



**Universidad de Sonora**  
**Unidad regional centro**  
**División de la Ingeniería**



**Departamento de Ingeniería civil y Minas**

**MEMORIA DE PRÁCTICAS PROFESIONALES EN  
LAS MINAS “LA ENCANTADA” DE FIRST  
MAJESTIC Y “LA CARIDAD” DE GRUPO MEXICO**

Para que obtenga el título de:

**INGENIERO MINERO**

Presenta:

**MICHELLE PAOLA CERECER AMAVIZCA**

Hermosillo, Sonora Diciembre 2013

# Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se redacta con carácter de Prácticas Profesionales, para la obtención por parte de quien lo suscribe del título de Ingeniero Minero en la Universidad de Sonora.

Las Prácticas Profesionales son una oportunidad para que los alumnos entremos en contacto con el ambiente laboral, desarrollemos habilidades y reforcemos los conocimientos adquiridos en la escuela. El departamento de Ingeniería en Minas de la Universidad de Sonora, nos brinda la oportunidad de realizar nuestras prácticas en las diferentes unidades y compañías mineras, estas a su vez pueden ser divididas siguiendo varios criterios. El más amplio tiene en cuenta si las labores se desarrollan por encima o por debajo de la superficie, dividiéndolas, respectivamente, en minas a cielo abierto y en minas subterráneas.

El objetivo de la realización de las Prácticas Profesionales Párrafo tomado del programa de ingeniería en minas (Universidad de sonora), *es contribuir a la formación de estudiantes capaces de interactuar con su entorno actuando como agentes de cambio desde una visión humanística, crítica, con sentido de adaptación e innovación en congruencia con los aprendizajes obtenidos en el ámbito académico a través de la vinculación efectiva con los sectores social y productivo. De igual manera con las prácticas profesionales los alumnos dan a conocer sus capacidades y desempeño como próximos profesionistas, vincularse con su perfil de egreso, generar contactos para su futuro, participar en la solución de problemas reales, conocer diferentes puestos de trabajo y experimentar la responsabilidad profesional.* Todo esto con el respaldo de la Universidad de Sonora.

## ANÁLISIS DE LAS EXPERIENCIAS ADQUIRIDAS

Durante mi estancia en las prácticas profesionales en las compañías mineras Grupo México (mina “La Caridad”) y First Majestic (mina “La Encantada”), tuve la oportunidad de aplicar mis conocimientos de topografía, geología, planeación mina, laboratorio de análisis químico, manejo de la operación diaria de la mina y voladuras.

La práctica topográfica superficial en la mina “La Caridad” consistió en levantamiento de avances diarios de banco y levantamiento de barrenos de producción. Una vez colectada la información esta se vaciaba en la base de datos en MineSighth. Para el levantamiento se utilizó equipo marca Leica modelo 1700. Este equipo es diferente al que utilizamos en la universidad donde contamos con equipo más moderno marca Trimble el cual permite descargar más rápido y fácil los datos. Los levantamientos realizados son totalmente diferentes a los ejercicios realizados en las prácticas de la clase. La topografía subterránea fue practicada en la mina “La Encantada” donde tuve la oportunidad de participar en los levantamientos de avance en rebajes, frentes, contra-frentes, cruceros y rampas. En este caso se utilizó equipo marca Trimble. Sin embargo, los levantamientos son más complicados en subterránea que en tajo. El trabajo se complica por la falta de luz y el medio ambiente ya que por lo regular existen goteras o chorros de agua y en algunas ocasiones polvo. Los puntos de control por lo regular están en el cielo y tablas de la obra. Este tipo de levantamientos no se vieron en clase. Considero que se le debe programar más salidas al campo a los cursos de la universidad en topografía subterránea.

En el área de Geología en las dos minas tuve oportunidad de practicar el mapeo de núcleos de la perforación de diamante. Para el mapeo se describen las fracturas, tipo de roca, alteración y se calcula el RQD. Además, se realizaban recorridos para supervisar los avances de la perforación de exploración con las máquinas de circulación inversa y de diamante. Se recolectaban las muestras y se mandaban a laboratorio para su ensaye. También en la mina subterránea se marcaban las frentes para el muestreo de canal. Cuando se realizaba mapeo de frentes con brújula y cinta la información se plasmaba los planos para posteriormente pasarlos a AutoCAD. Este tipo de trabajo no se realizó durante los cursos correspondientes del área de geología en la universidad.

En el área de planeación de mina únicamente tuve oportunidad de ver como se llevaba a cabo la planeación de corto y largo plazo en la mina “La Caridad” donde se utiliza el software MineSighth. A pesar de que en la universidad nos comentaron que teníamos este software nunca lo

utilizamos en la materia de Software Minero. Por lo que me fue difícil practicar la planeación de largo plazo y solo participe en la planeación diaria. En este rubro se seleccionaba el área a explotar para el día y se calculaba el tonelaje y leyes. Una vez definido se marcaba en campo para el control de producción.

En el laboratorio de análisis químicos practique la preparación de muestras y su ensaye con el aparato de absorción atómica. Además, se llenaban los formatos y reportes correspondientes para las áreas. Considero que en esta área estamos bien preparados por la universidad sobre todo con el Dr. Agustín Gómez.

En el área de operación primero a la entrada del turno se realizaba el pueble (asignación de tareas a los trabajadores) y se les llevaba a sus respectivas áreas de trabajo. Posteriormente se realizaban los recorridos a las diferentes áreas para revisar los avances de las labores y rectificar aquellas labores que se salían de lo planeado. Considero que para trabajar en esta área se requiere los conocimientos de la materia de Recursos Humanos. Actualmente esta materia es optativa pero debería ser obligatorio dada la importancia que tiene en la mina el recurso humano.

En la sección de voladuras fue diferente para cada una de las minas ya que en el tajo los equipos de perforación son más grandes para producciones mayores comparadas con la subterránea. En el tajo podemos realizar barrenos con diámetros de hasta 12 1/4 de pulgadas y con profundidades de hasta 17 m. Por lo general en el tajo se utiliza mayormente el ANFO cuando los barrenos están secos y emulsión o alto explosivo cuando se tiene mucha agua y es difícil de bombear. Los iniciadores en su mayor parte son electrónicos para un mayor control de vibraciones, buena fragmentación de la roca y control del sobre rompimiento (pateo trasero o lateral), para el caso de la mina subterránea los diámetros de barrenación son menores a 2 pulgadas con una profundidad de hasta 3 m con el jumbo drill y 1.8 m con la máquina de pierna, para el cargado de los barrenos se utilizaba ANFO, emulsión y nonel como iniciador. Considero que los maestros de la universidad que imparten esta materia deberían realizar más salidas al campo, para que los alumnos puedan familiarizarse mejor con el uso y manejos de los explosivos.

