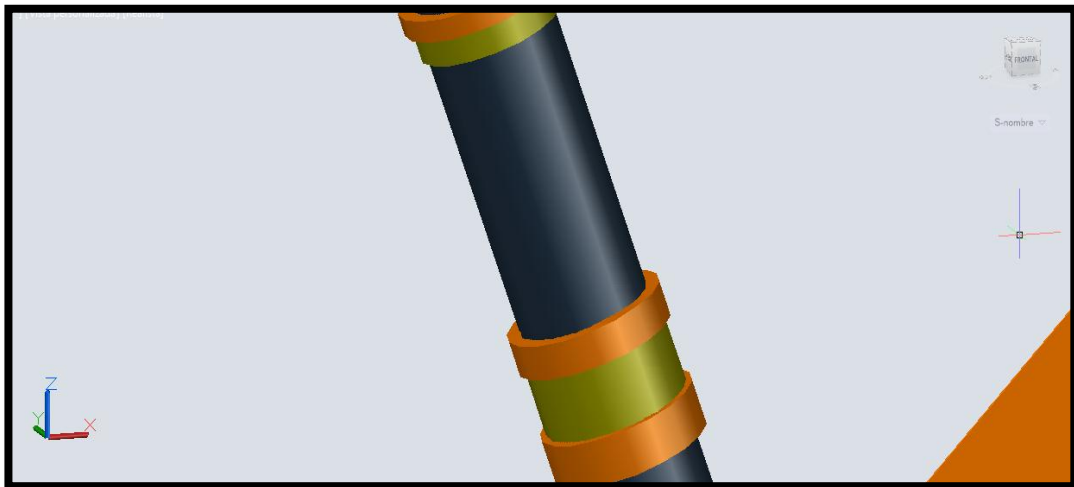
Esta etapa del trabajo involucra el manejo del software Autocad 3D Civil, apoyado de un mapa topográfico de guías y tambores donde se adicionan esquemas de las perforaciones y sus características litológicas (obtenidas durante la etapa de logueo) en 3 dimensiones; Esto con el fin de tener una mejor perspectiva de la disposición espacial de las estructuras buscadas.

Se construyen sólidos a partir de la siguiente información:

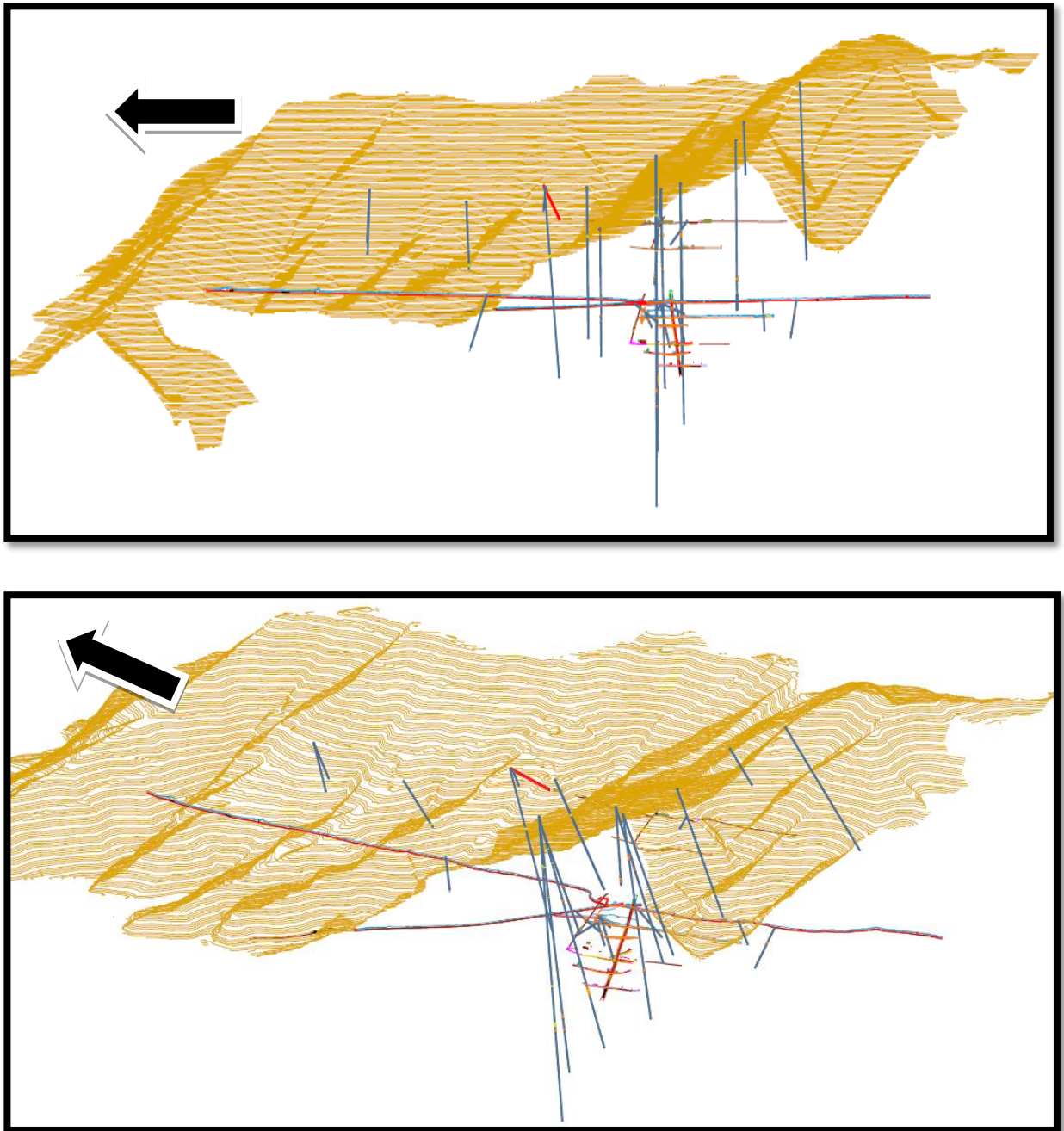
-Profundidad, Inclinación y Azimut de la perforación.

Así mismo se le asignan a éstos convenciones diferentes de tal manera que reflejen distintas unidades litológicas; en este trabajo debido al enfoque económico se denominó “roca estéril” a todo lo que corresponda a esquisto (ya sea verde, sericítico, grafitoso) y es identificado con un color negro, mientras que a los cuerpos vetiformes y diques aplíticos un color naranja “zona de interés” y un color verde respectivamente.

La principal interpretación espacial de filones se centra en los pozos AET-005, AET-006, AET-007, AET-008, AET-009 y AET-010 debido a que en este sector se concentra el Ore Shoot, es decir, lo que en este trabajo hace alusión a la zona de enriquecimiento de mineral mena como se mencionó anteriormente.



**Figura 49.** Convenciones litológicas en sondajes, donde: esquisto-roca caja (sericítico, verde, grafitoso) color negro, cuerpos vetiformes color naranja y diques aplíticos color verde.



**Figura 50.** Mapa de perforaciones en vista frontal y lateral respectivamente (Nótese las líneas subverticales indicando la inclinación de los pozos, las líneas color café curvas de nivel, mientras que las líneas horizontales muestran los niveles o guías de la mina El Gran Porvenir. Escala 1:2500



## 16. ETAPA DE MUESTREO Y CONTROL DE LEYES

Con el fin de seguir un control de tenores y tonelaje tanto de oro como de plata es necesario realizar constantemente una serie de muestreos, en este trabajo se mencionarán los aplicados en mina Gran Porvenir del Libano S.A. Posteriormente estas muestras son enviadas al laboratorio interno donde evidencian resultados de los metales en ppm y/o gramo/tonelada.

### 16.1. TIPOS DE MUESTREO

En mina El Gran Porvenir se aplican esencialmente 3 tipos de muestreo:

-Muestreo Aleatorio

-Muestreo Sistemático

-Muestreo Core

Se sigue un determinado código de clasificación para las muestras según el tipo, es decir, para muestreo aleatorio se emplea la letra “G” más el número de muestra; por ejemplo G-001, para muestreo sistemático sería “GP-001” donde “GP” significa Gran Porvenir seguido del número respectivo de ésta. El código empleado para el muestreo core es GP-DH-001 donde; GP=Gran Porvenir, DH= Drill Hole (Pozo) seguido del respectivo número de muestra.

#### 16.1.1. Muestreo aleatorio

Es un tipo de muestreo donde se controlan los frentes de explotación o desarrollo, valorando las concentraciones de oro y plata principalmente.