## CONCLUSIONES DE LAS PRACTICAS PROFECIONALES

Puedo concluir que fue verdaderamente una experiencia muy agradable haber presentado y realizado mis prácticas profesionales en estas dos diferentes compañías mineras, Grupo México S.A .de C.V (mina "La Caridad") y First Majestic S.A .de C.V (mina "La Encantada"), aprendí a realizar varias de las actividades necesarias en minería, descubrí que la práctica es totalmente diferente a la teoría que te enseñan en la escuela, porque es ahí donde nos enfrentamos a los problemas reales de la vida diaria. Esta experiencia me ayudo a ser más capaz de lo que soy. Sin lugar a duda la presentación de mis prácticas profesionales me ayudó mucho como estudiante ya que pude demostrar mis habilidades, crear relaciones y contactos, para así poder enfrentar esta nueva etapa de mi vida que me espera al egresar de la universidad, con la realización de mis practicas puedo decir que cuento con una experiencia que tal vez es mínima pero de suma importancia.

Me llevo la gran satisfacción de haber concluido satisfactoriamente la realización de mis prácticas profesionales, ya que pude desarrollar nuevas habilidades y reforzar los conocimientos adquiridos en la escuela. Como conclusión puedo decir que si cumplió con el objetivo de las prácticas profesionales, y que es una excelente oportunidad para que los alumnos entremos en contacto con el ambiente laboral experimentando la responsabilidad profesional.

# **Practica 1**

---

**Mina a Cielo Abierto**



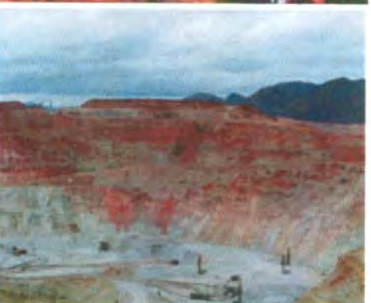
**Universidad de Sonora.  
Departamento de Ingeniería en Minas.**

**REPORTE DE PRACTICAS  
PROFESIONALES**

**Michelle Paola Cerecer Amavizca.**

**Mexicana de Cobre-Mina Concentradora  
“LA CARIDAD”.**

**Julio 2010.**





Indicé	Pág.
1. Introducción.....	1
2. Objetivo general.....	1
3. Misión.....	2
4. Visión.....	2
5. Valores.....	2
6. Acceso y Localización del área.....	3
7. Antecedentes Históricos.....	4
7.1. Cronología de hechos históricos.....	4
8. Geología y Mineralización.....	6
8.1. Caracterización de porfidos.....	7
8.2. Litología de La Mina La Caridad.....	7
8.3. Alteraciones.....	9
8.4. Barrenación Diamante.....	11
8.5. Estudio Geomecánico.....	13
8.6. Descripción geológica.....	14
8.7. Control de muestra.....	15
9. Topografía.....	16
9.1. Descripción de equipos topográficos.....	16
9.2. Descripción del Procedimiento.....	17
10. Control de leyes de minería.....	19
11. Muestreo Barrenos de Voladura.....	20
12. Modelo geológico.....	21
13. Planeación.....	22
13.1. Diseño de una Rampa en el MineSight.....	23
13.2. Diseño de un tiradero en MineSight.....	24
14. Mina “La Caridad”.....	25
14.1. Equipos en operación mina.....	26
14.2. Descripción del ciclo de Mina.....	27
14.2.1. Descripción de proceso de Perforación.....	27
14.2.2. Voladuras.....	27
14.2.3. Descripción de proceso de Cargado.....	29

14.2.4.	Descripción de proceso de Acarreo y Descarga.....	29
15.	Planta ESDE(Extracción por solventes y deposición electrolítica). ....	30
15.1.	Proceso de lixiviación. ....	30
15.2.	Proceso de extracción por solventes. ....	31
15.3.	Proceso de electrodeposición. ....	32
15.4.	Proceso de almacenamiento y embarque.....	34
15.5.	Ingeniería de proceso y laboratorio.....	35
15.6.	Biolixiviación. ....	36
16.	Conclusión.....	37
17.	Agradecimientos.....	38

<b>Figuras</b>	<b>Pág.</b>
1. Ubicación de la Mina La Caridad encerrado en rojo .....	3
2. Plano litológico .....	8
3. Secciones litológicas .....	8
4. Modelo geológico .....	8
5. Sección de Planta de zonas de alteración hidrotermal: A. Propilítica, A. Fílica y A. Potásica, de la Mina La Caridad .....	10
6. Secciones isométricas de zonas de alteración hidrotermal: A. Propilítica, A. Fílica y A. Potásica, de la Mina La Caridad .....	10
7. Máquina perforadora de anillo de la empresa GeoDrill. ....	11
8. Perforación en falla, núcleo, fracturado con poca recuperación.....	12
9. Identificar la dirección de fractura en la roca, vertical, horizontal y diagonal .....	14
10. Estación Total modelo 1700 Laica.....	16
<b>Diagrama 1.</b> Códigos para la iniciar un levantamiento en la estación total.....	17
11. Prisma.....	18
12. Rango de ley y color de material .....	19
13. Descripción de Muestreo .....	20
14. Modelo Geológico en MineSight.....	21
15. Respecto a los criterios de plazo .....	22
16. Programa de producción de mina “La caridad” dic, 2011.....	23
17. Diseño de rampa para mina con una pendiente no mayor a 10%.....	23
18. Diseño de un tiradero en MineSight.....	24
19. Mina La Caridad .....	25
20. Voladura.....	28
21. Cargado de barreno .....	29
22. Sistema operativo de patios de lixiviación .....	31
23. Sistema operativo de extracción por solventes.....	32
24. Proceso de electrodeposición en celdas.....	32
26. Fuente de poder .....	33
25. Deshojado de cátodos de cobre .....	34
27. Reporte de análisis de laboratorio .....	35
28. Muestra de la biolixiviación.....	36

<b>Tablas</b>	<b>Pág.</b>
1.....	12
2.....	12

## **Mexicana de Cobre-Mina Concentradora “LA CARIDAD”.**

### **1. Introducción.**

La actividad principal de Grupo México es la minería, la cual ha permitido el desarrollo y creación de otras empresas, convirtiendo dichas acciones en detonadores de desarrollo y bienestar para nuestra gente.

El presente informe corresponde al reporte de prácticas profesionales como practicante de la carrera de ingeniería en mina de la universidad de Sonora, en el periodo de julio-agosto 2010, en el Complejo Minero Metalúrgico Mexicana de Cobre Unidad La Caridad; perteneciente a la empresa Grupo México, la cual se ubica en el municipio de Nacozari de García Sonora, siendo una mina a cielo abierto de pórfido de cobre, molibdeno, oro, plata.

El depósito La Caridad ocurre exclusivamente en rocas ígneas intrusivas félsicas a intermedias y brechas asociada. El mineral económico se encontró como sulfuros diseminados dentro de la parte central del depósito. La caridad usa sistemas de monitoreo computarizado en concentradora, la cual tiene un plan de molienda de 91,000 TMS/día. El mineral es extraído de la mina con una ley encima de 0.30%, dicho mineral es tratado mediante el proceso de flotación en planta concentradora para concentrar los valores de Cu-Mo y obtener un concentrado BULK, este mismo es tratado en planta de molibdeno mediante una flotación selectiva para conseguir la separación final de los valores de Cu y Mo.

### **2. Objetivo general.**

El principal motivo de venir a la empresa mexicana de Cobre S.A de C.V. es aplicar el conocimiento adquirido en la escuela aunado a la gran experiencia de los ingenieros, los cuales tienen gran disposición de resolver cualquier duda que surgiera en el camino. La otra razón es conocer las diferentes actividades que realiza un ingeniero minero en las diferentes minas a cielo abierto puesto que es muy distinto a la minería subterránea.

### 3. Misión.

Extraer recursos minerales para transformarlos y comercializarlos satisfaciendo las necesidades del mercado, cumpliendo con su responsabilidad social y ambiental, maximizando la creación de valor para sus accionistas.

### 4. Visión.

Ser en el 2010 la empresa minero-metalúrgica más rentable y con reconocido liderazgo en producción y ventas a nivel mundial, con el mejor capital humano y a través de las mejores estrategias, procesos, servicios y calidad, cumpliendo estrictamente con las normas del entorno.

### 5. Valores.

1. **Integridad** actuando con honestidad, responsabilidad y ética profesional.
2. **Respeto** a las personas, al entorno y al ambiente.
3. **Lealtad**, actuando con equidad, en base a la verdad y a nuestros valores.
4. **Servicio** a nuestros clientes internos y externos, con nuestro mejor esfuerzo y compromiso.
5. **Creatividad** en hacer mejor las cosas, rompiendo paradigmas.
6. **Solidaridad** trabajando en equipo para cumplir nuestra misión y lograr nuestra visión.
7. **Puntualidad** en el cumplimiento de los compromisos y obligaciones.

## 6. Acceso y Localización del área.

El distrito minero Nacozari de García, cubre un área de aproximadamente 200 km<sup>2</sup>, sus coordenadas geográficas son 30°22'27"N109°41'08"O y se encuentra a 1,100 metros sobre el nivel del mar, está localizada al noroeste del estado de Sonora, 185 km. Al sureste de Cananea, 256 km. Al noreste de la ciudad de Hermosillo, y a 125 km, al sur de Agua Prieta, ciudad fronteriza del mismo estado que colinda con la ciudad norteamericana Douglas, Arizona. En estos centros de población se encuentra intercomunicados por una carretera pavimentada y una vía de ferrocarril. Como medio de comunicación, se cuenta también con una pista de aterrizaje pavimentada de 2,500 metros de longitud propiedad de Mexicana de Cobre.

El complejo minero metalúrgico **Mexicana de Cobre unidad LA CARIDAD**, es considerada como la tercera mina de cobre más grande del mundo.



**Figura 1.** Ubicación de la Mina La Caridad encerrado en rojo

## 7. Antecedentes Históricos.

Las actividades mineras en la región, se remontan hasta el año 1886, en el cual, la empresa norteamericana Moctezuma Copper Co, inicio la explotación de la mina de cobre "Los Pilares", promoviendo la economía de la región hasta el año 1949 cuando el precio de los metales cayo provocando la inconstabilidad de las operaciones que dio como resultado el ocaso minero en esta región. En 1964, el consejo de recursos Humanos No Renovables utilizando recursos de la Organización de Naciones Unidas, inicio una exploración sistemática del distrito de Nacozari de García; resultando la localización del yacimiento denominado "La Caridad". Lo anterior dio origen a un convenio en 1968 entre el gobierno Mexicano y la empresa Asarco Mexicana, en el cual esta última se comprometía a un programa de exploración intenso y detallado, iniciándose una serie de eventos importantes que han venido desarrollándose hasta 1980.

### 7.1. Cronología de hechos históricos.

1660	Descubrimiento de las primeras minas en la región de Nacozari
1700	Real de minas, Nuestra Señora del Rosario de Nacozari
1701	Mención por el padre Kino de Nacozari como fundo minero
1742	Real de minas. Se abandonó su explotación
1749	Es denominado Alcaldía Mayor
1806	Von Humbocat lo cita como Real de Minas de Sonora.
1822	Zona de influencia de la Pimería Alta sometida a incursiones de los indígenas.
1867	Compra de las minas por compañía americana
1896	Auge Minero en Placeritos de Nacozari, descubrimientos de depósitos cupríferos en Pilares.
1899	Construcción del ferrocarril Nacozari-Pilares de Nacozari, 8 kilómetros de distancia.
1901	Tendido de líneas de ferrocarril de Agua Prieta a Nacozari.
1902	Inauguración de los primeros 89 kilómetros hasta estación Cos (hoy Cerro del Vigía).
1904	Llegada de las líneas de ferrocarril a Nacozari con una longitud de 123

	kilómetros
1909	El 9 de noviembre, el Congreso del estado decreta que la comisaría de Nacozari se denominará Nacozari de García.
1917	El 7 de noviembre, depósito de ceniza del héroe en el monumento a su memoria
1939	Declaratoria a la población de Nacozari de García como capital provisional de la República Mexicana
1949	El 1° de junio se suspenden los trabajos de la Moctezuma Cooper Co.
1968	Descubrimiento de los nuevos yacimientos cupríferos.
1974	Iniciación de los trabajos de la mina La Caridad por Mexicana de Cobre, en la instalación de infraestructura.
1980	Explotación de la mina La Caridad a cielo abierto.