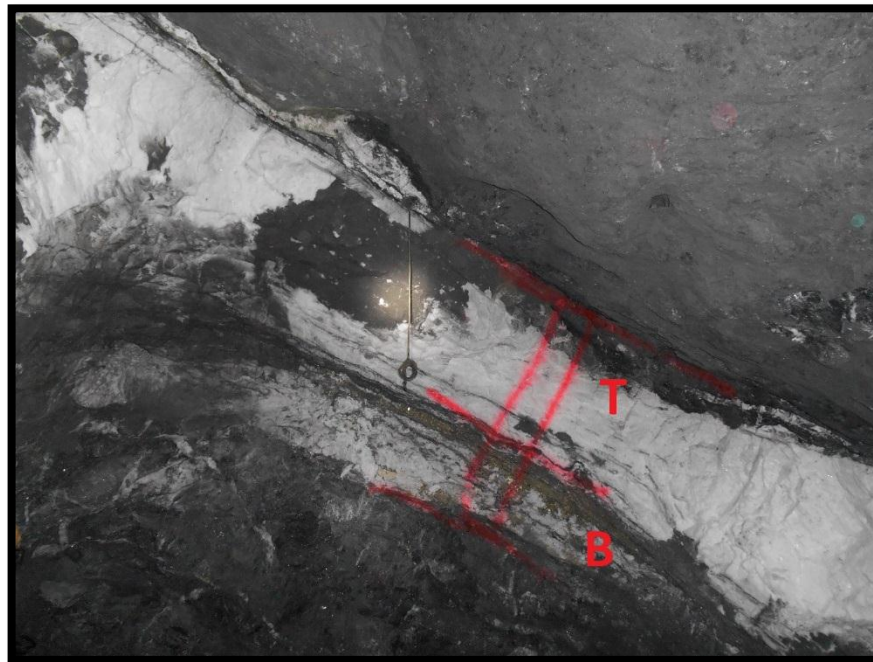
Se entiende que este tipo de muestreos no llevan una ubicación sistemática en el sitio a muestrear sino que eligen sitios en donde el geólogo desea obtener una información de tenores o simplemente darse una idea de la calidad del mineral.

Puede realizarse por diversas metodologías, es decir: canal continuo, canal discontinuo, chip panel o grab simple.

Cabe mencionar que durante la práctica académica se recolectaron alrededor de 200 muestras de este tipo, en un lapso de 4 meses aproximadamente.

#### 16.1.1.1. Muestreo en canal

Es el más empleado y confiable por su equiprobabilidad al momento de tomar la muestra, consiste en la realización de una incisión continua en la roca la cual generalmente tiene una profundidad de entre 3-5 centímetros y un ancho de máximo 10 cm, en estructuras mineralizadas se realiza transversal al espesor real de las estructuras. Normalmente el geólogo determina la longitud de la muestra dependiendo de las características del material a muestrear. En la figura 51 se observa como la estructura mineralizada se subdivide en 2 tramos al momento del muestreo: veta techo y veta piso, esto con el fin de separar una zona rica en sulfuros y con abundantes niveles grafitosos (piso) de una zona más homogénea y de aspecto lechoso (techo), esto se hace para detectar en detalle los sectores con mayor distribución de oro y plata dentro de una misma estructura.



**Figura 51.** Muestreo de canal sobre frente de explotación Cruce 7 Norte donde T: techo y B: base (nótese la plomada en la imagen dando una idea de la escala real).



### 16.1.1.2. Grab Sample

Este tipo de muestreo se realiza en pilas de mineral tanto en frentes de explotación o desarrollo así como en vagonetas de mineral o patios de acopio. Consiste en hacer una malla de puntos en la pila a muestrear y tomar fragmentos representativos en cada uno de estos puntos.

Este tipo de muestreo debe ser evitado para calcular los tenores de las labores muestreadas, pues es altamente sesgado y solo arroja una idea de la mineralización. Pueden cometerse errores en la interpretación de estos datos ya que es factible que se presenten un sinnúmero de errores al momento de muestrear, tales como la escogencia de material rico únicamente o en caso contrario de mineral pobre/estéril por cuestiones del azar o por mala operación del muestreador.

Se realiza con el fin de mantener solamente un control básico de tenores en los frentes de explotación o desarrollo y jamás debe utilizarse para estimaciones de recursos y reservas.

En cuanto al muestreo de vagonetas consiste en la recolección de material que es transportado en los vagones a través de una malla de puntos que permite tomar solamente fragmentos de la superficie del coche y no permite entrar al interior o centro de pila

El material es llevado con una pala a un recipiente donde posteriormente se mezcla para tratar de homogenizar la porción de muestra que será empacada en bolsas plásticas gruesas, sellada con cierres especiales de pasta, rotulada y enviada en seguida al laboratorio interno de compañía.

Este procedimiento se realiza cada vez que las vagonetas entran y salen del túnel con material de producción, cada uno de los dos turnos, todos los días de la semana exceptuando el domingo.



**Figura 52.** Grab Sample sobre frente de explotación Cruce 7 Norte (nótese la malla de puntos distribuida a lo largo del material extraído).



**Figura 53.** Muestreo de vagonetas; Mina Gran Porvenir del Líbano.





### **16.1.1.3. Muestreo Linear Chip**

Este tipo de muestreo si bien en este caso no es muy utilizado se emplea en algunos frentes de desarrollo y cruzadas mineralizadas con el fin de dar una idea del contenido mineral, además de obtener información puntual a lo largo de la estructura mas no a lo ancho (como se realiza en el muestreo de canal) de tal manera que se logre mantener un rango equiprobabilístico adecuado.

Se realiza debido a la alta variabilidad de tenores en las estructuras y da una idea de la distribución de oro en la veta.

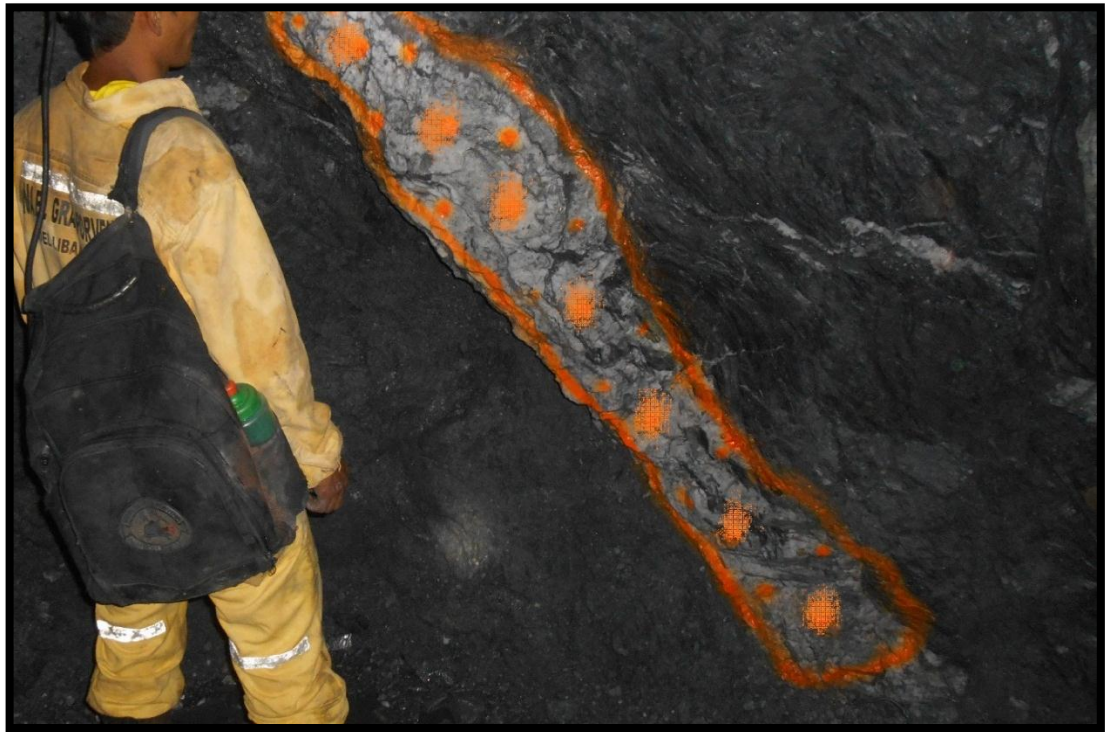
### **16.1.1.4. Muestreo Chip Panel**

Consiste en la elaboración de un cuadrado generalmente en el cual se toman puntos equidistantes donde se sacaran esquirlas del material a muestrear. Este tipo de muestreo se realiza generalmente en zonas de sulfuros diseminados. En la mina El Gran Porvenir se usa como muestra que permite conocer el rango de mineralización presente en frentes donde se ha perdido la estructura y se evidencia una mineralización irregular.

Todas las muestras son amarradas a puntos topográficos conocidos en las labores mineras y son tomadas por los auxiliares de geología que deben estar acompañados del geólogo quien tomara los datos del muestreo (localización, espesores, mineralización, datos estructurales).

Las muestras son marcadas por el geólogo y después de tomadas son puestas en bolsas plásticas debidamente rotuladas y selladas para su posterior envío al laboratorio local.

Normalmente se reciben los resultados de estas muestras a las 24 horas de haber sido recepcionadas en el laboratorio y con estos resultados se toman decisiones en los frentes mineros.



**Figura 54.** Muestreo linear chip sobre veta de qzo; Cruce 5 Norte interno Mina Gran Porvenir.

### 16.1.2. Muestreo Sistemático

A lo largo de la práctica académica se realizó muestreo sistemático de 6 niveles de explotación activos, se coordinó la recolección de 210 muestras en los niveles denominados localmente: Cruce 3 Norte interno y externo, Cruce 7 sur, Cruce 5 Norte interno en mina Gran Porvenir y Cruce 4 Sur interno, Cruce 5 Norte y Cruce 6 Sur en mina El Oasis.

El muestreo sistemático consiste en la realización de toma de muestras en intervalos definidos a lo largo de las labores mineras. Este tipo de muestreo puede ser llevado a cabo en guías, tambores, sobreguías y bloques de explotación. Normalmente en la mina El Gran Porvenir se emplean intervalos de muestreo cada 2 metros y se realiza a través de muestras de canal continuo.

En vista que el depósito presente en la zona de estudio es bastante discontinuo en muchos aspectos (tenores, morfología etc) se recomienda no ampliar el intervalo

de muestreo a más de 2 metros para mantener un rango aceptable de confiabilidad en la información, sin embargo, no siempre fue posible mantener esta distancia entre intervalos (e.g por la presencia de tolvas, trinchos etc. de gran tamaño que obstruyen la secuencialidad del muestreo).

En otras ocasiones se realizó incluso cada 1 metro o 1,5 metros con el fin de obtener mayor precisión en sectores muy cizallados y con estructuras de menor tamaño. Este tipo de muestreo es sumamente importante debido a que evidencia la mayor representatividad de valores auríferos y de plata (dados en partes por millón o gramos/tonelada) en los bloques o pilares de explotación ya delimitados con anterioridad. Es por esta razón que la información suministrada por el muestreo sistemático no sólo en mina Gran Porvenir sino en muchas otras más se utiliza para estimación de recursos y reservas.



**Figura 55.** Muestreo sistemático en guías cada 2 metros sobre veta de qzo; Cruce 3 interno Mina Gran Porvenir.

### 16.1.2.1. Muestreo sistemático en tambores

Se realizó al igual que en las guías cada 2 metros en promedio teniendo en cuenta ambas caras del tambor manteniendo a su vez intervalos equidistantes, consiste en abarcar un rango de información lo más simétricamente posible de “las aristas” de los bloques de explotación que constituyen a su vez los pilares del material que se puede o no extraer, es decir, categorización de bloques de explotación; a continuación se esquematizará la manera estándar sobre la cual en este trabajo se muestrearon tambores.

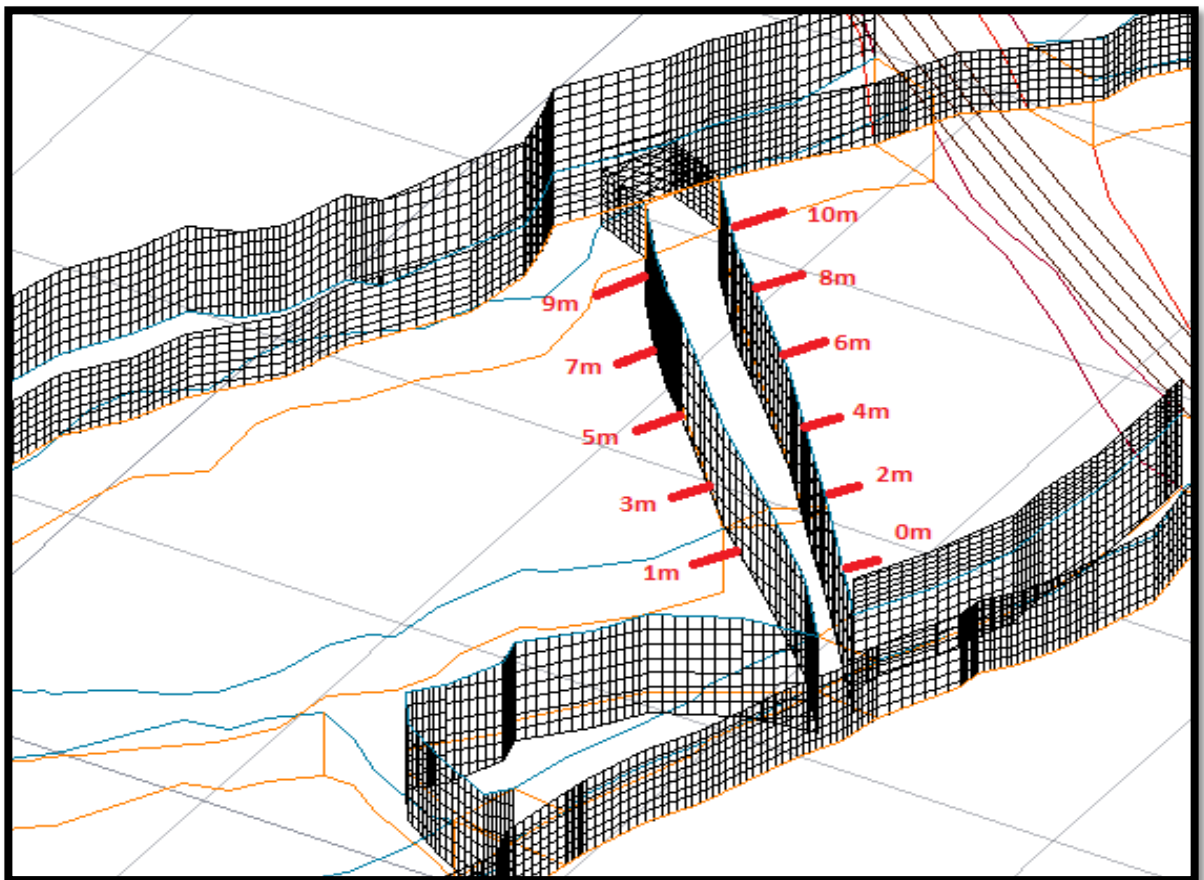


Figura 56. Metodología muestreo sistemático de tambores; Mina El gran porvenir.

### 16.1.3. Muestreo Core

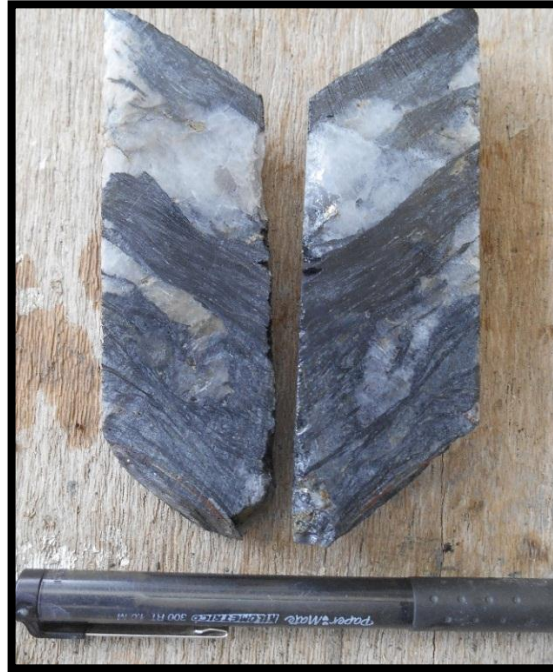
El muestreo de núcleos de perforación es una de las actividades que más protocolos de control de calidad tienen en el mundo de la exploración y evaluación de yacimientos, es una labor importante ya que de ella se desprenden los datos con los que se van a calcular los recursos minerales.

Consiste en la demarcación de intervalos de interés a ser muestreados para determinar concentraciones de elementos, que en la práctica realizada fue solamente el Au y la plata.

A lo largo de la práctica académica se recolectaron alrededor de 74 muestras core; Desde GP-DH-0065 hasta GP-DH-0139. Esto debido a que solo se muestraron las vetas y no hubo muestreo de otras litologías.



**Figura 57.** Máquina diamantina cortadora de núcleo.



**Figura 58.** Fragmento de núcleo “testigo” cortado simétricamente.

## 16.2. PROTOCOLOS A SEGUIR DURANTE EL MUESTREO

### 16.2.1. Protocolo a seguir en labores de desarrollo

-Se realiza una revisión de los frentes de explotación activos hasta la fecha mediante planos y recolección de registros de labores subterráneas actualizadas con los supervisores; se visita cada frente teniendo en cuenta que el material se extraerá por el método que sea requerido (canal, chip, grab simple).

-Una vez en el frente de desarrollo se delimita la zona a muestrear: para frentes de explotación que requieran muestreo en canal o chip: se mide con flexómetro las dimensiones y se marca con aerosol respectivamente la sección que se desea extraer.

-Posteriormente los auxiliares capacitados extraen la muestra realizando incisiones continuas en la roca con la ayuda de masetas, cinces y martillos siguiendo la dirección de la estructura, empacando así mismo la muestra tomada



en bolsas plásticas gruesas y sellándolas con cierres especiales de pasta llevando a cabo su respectiva rotulación tanto en el interior como en el exterior de la bolsa.

-Cuando se requiere extracción por Grab sample, se delimita una pequeña malla de puntos en la carga expuesta insitu (o en las vagonetas), de tal manera que dicha malla sirva como guía de recolección del material para el personal encargado. Sin embargo, cabe resaltar que esto no deja de ser una metodología aleatoria y con alto sesgo.

-Luego de la obtención de las muestras extraídas durante el día con su respectivo rotulo, los auxiliares las llevan a superficie manteniéndolas selladas.