## 8. Geología y Mineralización.

Los pórfidos cupríferos son yacimientos de gran tonelaje ( $10^6$ -  $10^9$  TM) y bajas leyes de cobre (0.2- % Cu). Aparte del cobre estos yacimientos pueden presentarse cantidades variables de molibdeno y metales preciosos (Au, Ag), susceptibles de ser recuperados económicamente. Se asocian a rocas intrusivas generalmente félsicas de composición granodiorita.

Los pórfidos de Cu (Mo, Au) se han formado centrados en intrusivos porfídicos con diámetros que van desde 100 metros hasta unos pocos kilómetros de diámetro, los cuales son apófisis sobre cúpulas de plutones félsicos a intermedios más profundos (Sillitoe, 1996). Típicamente dentro de los sistemas de pórfido Cu existen varias fases de intrusión y las más tempranas tienden a poseer las leyes más altas.

Generalmente los pórfidos tienen leyes relativamente bajas y cubren un sector bastante amplio. Tienen una relación con una roca intrusiva que en partes muestra una textura porfídica. También existe una relación con rocas extrusivas volcánicas que marcan fuertes cambios secundarios por actividades hidrotermales. Se nota una gran variedad de alteraciones de las rocas de caja y de la intrusiva. Existen minerales secundarios en una forma diseminada es decir en una distribución fina. Además existen vetillas, venillas y rellenos de diaclasas en varias formas y densidades. Los yacimientos del tipo pórfido afloran generalmente en márgenes

continentales destructivos especialmente en zonas de subducción.

A continuación se presentara como se identifica la litología de planos, esto en base a diferentes colores:

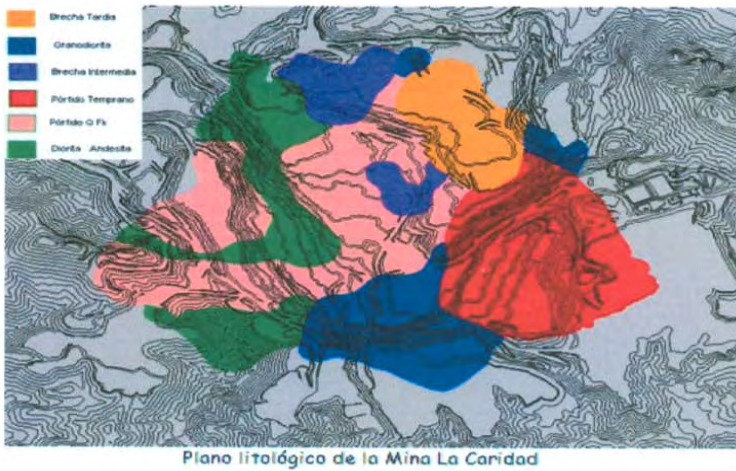


Figura 2. Plano litológico

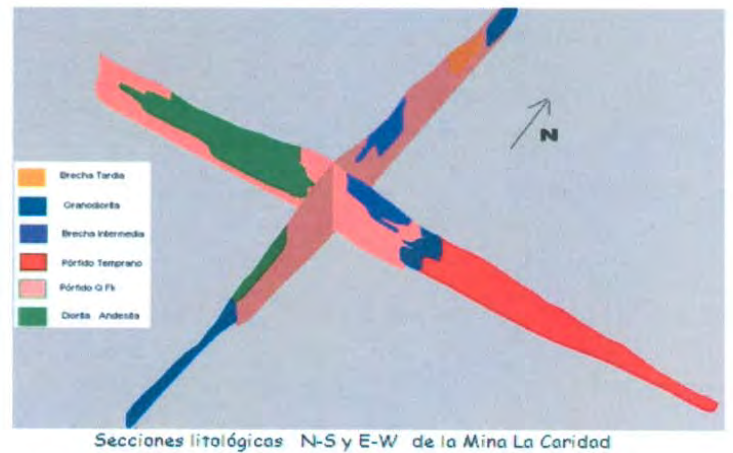


Figura 3. Secciones litológicas



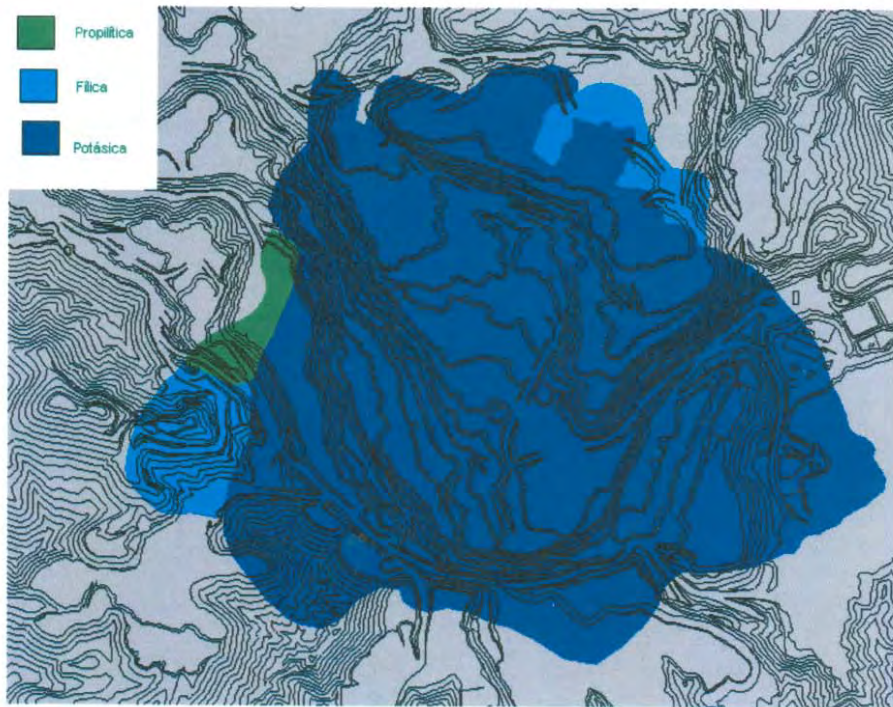
Figura 4. Modelo geológico

### 8.3. Alteraciones.

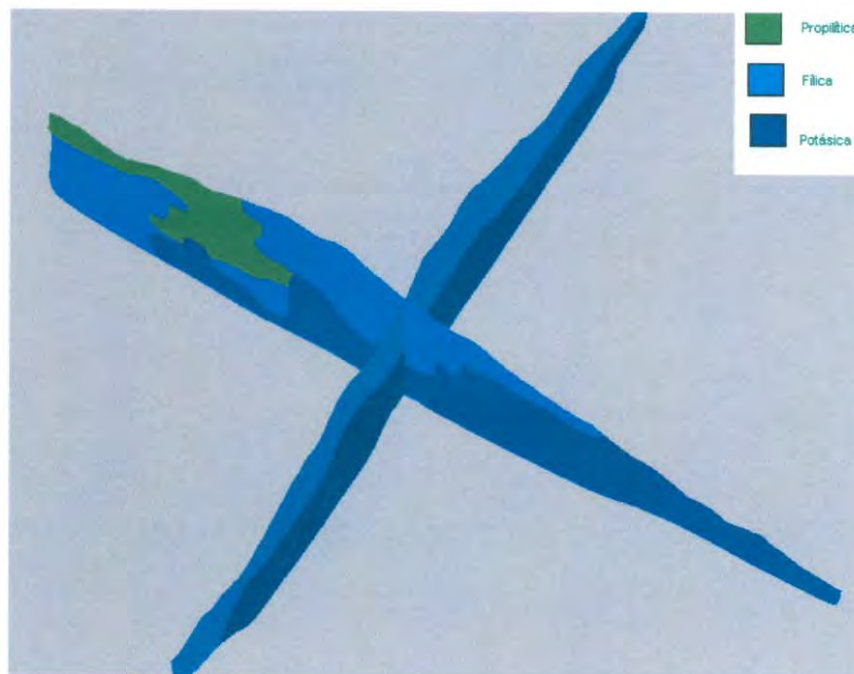
La alteración en las rocas encajonantes incluye aquellos cambios mineralógicos y químicos producidos por las soluciones circulantes dentro de las rocas huéspedes de los cuerpos mineralizados. Dentro del depósito La Caridad se tienen diferentes tipos de alteración, y se describen a continuación:

- Alteración potásica: caracterizada por la presencia de feldespato potásico secundario y/o biotita secundaria (anhidrita también puede estar presente). En términos fisicoquímicos esta alteración se desarrolla en presencia de soluciones casi neutras y a altas temperaturas (400°-600°C).
- Propilítica: caracterizada por la presencia de clorita, epidota y/o calcita, y plagioclasa albitizada, generada por soluciones casi neutras en un rango variable de temperaturas.
- Alteración fílica, también denominada cuarzo-sericítica o simplemente sericítica: caracterizada por el desarrollo de sericita y cuarzo secundario. Es el resultado de una hidrólisis moderada a fuerte de los feldespatos, en un rango de temperatura de 300°-400°C.
- Alteración argílica, también denominada argílica intermedia: caracterizada por la presencia de caolinita y/o montmorillonita.
- Argílica avanzada: caracterizada por la destrucción total de feldespatos en condiciones de una hidrólisis muy fuerte, dando lugar a la formación de caolinita y/o alunita.
- Silicificación: caracterizada por la destrucción total de la mineralogía original. La roca queda convertida en una masa silícea. Representa el mayor grado de hidrólisis posible. Los rellenos hidrotermales de espacios abiertos por cuarzo "no son" una solidificación.

En la página número 10, podremos encontrar algunos ejemplos de alteraciones hidrotermales vista en diferentes tipos de secciones con el software MineSight en Mina "La Caridad".



**Figura 5.** Sección de Planta de zonas de alteración hidrotermal: A. Propilítica, A. Fílica y A. Potásica, de la Mina La Caridad



**Figura 6.** Secciones isométricas de zonas de alteración hidrotermal: A. Propilítica, A. Fílica y A. Potásica, de la Mina La Caridad

#### 8.4. Barrenacion Diamante.

La geología de la mina se inicia en las perforaciones de exploración, estas perforaciones exploraciones son realizadas por la empresa "geodrill" se utiliza una broca de diamante para la perforación. Para que la broca no se dañe se mezcla agua con aditivos para tener mayor éxito. Bentonita es un aditivo como cemento que se le agrega a la pileta del agua. "Clarimut" para espesar el agua y cubra mejor la broca y no se queme. Los barrenos de exploración tienen una profundidad entre 500 a 700 metros utilizan materiales como lo son aceites, grasas para las maquinas el tubo interior lleva "corelube" para que sea mayor la recuperación del núcleo.

El coralipter es el que detiene la muestra, se limpia la muestra y se acomoda en la caja y se le agregan los taquetes, cada 3 metros se saca la barra y se toma el núcleo.



Figura 7. Máquina perforadora de anillo de la empresa GeoDrill.

El taquete debe de llevar, donde deajo el perforista anterior, perforado, lo anterior más lo perforado y recuperado. Se abrevian de la siguiente tabla 1.

**Tabla 1.**

D	Donde se quedó el perforista
A	Perforado
P	Anterior más perforado
R	Recuperado



**Figura 8.** Perforación en falla, núcleo, fracturado con poca recuperación

**Tabla 2.**

**Clasificación de Rocas** →

Claras	Negros
--------	--------

Volcánicas	Riolita	Dacita	Andesita	Basalto
Plutónicas	Granito	Granodiorita	Diorita	Gabratita



Enfriamiento en el interior de la tierra

## 8.5. Estudio Geomecánico.

### Actividades

- ❖ Acarreo de núcleos hacia almacén, de campo a almacén.
- ❖ Organizar las cajas de profundidades de principio a fin.
- ❖ Estudios geomecánicos a los núcleos.

Para el estudio geomecánico se tomara en cuenta los siguientes parámetros

1. Identificar la corrida del perforista.
2. Recuperación de corridas
3. Longitud de núcleo completo de la corrida
4. Numero o cantidades de piezas completas en la corrida
5. Buscar la pieza más larga completa de la corrida
6. Identificar las piezas mayores a 30cm en la corrida.
7. Identificar las piezas mayores a 20 cm en la corrida.
8. Identificar las piezas mayores a 2 veces su diámetro en las corridas
9. Identificar la longitud del material quebrada que existe en la corrida
10. Identificar la longitud triturada en la corrida
11. Identificar la longitud de dureza menor de 2H (blando)
12. Identificar si es suelo o roca
13. Identificar su dureza de 0 a 6



**Figura 9.** Identificar la dirección de fractura en la roca, vertical, horizontal y diagonal

### **8.6. Descripción geológica.**

Se toma en cuenta los siguientes parámetros

1. El geólogo identifica el nombre de la roca
2. Color de la roca
3. Textura de la roca
4. Alteración de la roca
5. Dureza de la roca
6. Recuperación de la roca

Observaciones secundarias

Se toma en cuenta minerales accesorios de la roca.