-Posteriormente las muestras se transportan por medio vehicular, ya sean camionetas o volquetas brindadas por la empresa con la supervisión constante del geólogo encargado; el trayecto de dicho lugar hasta el laboratorio interno de la mina tarda cerca de 15 a 20 minutos.

## **16.2.2. Protocolo a seguir en labores de explotación**

### **Protocolo Muestreo sistemático**

-Delimitar en el espacio la estructura que se desea muestrear mediante una revisión de los planos internos de la mina.

-Ubicar y separar la estructura en uno o más determinados pilares de explotación, así mismo se debe tener en cuenta el número de “caras” del bloque que es y no es posible muestrear por razones de seguridad o localización, se recomienda esquematizar este procedimiento.

-Tomar un punto de referencia para empezar el muestreo (normalmente es un punto topográfico representativo ubicado con anterioridad al interior del túnel).

-Medir con una cinta métrica desde el punto de referencia la primera aparición de la estructura.

-Trazar canales con aerosol y enumerarlos a lo largo de la estructura cada 2 metros teniendo en cuenta su morfología, en el caso de mina Gran Porvenir este procedimiento requiere de mucha atención debido a lo variable que puede llegar a ser. En cuanto a lo ancho cabe mencionar que se puede muestrear tanto el techo, el centro y la base de la estructura según sus dimensiones, es decir, si ésta mide al menos 2 metros de espesor se muestrea 1 metro al techo y otro a la base.



-Los auxiliares capacitados empiezan a extraer el material por medio de martillo y cincel teniendo en cuenta cuidadosamente que se siga lo más homogéneamente la dirección del canal trazado, así mismo se registra el número de la muestra con cinta tanto en el instante que es extraída como al momento de ser empacada y sellada con cierres de pasta en las gruesas bolsas de plástico.

-Se registra ancho de la muestra, ancho del canal, ancho muestreado, localización, referencia (e.g. punto topográfico), distancia desde referencia, tipo de metodología empleada, lado muestreado, espesor del lado no muestreado de la estructura (si es visible) y descripción de ésta teniendo en cuenta datos estructurales de rumbo y buzamiento con ayuda de la brújula; cantidad, tipo y distribución de sulfuros totales visibles en la estructura así como su alta o baja homogeneidad, es decir, si presenta dentro de ella niveles importantes de roca estéril (económicamente hablando “material diluido”).

-Este mismo procedimiento se realiza secuencialmente para cada canal a los 2 metros como se mencionó anteriormente hasta muestrear toda la estructura, en este trabajo la denominada “estructura” abarca tanto cuerpos vetiformes como salbanda originada por acción de falla observándose en los bordes de las vetas y zonas de cizalla, en algunas ocasiones incluso los diques aplíticos hacen parte de los intervalos a muestrear.

- Luego de la recopilación de las muestras extraídas durante el día con su respectivo rotulo, los auxiliares pasan a llevarlas a superficie manteniéndolas selladas. Se revisa por parte de los vigilantes de seguridad el número de muestras extraídas y se registra en la base de datos.

-Posteriormente se dispone a transportar las muestras por medio vehicular, ya sean camionetas o volquetas brindadas por la empresa con la supervisión constante del geólogo encargado; el trayecto de dicho lugar hasta el laboratorio interno de la mina donde finalmente se analizarán tarda cerca de 15 a 20 minutos en realizarse.

### Protocolo Muestreo core

La metodología a seguir es la siguiente:

-Identificar la(s) estructuras con algún interés económico durante el logeo pensando ya sea en una futura explotación de aquel material o en una guía para encontrar cuerpos mineralizados (e.g.salbanda, aplita, vetas, venas qzo). De tal modo se separan manualmente, se mide con flexómetro su longitud y se rotulan intervalos a muestrear con tacos de madera desde la roca estéril circundante





hasta la estructura de interés, así se tendrá una distribución homogénea de los valores Au y Ag a lo largo de ella cuando se obtengan los resultados del laboratorio.

-Rotular la muestra siguiendo determinado código como se explicó anteriormente (e.g.GP-DH-001).

-Trazar con marcador la correcta dirección de corte teniendo en cuenta la simetría de la estructura, de tal manera que los auxiliares tengan una idea exacta de la mitad de ésta al momento de realizar la incisión en el núcleo.

-Los auxiliares se disponen a llevar las muestras rotuladas a una máquina cortadora ubicada en el laboratorio de núcleos cuyo disco posee incrustaciones de diamante para seccionar fácilmente la roca delimitada por tacos de madera con el fin de dejar un “testigo” en el laboratorio de logueo, mientras tanto el geólogo encargado supervisa esta labor.

-Empacar la muestra manual y cuidadosamente en gruesas bolsas de plástico, rotulándola de nuevo y sellándola con cierres de pasta asegurándose que cada fragmento empacado sea equivalente al fragmento dejado como testigo (figura 55). Esta labor la realiza directamente el geólogo.

-Se remiten la(s) muestras del laboratorio de núcleos al laboratorio interno de la mina por medio vehicular o en ocasiones a pie, debido al corto trayecto entre ambos lugares (8-10 minutos).

## 16.3. CÁLCULOS DE TENOR

### 16.3.1. Cálculo de tenor diluido

Los frentes que tienen estructuras definidas y que presentan anchos de veta menores al ancho de la sección de explotación, necesitan ser evaluados en cuanto a cuál será el tenor después de que realice la voladura del material sabiendo que se le agregara material estéril, esto es lo que se conoce como tenor diluido, el cual se expresa de acuerdo a la siguiente fórmula

$$\text{Tenor diluido} = \text{Ancho Veta} \times \text{Tenor veta} / \text{Ancho de la sección}$$



A manera de corroboración de esta información, normalmente se hace una muestra de canal diluido, es decir que abarque el ancho de la veta y la sección de estéril de acuerdo al ancho de explotación.

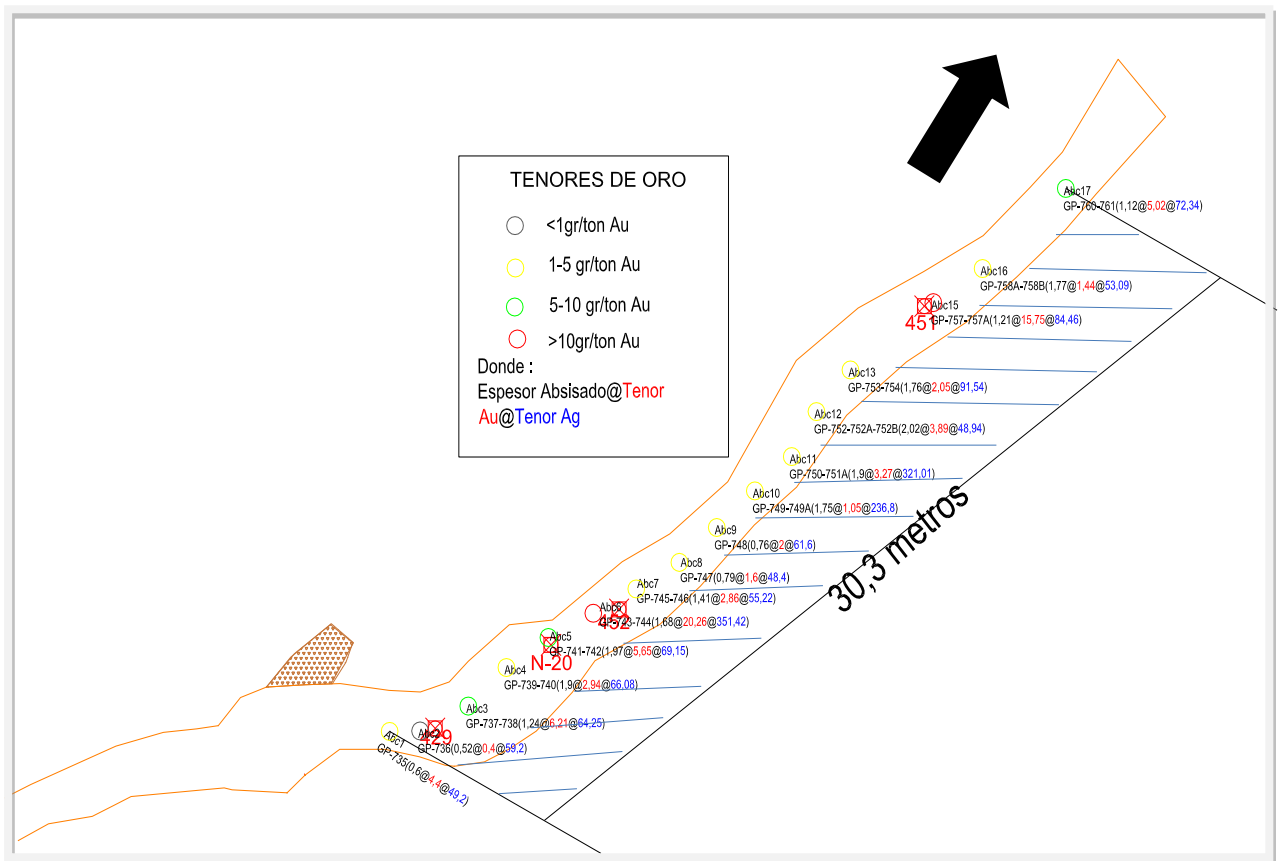
Este cálculo permite definir si el material explotado en los frentes de desarrollo está cumpliendo con el tenor que debe salir hacia la planta, de no estar dentro del rango establecido (3 gr Au/ ton) se determina que el material es estéril y se bota.