Fractura de semi-importancia como betillas, ya sea de turmalina biotita etc. Y minerales afines como lo son yeso, calcita anidrita, parámetros de diaclasa identificadores de falla (material triturado).



### **8.7. Control de muestra.**

En este departamento se lleva a cabo un muestreo para posteriormente ser enviadas al laboratorio para estudiar las siguientes elementos cobre, plata, bismuto, antimonio, plomo, zinc, oxido de cobre (soluble), oro, molibdeno.

#### Actividades

1. Pesar cajas, se pesa toda la caja se anota el peso en la hoja de registro, se saca lo que esta después de la corrida y se le resta.
2. Se toma una muestra homogéneas de la corrida, se pesa y se anota después se pesa en agua y al peso en seco se le resta el peso en agua, para posteriormente dividir el peso seco en la resta. Esto es la densidad de la roca
3. Quebrar núcleos, estos se quiebran en partes más pequeñas de 10 cm, después se pasa por una máquina que los quiebra a la mitad. Una mitad se queda en la almacén como testigo y la otra se manda a laboratorio para ser analizado

Toda esta información aterriza a una base de datos llamada AQUIRE.

## 9. Topografía.

Estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los 3 elementos del espacio. Estos elementos pueden ser; distancias, elevación y dirección.

Para distancias y elevaciones se emplean unidades de longitud (en sistema métrico decimal), y para direcciones se emplean unidades de arco (Grados sexagesimales).

### 9.1. Descripción de equipos topográficos.

Leica modelo 1700, tiene una lectura de 5 Km, cuando el cielo está despejado y con neblina tiene una lectura de hasta 3 km.

Se debe de localizar diariamente los avances topográficos de minado (cresta y pata), de palas, barrenos de voladuras, barrenos de exploración, rampas, caminos de acarreo, tiraderos para depósito de tepetate, patios de riego de material lixiviable, así como obras de infraestructura. Este trabajo es realizado por la Estación total o por el GPS. El plano de los avances es a escala 1:500. La información se va guardando en una memoria que trae la estación total, de ahí se pasan los datos a una computadora para ser trabajada con el programa MineSight, que este a su vez nos da los planos de los avances diarios, así como de los levantamientos que se realizaron ese día.

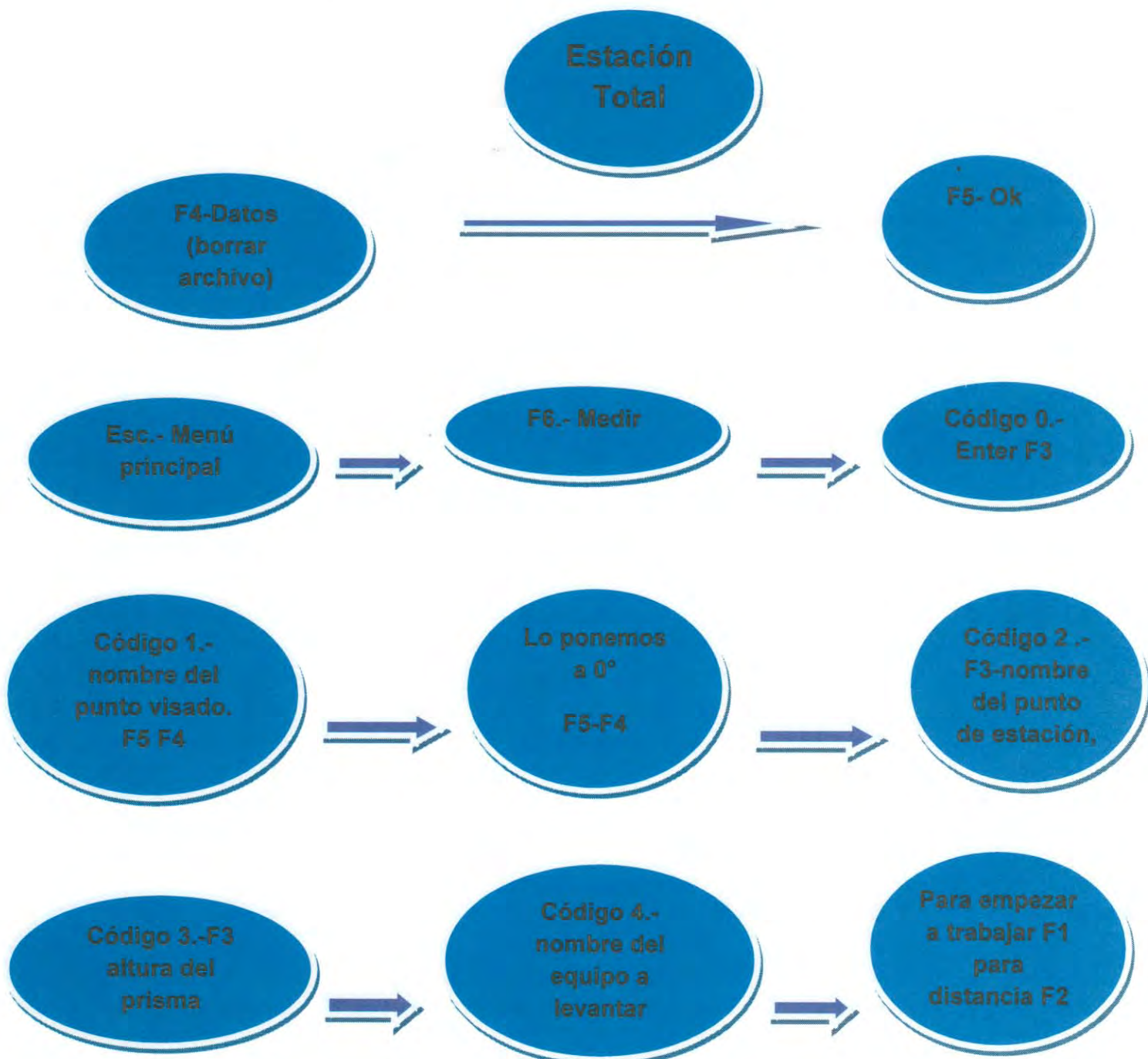


**Figura 10.** Estación Total modelo 1700 Laica

## 9.2. Descripción del Procedimiento.

Primero colocamos el tripie en un punto conocido, y nivelamos con una plomada óptica; se instala la pantalla y realizamos la nivelación electrónica con los 3 tornillos, después insertamos la tarjeta de memoria del aparato para visualiza el punto visado (punto de atrás), que sirve como ángulo de referencia de manera horizontal, se alimenta el aparato con una serie de códigos para empezar los levantamientos localizados en diagrama número 1 que se muestra a continuación.