### 16.3.2. Cálculo de tenor ponderado

En una guía de la mina El Gran Porvenir se tienen puntos de muestreo cada dos metros los cuales arrojaron un dato de tenor en oro y plata donde fueron tomados los espesores de veta. Con esta información se pretende conocer cuál sería el tenor de toda la guía muestreada, que en el caso del ejemplo fue un total de 30,3 metros. Para ello entonces debe sumarse todos los ponderados de cada abscisado y determinar el tenor de toda la guía en promedio,

Espesor	Oro (g/t)	Plata (g/t)
0,6	4,4	49,2
0,52	0,4	59,2
1,24	6,21	64,25
1,9	2,94	66,08
1,97	5,65	69,15
1,68	20,26	351,42
1,41	2,86	55,22
0,79	1,6	48,4
0,76	2	61,6
1,75	1,05	236,8
1,9	3,27	321,01
2,02	3,89	48,94
1,76	2,05	91,54
1,21	15,75	84,46
1,77	1,44	53,09
1,12	5,02	72,34

**Tabla 12.** Datos de espesor, tenor de oro y tenor de plata para cálculo de tenor ponderado sobre una guía de la mina El Gran Porvenir.



**Figura 59.** Muestreo Sistemático en guías; mina El Gran Porvenir. Nótese el achurado azul indicando la zona a calcular tenor ponderado. Los valores de Au y Ag han sido modificados siguiendo las políticas de privacidad de la compañía.

Se debe aclarar que los datos de tenor no tuvieron un tratamiento para definir un tenor tope o anómalo que debiera ser tratado estadísticamente, se asumieron los valores tal cual como se obtuvieron.

Tenor Ponderado=

$$\frac{((0.6\text{m} \times 4.4\text{g/t}) + (0.52\text{m} \times 0.4\text{g/t}) + (1.24\text{m} \times 6.21\text{g/t}) + \dots + (1.77\text{m} \times 1.24\text{g/t}) + (1.12\text{m} \times 5.02\text{g/t}))}{30,3\text{m}}$$

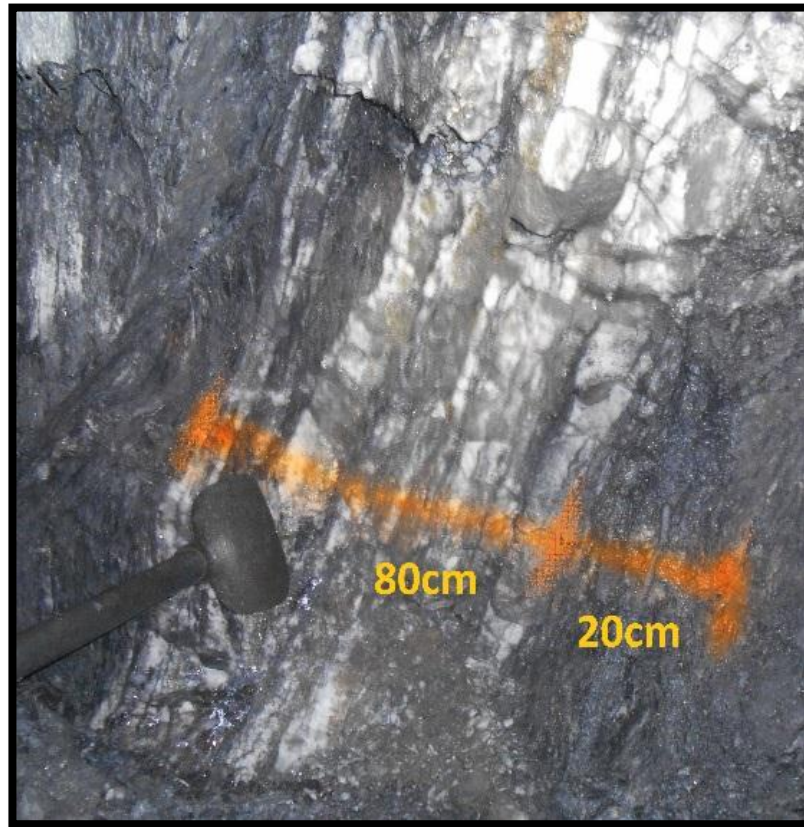
Tenor Ponderado= 114,86m.g/t / 30,3m

Tenor Ponderado en los 30,3m de la sección = 3,79 g/t Au.

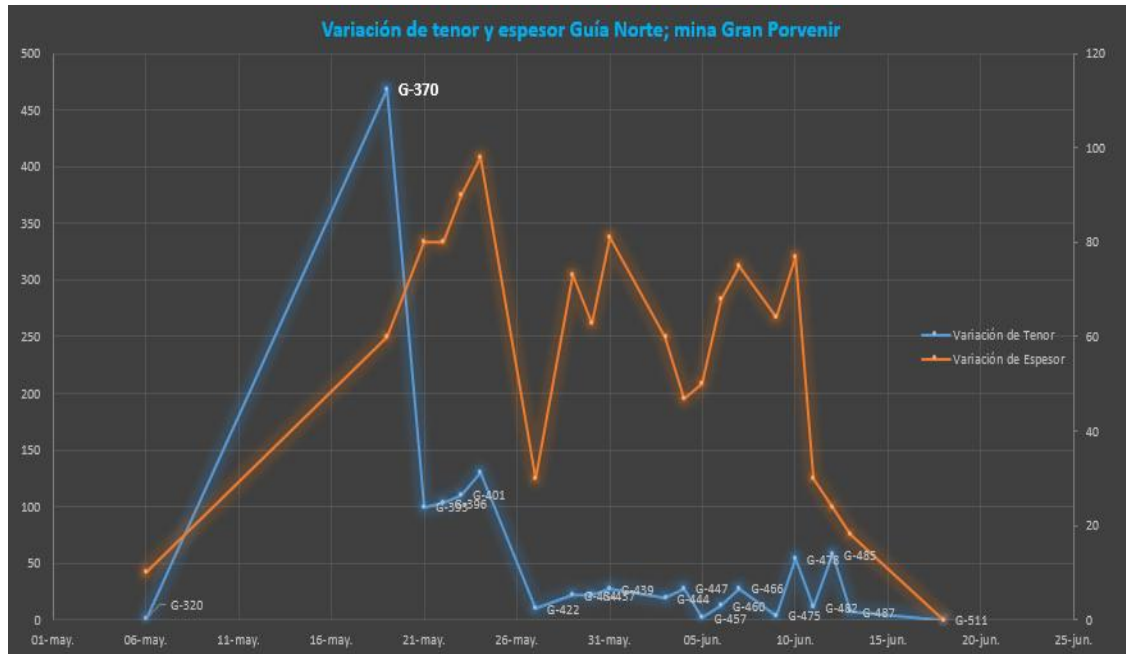
## 17. INTERPRETACIÓN DEL CONTENIDO DE LEYES EN LAS VETAS

Nótese como en la figura 60 se muestrean 2 canales, tanto la veta (80cm) como el respaldo de esquistos cizallados (20cm), dichas muestras se llevan al laboratorio interno de la mina de tal modo que puedan suministrar al geólogo encargado información de leyes de Au en cada canal.

En vista que este procedimiento se llevó a cabo frecuentemente se logró concluir que los tenores en Au y Ag no siempre evidencian una relación directa en función del espesor de la veta cuarzosa, ya que altos valores de oro pueden asociarse también a la zona de gauge que rodea la misma.



**Figura 60.** Muestreo en canal realizado sobre veta de qzo y salbanda infrayacente, guía Norte mina Gran Porvenir.



**Figura 61.** Relación entre variación de tenor y espesor con base a muestreos en un frente de desarrollo, guía Norte mina Gran Porvenir.



## 18. PROTOCOLO LABORATORIO INTERNO MINA EL GRAN PORVENIR

El laboratorio de la mina El Gran Porvenir es un laboratorio en el cual se obtienen los valores de oro y plata de las muestras de mina, geología y planta de beneficio. Tiene una capacidad para analizar 30 muestras sólidas día. Cuenta con un personal debidamente calificado el cual trabaja en dos turnos para cumplir los requerimientos de la mina.

La determinación de los valores de oro y plata se realizan mediante ensayos al fuego. Los procesos que se realizan son los siguientes:

### 18.1. Ensayos al fuego

#### 18.1.1. Planta de beneficio

Cabeza de molino

Colas de flotación

*Cianuración:* Cabezas, seguimientos, colas de los agitadores

#### 18.1.2 Mina o Túnel

Muestreos de vetas

Geología

Muestreo de núcleos

Otras actividades que se realizan en el laboratorio son:

#### **Análisis granulométrico**

Proceso para la determinación y efectividad de la molienda.

#### **Leyes**

Calculo de la pureza del oro.

#### **Análisis de soluciones**

Seguimientos, colas de cianuración y preparación de químicos, planta de producción y laboratorio.

## 18.1. ENSAYOS AL FUEGO

### Parte experimental y teórica de los análisis y procesos químicos del laboratorio

Las muestras solidas que llegan al laboratorio siguen el siguiente proceso:

- Recepción de la muestra
- Pesado de la muestra
- Secado
- Trituración y pulverización
- Homogenización y cuarteo, en este punto ya la muestra pesa cerca de 500gr.
- Separación de 25gr de muestra que pasa a una coca de barro capaz de soportar 900°C en la mufla durante 15-20 minutos.
- Calcinar la muestra u oxidar los sulfuros preparándola para el proceso de fundición.
- Una vez fría el siguiente proceso es el mismo para todos los ensayos al fuego de sólidos que se realizan en la mina el gran porvenir del Líbano S.A.

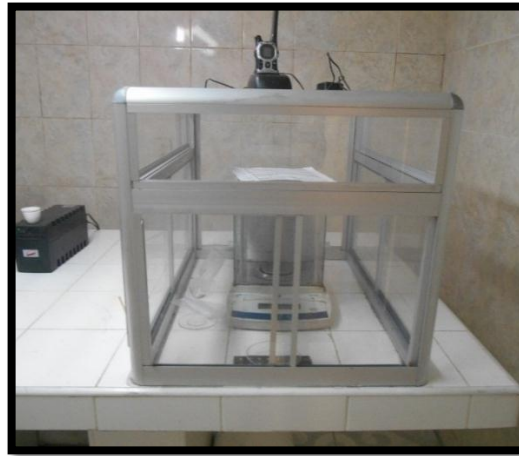


**Figura 62.** Horno o mufla donde se calientan las muestras; laboratorio mina El Gran Porvenir.

### ***Proceso de pesado y determinación de tenores para sólidos***

Ya frío el crisol se lleva al cuarto de pesado, Luego se tara la balanza y se agrega la muestra en el vidrio reloj esperando que se determine el peso en miligramos anotándose a su vez con su respectivo orden.

El oro se pesa de la misma forma, ya hecho esto se resta el peso del botón dore menos el valor de oro dando como resultado plata en miligramos, multiplicada por 40, esto resulta el tenor en gramo/tonelada y el peso del oro, que también se multiplica por 40 resultando en el total de gramo/tonelada, en pocas palabras, se obtienen los tenores.



**Figura 63.** Cuarto de pesado, Laboratorio mina El Gran Porvenir.

#### **18.1.1. Muestras de planta de beneficio**

**Cabeza:** Representa los valores que ingresan a un proceso de cianuración, determinados en gramos por tonelada.

**Seguimientos:** Son los análisis que se realizan cada 10 horas una vez iniciado el proceso de cianuración para ir determinando: Tiempo, y factores que influyen como ventajosos y desventajosos en la recuperación o extracción de valores a los sulfuros, en el sólido y en la solución.

**Colas:** Es el análisis final realizado al agitador para determinar total recuperado en solución y total que todavía tenga en el sólido antes de ser apagado o finalizado el proceso de cianuración.





SOPORTE EN LABORES DE EXPLORACIÓN Y  
EXPLORACIÓN DE UN YACIMIENTO AURÍFERO  
VETIFORME- MINA EL GRAN PORVENIR DEL LIBANO S.A.



A las Cabezas, seguimientos, y colas se les hace el mismo proceso como en el ítem anterior solo varía el tiempo de prolongación, es decir, se le dan 30 minutos y no 15; la cabeza se diferencia de las otras dos en que a la cabeza no se le recoge la solución pues contiene solo agua y no solución rica, se escurre en los filtros y se realiza el mismo proceso que en cola de flotación puesto que los sulfuros ya vienen bien finos, es decir, pulverizados por todo el proceso de molienda en la planta, el resto del análisis es el mismo, esto en cuanto a los sólidos y la solución recogida de los seguimientos se trata.

### 18.1.2. Muestras de túnel o mina

Son traídas de los frentes de desarrollo, es decir, los trabajos realizados dentro del túnel para determinar valores, tomar decisiones e ir al ritmo de la producción.

Estos análisis son iguales en todos los aspectos a los de la planta de beneficio con respecto al proceso del laboratorio, lo único que cambia es el empaque de la muestra, la cual viene en una bolsa y no en un balde e identificada con un código específico.

MUESTRAS		NUMERO MUESTRA	TIPO MUESTRA	LABOR	ANCHOS (m)			RESULTADOS	
					A.V	A.M	A.C	Au	Ag
1									
2									
3									

**Tabla 13.** Formato entrega de muestras al laboratorio interno mina El Gran Porvenir.



## **19. CONSTRUCCIÓN BASE DE DATOS MINA GRAN PORVENIR**

Mina Gran Porvenir cuenta con cerca de 40 perforaciones (DH) realizadas hasta la fecha, en el transcurso de este trabajo se ha explicado cómo se han descrito los pozos y sus características, por otro lado se han realizado muestreos sistemáticos con el fin de estimar recursos y reservas a futuro. Toda esta información es sumamente importante tanto para el desarrollo de la mina como para labores a corto y largo plazo, es por esto que se elabora una base de datos (que hasta la fecha era inexistente) donde se registra cada estructura muestreada, el intervalo espacial de ésta, el número de lote y fecha de envío al respectivo laboratorio, su localización exacta (empleando coordenadas planas), tipo de muestreo, una descripción de sus características litológicas, mineralógicas y estructurales además de los valores en Au y Ag dados en ppm.

La relevancia de una buena base de datos radica principalmente en que hace parte de manera directa en el debido manejo de QA/QC de la compañía minera.

### **Tablas recopilación de estructuras en núcleos**

A partir de los resultados de descripción de núcleos se recopilan todo tipo de estructuras encontradas en los pozos (así algunas de éstas estructuras no sean tenidas en cuenta en el muestreo por su bajo espesor aparente).

La utilidad de estas tablas es netamente llevar un registro de datos al momento que se requiera una revisión de información ya sea por El Gran Porvenir u otra compañía interesada.



SOPORTE EN LABORES DE EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE UN YACIMIENTO AURÍFERO VETIFORME- MINA EL GRAN PORVENIR DEL LIBANO S.A.



LEBATORIO		LOTE DE ENVIO		CORREGIMIENTO		FECHA		LOCALIZACIÓN		COORDENADAS		LABOR		TIPO DE MUESTRA		DESCRIPCIÓN	
LABORATORIO	LOTE DE ENVIO	CORREGIMIENTO	FECHA	LOCALIZACIÓN	REFERENCIA	REFERENCIA	ESTE	NORTE	COTA	MUESTREO	ETI	ANCHO	PROFUNDIDAD	TIPO DE MUESTRA	Tiempo (h)	Tiempo (m)	DESCRIPCIÓN
MINA 27	GP-M44	MINAS	20/02/2014	ORIOCT 508	14247	346.5	14407	146202	646	P	14	4/5	04	-	-	-	Veta con metales de cobre negro y plomo (ver ver?) y todo proceso de combustión en cone con albond
MINA 27	GP-M44	MINAS	20/02/2014	ORIOCT 508	14247	316.5	14407	146202	646	T	12	04	-	-	-	-	Veta de cono con interacción de cuprita negro, sulfuro volátil (p) 5%,
MINA 27	GP-M48	MINAS	20/02/2014	ORIOCT 508	14247	316.5	14407	146202	646	T	24	12	04	-	-	-	Veta de cono con epaxerite sulfato de cuprita negro, sulfuro volátil (p) 4%,
MINA 27	GP-M48	MINAS	20/02/2014	ORIOCT 508	14247	316.5	14407	146202	646	T	124	04	-	-	-	-	Veta de cono con epaxerite sulfato de cuprita negro a la base, sulfuro volátil (p) 2%,
MINA 27	GP-M48	MINAS	20/02/2014	ORIOCT 508	14247	316.5	14407	146202	646	T	248	124	04	-	-	-	Veta de cono con sulfuro volátil de cuprita negro, + hematita, sulfato de cuprita negro (p) 2%,
MINA 27	GP-M48	MINAS	20/02/2014	ORIOCT 508	14247	416.5	14407	146298	623.2	T	42	4/2	04	-	-	-	Veta homogénea de cono con epaxerite sulfato de cuprita negro y cuprita volátil
MINA 27	GP-M48	MINAS	20/02/2014	ORIOCT 508	14247	416.5	14407	146298	623.2	T	13	13	04	-	-	-	Veta de cono con cuprita negro a la base, albedo homogéneo, con (ver ver ver?) y albond
MINA 27	GP-M48	MINAS	20/02/2014	ORIOCT 508	14247	416.5	14407	146298	623.2	T	15	15	04	-	-	-	Veta de cono con hematita a la base, albedo homogéneo, con (ver ver ver?) y albond
MINA 27	GP-M48	MINAS	20/02/2014	ORIOCT 508	14247	416.5	14407	146298	623.2	T	124	124	04	-	-	-	Veta de cono con epaxerite sulfato de cuprita negro, sulfuro volátil (p) 4%,
MINA 27	GP-M48	MINAS	20/02/2014	ORIOCT 508	14247	416.5	14407	146298	623.2	T	407	407	04	-	-	-	Veta de cono con sulfuro volátil de cuprita negro y albond
MINA 28	GP-M44	MINAS	20/02/2014	SURBERANCO	14247	316.5	14407	146202	646	P	10	10	04	-	-	-	Equipo volátil en mineralización
MINA 28	GP-M44	MINAS	20/02/2014	SURBERANCO	14247	316.5	14407	146202	646	T	4/5	4/5	04	-	-	-	Equipo negro con mineralización insignificante
MINA 28	GP-M44	MINAS	20/02/2014	SURBERANCO	14247	316.5	14407	146202	646	T	240	240	04	-	-	-	Veta de cono con bloques de sulfuro
MINA 28	GP-M44	MINAS	20/02/2014	SURBERANCO	14247	316.5	14407	146202	646	T	145	145	04	-	-	-	Equipo negro con veta de cono
MINA 28	GP-M44	MINAS	20/02/2014	SURBERANCO	14247	316.5	14407	146202	646	T	135	135	04	-	-	-	Equipo negro
MINA 28	GP-M44	MINAS	20/02/2014	SURBERANCO	14247	316.5	14407	146202	646	T	17	17	04	-	-	-	Equipo negro
MINA 28	GP-M44	MINAS	20/02/2014	SURBERANCO	14247	316.5	14407	146202	646	T	136	136	04	-	-	-	Equipo negro
MINA 28	GP-M44	MINAS	20/02/2014	SURBERANCO	14247	316.5	14407	146202	646	T	149	149	04	-	-	-	Veta de cono
MINA 28	GP-M44	MINAS	20/02/2014	SURBERANCO	14247	316.5	14407	146202	646	T	470	470	04	-	-	-	Equipo negro
MINA 28	GP-M44	MINAS	20/02/2014	SURBERANCO	14247	316.5	14407	146202	646	T	130	130	04	-	-	-	Equipo negro
MINA 28	GP-M44	MINAS	20/02/2014	SURBERANCO	14247	316.5	14407	146202	646	T	149	149	04	-	-	-	Equipo negro
MINA 28	GP-M44	MINAS	20/02/2014	SURBERANCO	14247	316.5	14407	146202	646	T	136	136	04	-	-	-	Equipo negro
MINA 28	GP-M44	MINAS	20/02/2014	SURBERANCO	14247	316.5	14407	146202	646	T	474	474	04	-	-	-	Veta de cono
MINA 28	GP-M44	MINAS	20/02/2014	SURBERANCO	14247	316.5	14407	146202	646	T	441	441	04	-	-	-	Equipo negro
MINA 28	GP-M44	MINAS	20/02/2014	SURBERANCO	14247	316.5	14407	146202	646	T	115	115	04	-	-	-	Equipo negro