**Diagrama 1.** Códigos para la iniciar un levantamiento en la estación total



La persona encargada de portar el prisma lo sostiene mirando hacia el punto donde está situada la estación total, está a su vez envía los rayos; el prisma los recibe y reenvía con distancia y coordenadas de diferentes puntos en cresta, así como también se levantan los barrenos de perforación (rotaria nuevos) y patas. Se guardan todos los puntos en la memoria y se descargan en la computadora para obtener las líneas de avance formadas.

Una vez que se tienen las líneas de avance, se pasan (calcan) al plano topográfico del banco correspondiente, anotándose a cada avance la fecha y número de barreno (en caso de que haya nuevos). Para hacer esto de una manera fácil se realiza el calcado apoyándose en una mesa iluminada.



**Figura 11.** Prisma

## 10. Control de leyes de minería.

El control de producción se refiere a la verificación para que se cumpla con lo planeado, reduciendo a un mínimo las diferencias del plan original, por los resultados y práctica obtenidos.

En este departamento se ven los elementos de control de leyes del mineral, la planeación de la zona que se va a minar, así como también la realización de reportes diarios del minado. Para realizar dicho trabajo se ayudan con el programa MineSightOperations, dicho programa está configurado con las necesidades de la empresa donde con una poligonal marcan el material a minar que este mismo les da la ley y tonelaje. El tonelaje diario debe de ser de 90 toneladas con una ley de cobre como las que se muestran en la figura 12.

Todos los días se da un recorrido por todos los lugares donde se encuentran las palas y perforadoras trabajando, con este recorrido podemos observar el avance de las maquinas.

Ley de cobre (cu).

0.00 – 0.15	TEPETATE
0.16 – 0.29	LIXIVABLE
0.30 – 0.49	LEY BAJA
0.50 – 0.79	LEY MEDIA
>0.80	LEY ALTA

**Figura 12.** Rango de ley y color de material

Después del muestreo se manda el material a laboratorio este se encarga de analizarlo y mandar la información con un número del análisis realizado, el laboratorio analiza los diferentes minerales; Cu, Mo, CuSn, CuO, Fe, As, Sb, Bi, Pb, Zn, con estos resultados se conoce la ley del material que se va a minar, para saber el destino que llevara ya sea a los patios de lixiviación, concentradora o tepetate.

### 11. Muestreo Barrenos de Voladura.

La marcación de barrenos se realiza en el banco donde se va a barrenar y por lo tanto ese será el lugar donde se volara. Este trabajo se realiza basándose en un estudio de suelo, se comienza a marcar según la dureza de la roca, donde en suelos duros se utiliza una distancia de 8-9 metros, en dureza media de 9-11 metros y en suelos blandos de 11-12 metros. Teniendo en cuenta una separación de la cresta por lo menos 6 metros.

La forma de muestreo que se utiliza en la mina es muy exacta, los barrenos tienen una profundidad de 17 metros, y una separación de barreno a barreno de 8 metros, al ir barrenando la perforadora, deja un cono en la parte de arriba del barreno. Este cono que se forma es dividido en cuatro partes iguales, esta partidura es mentalmente, después se toma una palada de cada parte poniéndola en una lona, cuando ya tienes las 4 paladas del barreno, se homogeniza la muestra para así tomar una mejor muestra representativa de 2 kg. Aproximadamente. Esta muestra se deposita en una bolsa de plástico con el número de barreno.

El barreno se enumera a cómo va la continuación y se coloca el número en una estaca para su mejor identificación.



Figura 13. Descripción de Muestreo

## 12. Modelo geológico.

El procedimiento que se utiliza para realizar la caracterización geológica es la interpretación de las secciones verticales, longitudinales y oblicuas, utilizando la información de los principales controles geológicos como litología, zona de mineralización y alteración hidrotermal.