Tabla 14. Formato Base de datos muestreos mina El Gran Porvenir.



**SOPORTE EN LABORES DE EXPLORACIÓN Y  
EXPLOTACIÓN DE UN YACIMIENTO AURÍFERO  
VETIFORME- MINA EL GRAN PORVENIR DEL LIBANO S.A.**



DH POSITIVO	METRAJE	ANGULO	COORDENADAS			DISTANCIA (m)			TIPO ESTRUCTURA	MINERALOGIA	%					
			E	N	Z	(m)	(m)	(m)								
MGP-10-01	75,10m	35	893817,9	1042041,7	1563	31,06	31,34	0,28	V	PY	1					
		IRREGULAR	893817,9	1042041,7	1563	65,5	65,69	0,19	V	PY	2					
		IRREGULAR	893817,9	1042041,7	1563	71,8	72,12	0,32	V	PY	3	CPY	1			
MGP-10-02	47,66m	55	893796,1	1042124,6	1560,2	7,55	10,35	0,01	CONT							
		IRREGULAR	893796,1	1042124,6	1560,2	14,9	16,95	2,05	V	PY	2					
		IRREGULAR	893796,1	1042124,6	1560,2	18,32	18,4	0,8	VN	PY	1					
		45	893796,1	1042124,6	1560,2	16,95	24,45	0,01	CONT							
		45	893796,1	1042124,6	1560,2	34,63	37,95	0,01	CONT							
		40	893796,1	1042124,6	1560,2	46,54	47,66	0,01	CONT							
MGP-11-10(SIRPE-POZO#1)	71,4m	65	894830	1043958	1235,3	57,72	57,78	0,06	AP							
		40	894830	1043958	1235,3	57,81	59,6	1,79	V	PY	1	CPY	1	SPH	1	
			894830	1043958	1235,3	60,07	60,1	0,03	FALLA							
MGP-11-11(SIRPE-POZO#2)	51,9m	40	894837	1043923	1249	29,32	33,35	0,01	CONT							
		IRREGULAR	894837	1043923	1249	43,75	43,9	0,15	VN							
		35	894837	1043923	1249	46,1	47,15	1,05	V	PY	4					
MGP-11-12(SIRPE-POZO#3)	85,20m	35	894803	1043903	1260	29,39	29,7	0,31	V	PY	2					
		35	894803	1043903	1260	34,8	34,85	0,05	AUGEN							
		IRREGULAR	894803	1043903	1260	63,4	63,46	0,06	VN							
		IRREGULAR	894803	1043903	1260	77,7	78,1	0,4	V	PY	2					
		IRREGULAR	894803	1043903	1260	78,4	78,49	0,09	VN	PY	1					
		IRREGULAR	894803	1043903	1260	80,51	80,57	0,06	VN	PY	1					
		IRREGULAR	894803	1043903	1260	82,27	83,47	1,2	FALLA?							

DH NEGATIVO	METRAJE	ANGULO	COORDENADAS			DISTANCIA(m)			TIPO ESTRUCTURA	MINERALOGIA	%					
			E	N	Z	(m)	(m)	(m)								
MGP-10-03	44,21m	68	893934,1	1041982,8	1660,7	18	20,9	0,01	CONT							
		70	893934,1	1041982,8	1660,7	32,93	33,02	0,09	VN	PY	3					
		50	893934,1	1041982,8	1660,7	45,46	45,54	0,09	VN							
		IRREGULAR	893934,1	1041982,8	1660,7	50,2	50,275	0,075	VN							
		40	893934,1	1041982,8	1660,7	51,6	51,95	0,35	VN-SCHT							
MGP-10-04	44,9m	IRREGULAR	893987,8	1042235,9	1706,2	38,25	38,3	0,05	VN							
		55	893987,8	1042235,9	1706,2	39,82	39,86	0,04	VN	PY	1					
MGP-10-05	131,8m	IRREGULAR	893976,9	1042390,4	1688,6	68,1	68,15	0,05	VN							
		40	893976,9	1042390,4	1688,6	76,91	76,97	0,06	VN	PY	2					
		90	893976,9	1042390,4	1688,6	94,47	94,56	0,09	VN	PY	1	CPY	1			
		50	893976,9	1042390,4	1688,6	105,1	105,49	0,39	CRE							
		50	893976,9	1042390,4	1688,6	124,18	124,22	0,04	VN							
		65	893976,9	1042390,4	1688,6	124,22	124,76	0,54	AP							
		65	893976,9	1042390,4	1688,6	124,76	124,88	0,12	F??	PY	1					
EGP-14-DH-10	74,85m	70	893739,26	1042088,63	1559,28	0	0,09	0,09	VN							
		35	893739,26	1042088,63	1559,28	0,1	0,35	0,001	CONT							
		30	893739,26	1042088,63	1559,28	15,25	15,94	0,001	CONT							
		20	893739,26	1042088,63	1559,28	34	34,32	0,32	V							
		38	893739,26	1042088,63	1559,28	60,18	63,8	0,001	CONT							

**Tabla 15.** Recopilación de estructuras en perforaciones mina gran porvenir; donde V:veta de cuarzo; VN:vena de cuarzo; CONT:contacto; AP:dique aplítico; CRE:crenulación; F:falla; PY:pirita; CPY:calcopirita; SPH:esfalerita; GA:galena.



## CONCLUSIONES

- ❖ De acuerdo a la interpretación de sondajes y la observaciones de campo en el sector del Shoot del Porvenir, se identifican estructuras mineralizadas que pueden alcanzar hasta los 4-6 metros de espesor y presentan una geometría compleja tanto en su rumbo como en su buzamiento, detectándose un tipo de veta con morfología Pinch and Swell. Así mismo, se identifica una fluctuación en los buzamientos y ramificaciones de estructuras a determinados intervalos de cotas.
- ❖ De acuerdo a las observaciones de campo y a la interpretación de los sondajes, es muy probable que hacia las cotas bajas de la explotación actual se presente continuidad en la mineralización esto evidenciado en las perforaciones AET008 y AET009 principalmente.
- ❖ Se identifican otras estructuras paralelas a la zona de explotación actual, las cuales aún no han sido tenidas en cuenta para ser exploradas a través de tunelería.
- ❖ La elaboración de modelos 3D con base a los sondeos permite definir un azimut aproximado de la estructura asociada al shoot de Gran Porvenir con tendencia N30-40E y un buzamiento de 30-50 grados de inclinación. Lo cual coincide con los rangos de rumbo (20-60NE) y buzamiento (35-50NW) medidos durante la fase de muestreos y demás trabajos de campo.
- ❖ De acuerdo a la clasificación macroscópica de la mineralización realizada sobre las vetas de cuarzo, en mina El Gran Porvenir se tiene de mayor a menor abundancia: Pirita (py), Galena (ga), Esfalerita (sph), Calcopirita (cpy), Scheelita (schee), Pirrotina (po) y Malaquita (mq). Donde la baja concentración de éste último (mq) refleja empobrecimiento supergénico de cobre en el depósito.
- ❖ De manera general los halos de alteración suelen alcanzar unos cuantos centímetros y a veces metros alrededor de las vetas, sin embargo, es posible encontrar máximos espesores de alteración que pueden alcanzar hasta 10-15m (observado en el pozo AET-007), correlacionándose con lo encontrado en los pozos AET-008 y AET-009. En diques aplíticos es posible identificar finas vetillas de cuarzo y presencia de arcillas que probablemente sean de origen. De manera general se identificaron las siguientes alteraciones: sericitización, cloritización incipiente, carbonatación



SOPORTE EN LABORES DE EXPLORACIÓN Y  
EXPLOTACIÓN DE UN YACIMIENTO AURÍFERO  
VETIFORME- MINA EL GRAN PORVENIR DEL LIBANO S.A.



y silicificación tanto en las fases de esquisto negro como esquisto verde e incluso en vetas de cuarzo.

- ❖ Según lo observado durante control de leyes altos valores de tenor en Au y Ag no siempre evidencian una relación directa en función del espesor de la veta cuarzosa.
- ❖ Se determina que existe una alta variabilidad en los tenores de Au y Ag evidenciado en los valores obtenidos a través de los diferentes muestreos. Algunas vetas en frentes de producción cambian drásticamente su concentración de sulfuros llegándose a encontrar zonas totalmente libres de sulfuros con trazas de oro y plata y en unos cuantos metros la aparición de zonas de enriquecimiento, esta situación hace que se puedan tomar decisiones erradas en algunos bloques de explotación o se cometan errores al calcularlos.
- ❖ Los controles de leyes en frentes de operación minera son esenciales para la obtención de mineral de acuerdo a los parámetros que exigen las compañías. Es fundamental que en minas con una alta variabilidad se ejecuten mayores controles para que se mantenga un flujo de mineral con una ley o tenor apropiado.
- ❖ La base de datos obtenida como recopilación de toda la información de pozos o sondajes de exploración permitió a la empresa salvaguardar una información importante que estará disponible para futuros trabajos o para empresas interesadas en la adquisición de la compañía. Es necesario resaltar que las bases de datos son un complemento esencial en los criterios de control de calidad de las empresas mineras.
- ❖ En cuanto al promedio general R.Q.D en los 30 pozos analizados según el índice de calidad de Deere (Deere 1963), el depósito se mantiene entre el intervalo cualitativo de “pobre” a “normal”.



## RECOMENDACIONES

- Ejecutar mallas de perforación con intervalos más cortos con el fin de delimitar más detalladamente la tendencia general de la mineralización.
- Hacer nuevas campañas de exploración brownfield además de cartografía geológica local en superficie con el fin de encontrar estructuras mineralizadas que puedan correlacionarse a lo conocido en profundidad según lo mencionado en este trabajo.
- Ampliar el patio de acopio para separar mineral de media, alta y baja ley, esto facilitaría el método de blending.
- Muestrear constantemente las zonas de gauge para determinar el enriquecimiento de valores de oro y plata en estos sectores.
- Reevaluar la metodología de explotación sobre cuerpos vetiformes que superen los 45 grados de buzamiento con la implementación de métodos como corte y relleno mecánico y/o corte y relleno hidráulico.
- Realización de estudios estructurales detallados buscando correlacionar el dinamismo tectónico local y regional.
- Se recomienda que futuros trabajos subterráneos como tambores no se planeen y ejecuten sistemáticamente hasta obtener un rango aceptable de confiabilidad en los datos de tenor y espesor de veta, teniendo en cuenta a su vez la alta variabilidad del yacimiento en cortos intervalos espaciales.



## REFERENCIAS

Acosta, F., Obando, E., 1984. Desarrollo estructural del extremo sur del valle medio del Magdalena. Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists, 23th Annual Field conference, 18 p. Bogotá.

Barrero D. y Vesga C.J. Mapa geológico del cuadrángulo k-9 y mitad sur del j-9. Regional Tolima. Ingeominas. Ibagué, Colombia 1976. Citado por INGEOMINAS. Geología y prospección geoquímica de las planchas 244 (Ibagué) departamento del Tolima. Bogotá D.C. 1982. 388p.

Collins, D.E., Benalcazar, G., Page, W.D., 1981. Quaternary activity on the Palestina fault zone, northwestern Colombia. Revista CIAF, 6 (1-3) : 117. Bogotá.

Deere, D.U., (1963), "Technical Description of Rock Cores for Engineering Purposes," Felsmechanik und Ingenieur geologie (Rock Mechanics and Engineering Geology), 1:1, pp. 16-22. 6401P (1968), "Geologic Considerations", Chapt. 1, Rock Mechanics in Engineering Practice, ed. K. Stagg and O. Zienkiewicz, Wiley, N.Y., pp. 1-20.

Etayo-Serna, F. et al., 1986. Mapa de terrenos geológicos de Colombia. Publicaciones especiales, Ingeominas, 14, Bogotá, 235 P.

Feininger, T., 1970. The Palestina Fault, Colombia. Geological Society of America Bulletin, 81(4):1201-1216.

Feininger, T., Barrero, D., Castro, N., 1972. Geología de Antioquia y Caldas (Subzona II-B). Boletín Geológico INGEOMINAS, 20(2): 1-173. Bogotá.

González, H. 2001. Geología de las planchas 206 Manizales y 225 Nevado del Ruiz. Memorias explicativas de los mapas. Escala 1:100.000. INGEOMINAS. 120p.





SOPORTE EN LABORES DE EXPLORACIÓN Y  
EXPLOTACIÓN DE UN YACIMIENTO AURÍFERO  
VETIFORME- MINA EL GRAN PORVENIR DEL LIBANO S.A.



Guilbert, John. The Geology of Ore Deposits. New York: Freeman W.H, 1986. p. 980.

Helgeson, Von H.C, (1964). Complexing and Hydrothermal Ore Deposition. International Series of Monographs on Earth Sciences. Herausgeg. Von D. E. Ingerson. Pergamon Press, Oxford-London-New York-Paris 1964. 1. Aufl., XIV, 128 S., 48 Abb.

Irving, E.M 1971; La evolución estructural de los Andes más septentrionales de Colombia- Bol;Geol.. Bogotá, 19 (2); 90p.

Maya, M. y González, H., 1995. Unidades Litodémicas de la Cordillera Central de Colombia. Boletín Geológico de INGEOMINAS. Bogotá. Vol. 35. No. 2-3. pp. 43 - 57.

Nelson, H. W. (1957). "Contribution to the geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the section between Ibagué and Cali." Leidse Geologische Mededelingen 22: 1-76.

Nelson, W. 1959. Contribution to the Geology of the Central and Western Cordillera of Colombia, in the section between Ibagué and Cali, Leidse Geology Mededelingen, Deel 22 1-75, Leiden.

Núñez, A., 1981. Plutonismo terciario afectando al Batolito de Ibagué. Resúmenes III Congreso Colombiano de Geología. Medellín.

Ortiz de U, F.1994. Fundamento de Laboreo de Minas. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de minas. Fundación gómez Pardo. pp 383.

Ramberg, H., 1955, Natural and experimental boudinage and pinch and swell structures; Journal of Geology. v.63. p, 512-526.



SOPORTE EN LABORES DE EXPLORACIÓN Y  
EXPLOTACIÓN DE UN YACIMIENTO AURÍFERO  
VETIFORME- MINA EL GRAN PORVENIR DEL LIBANO S.A.



Restrepo, J. J.; Toussaint, J. F. 1988. Terranes and continental accretion in the Colombian Andes. Episodes, 11(3):189-193.

Streckeisen, A. 1973. Plutonic rocks, classification and nomenclature recommended by the IUGS. Goetimes, 18 (10):26-30. Washington.

Thomas, L.J. 1979. An introduction to mining. Methuen, Sidney, 471 pp.

Vergara, H., 1989. Rasgos Neotectónicos en el noreste del departamento del Tolima. Boletín Geológico, INGEOMINAS, 30(1): 1-113. Bogotá.

Vergara, H., Taborda, A., París, G., Romero, J., En edición-b. Informe preliminar de neotectónica del proyecto Microzonificación Sísmica de Bogotá. INGEOMINAS.

### Sitios web

Boart Longyear (April 2013). In-hole Tools; Global performance tooling catalog. Copyright 2013; Edition: 2013 [http://app.boartlongyear.com/brochures/InHoleTools\\_Catalog\\_May\\_2013\(App\).pdf](http://app.boartlongyear.com/brochures/InHoleTools_Catalog_May_2013(App).pdf) (Consultado 16 /06/2014).

Boyles Bross S.A. (Marzo de 2005). Manual de Perforación Diamantina. Manual de Perforación Diamantina. Santiago de Chile, Santiago de Chile, Suramérica. <http://es.scribd.com/doc/130025789/Manual-de-Perforacion-Diamantina-GEOTEC> (Consultado 14/06/2014).