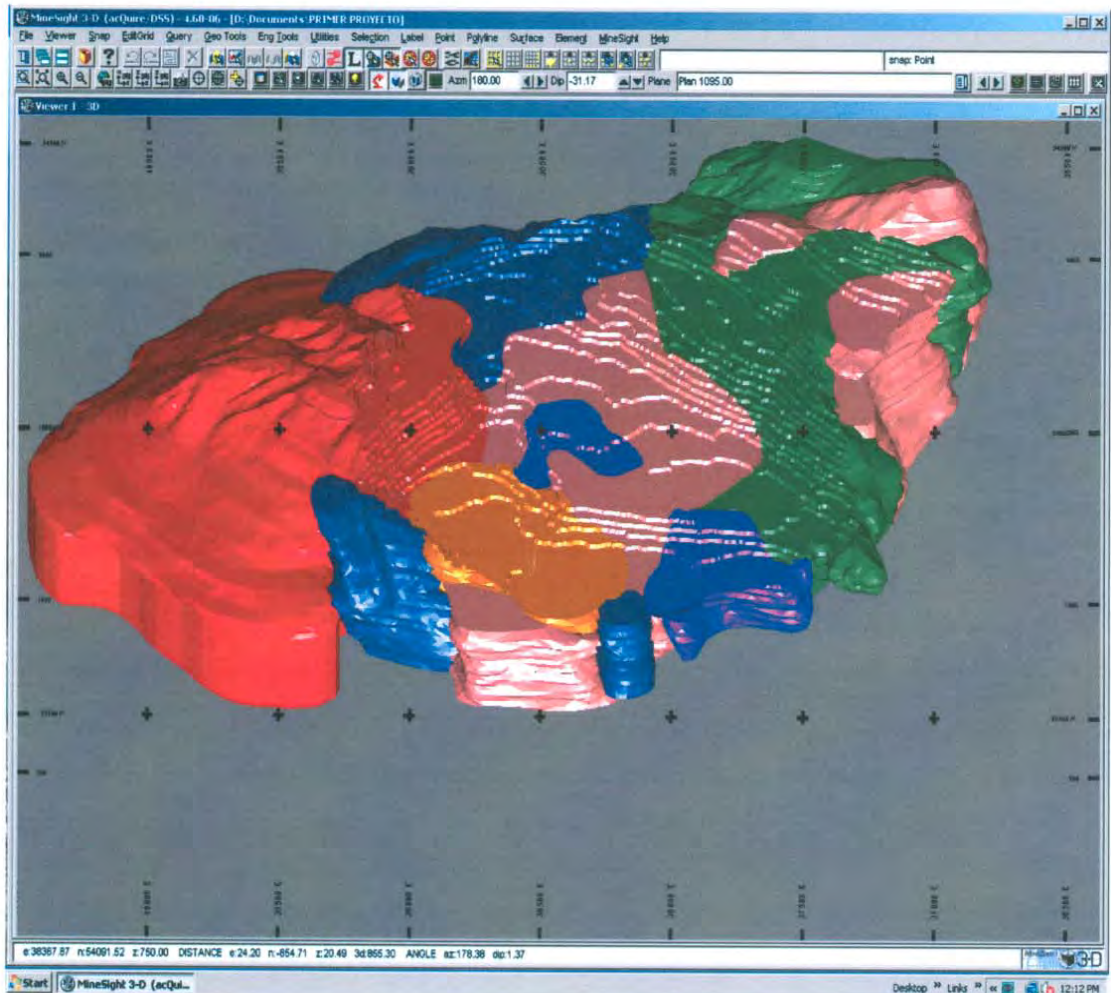


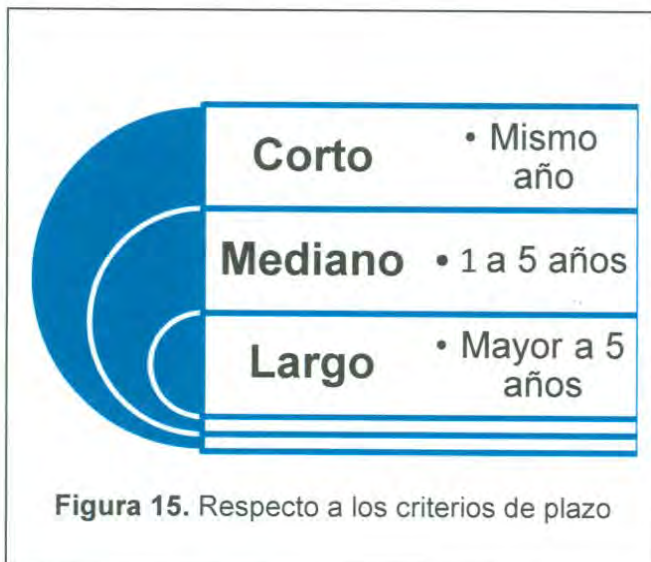
Figura 14. Modelo Geológico en MineSight

El modelo geológico de la caridad se realiza en 3D con la ayuda del software MineSight, el cual es un modelo de bloques tridimensionales elaborado para efectos de cálculo del recurso geológico del yacimiento.

El tamaño del bloque utilizado fue 25 metros en las direcciones E-W y N-S, con bancos de 15 metros. El modelo incluye información topográfica y los códigos geológicos para cada dominio a ser utilizado en la restricción geológica del proceso de interpolación.

### 13. Planeación.

Como su nombre lo indica, es el departamento encargado de planear a corto, mediano y largo plazo la explotación de la mina. Una planeación para alcanzar medianos o largos plazos no se puede derivar simplemente para los datos de 12 meses. El grado de incertidumbre respecto al desarrollo esperado crece en la misma medida en la que el lapso planeado.



La planeación de la mina es administrada mes a mes, en esta se denota la cantidad de material que tiene que ser enviado a cada uno de los posibles destinos y las leyes requeridas. Los objetivos a cumplir (volumen y leyes) es establecido por el director general de Minería México.

Para cumplir estos objetivos, se trazan las pautas de cuánto y donde se explotará mineral día a día; las cuales se supervisan a partir de observaciones topográficas. Estas

observaciones marcan el progreso de la mina, actualizando en los planos la superficie minada (cresta y pata) y los barrenos para continuar con una operación rentable. Con el apoyo de las máquinas perforadoras, el departamento analiza cada uno de los barrenos realizados para conocer el tipo de mineral que se encuentra en el banco. Estos análisis se separan en cinco principales categorías (utilizando colores), las cuales determinan hacia donde será enviado el material.

Con toda la información obtenida, se realizan los planes de explotación de mineral para el turno nocturno del mismo día y diurno del día siguiente. Estos reportes son enviados al departamento de operación para ser ejecutados; y de esta manera, cumplir con los objetivos diarios de producción. El departamento también apoya a operación en el campo; colocan banderas y listones en las zonas que van a ser minadas para separar determinadas áreas de acuerdo a la ley que tiene cada una.



El departamento cuenta con el apoyo del programa MineSight que es un Software Geológico – Minero que está integrado por una serie de módulos, cuya filosofía es utilizar los programas de exploración como fuente de información para determinar un patrón de explotación factible.


 Mexicana de Cobre, S.A. de C.V. Superintendencia de Ingeniería y Planeación Mina Dic. '2011																
Banco	Pala	Mineral				Lixiviable					Tepetate				Total	
		Toneladas	% Cu.	% CuO.	% Mo.	% Fe.	Toneladas	% Cu.	% CuO.	% I.S.	Terraza	Toneladas	% Cu.	Reminado		Tiradero
1230	9	385,637	0.234	0.073	0.046	3.255						647,872	0.090	8,670	1320CB	1,042,180
1245	10	558,020	0.368	0.023	0.029	3.631	494,160	0.270	0.020	0.240	1380S					1,042,180
1350	11	101,263	0.339	0.020	0.022	2.958	784,590	0.240	0.020	0.260	1410G					885,853
1575	12	113,248	0.385	0.100	0.012	2.872	224,622	0.230	0.080	0.550	1545G	414,161	0.049	281,464	1590SD	1,033,495
1260	15	152,988	0.392	0.011	0.022	3.008	737,144	0.220	0.010	0.340	1380S	91,254	0.130		1320CB	981,386
1560	16	319,805	0.420	0.066	0.015	6.176	406,381	0.210	0.050	0.360	1545G	307,309	0.100		1590SD	1,033,495
1260	223	549,332	0.363	0.015	0.049	3.308						91,373	0.120		1320CB	640,706
1245	224	640,706	0.244	0.011	0.084	3.086										640,706
<b>Total</b>		<b>2,821,000</b>	<b>0.327</b>	<b>0.033</b>	<b>0.0449</b>	<b>3.593</b>	<b>2,636,897</b>	<b>0.234</b>	<b>0.027</b>	<b>31.48</b>		<b>1,551,969</b>	<b>0.085</b>	<b>290,134</b>		<b>7,300,000</b>
														1,842,103	235,484	

Figura 16. Programa de producción de mina “La caridad” dic, 2011

### 13.1. Diseño de una Rampa en MineSight.

En el diseño se inicia de abajo para arriba la rampa debe de ser con un ancho de 40 metros esto depende del diseño de la mina.

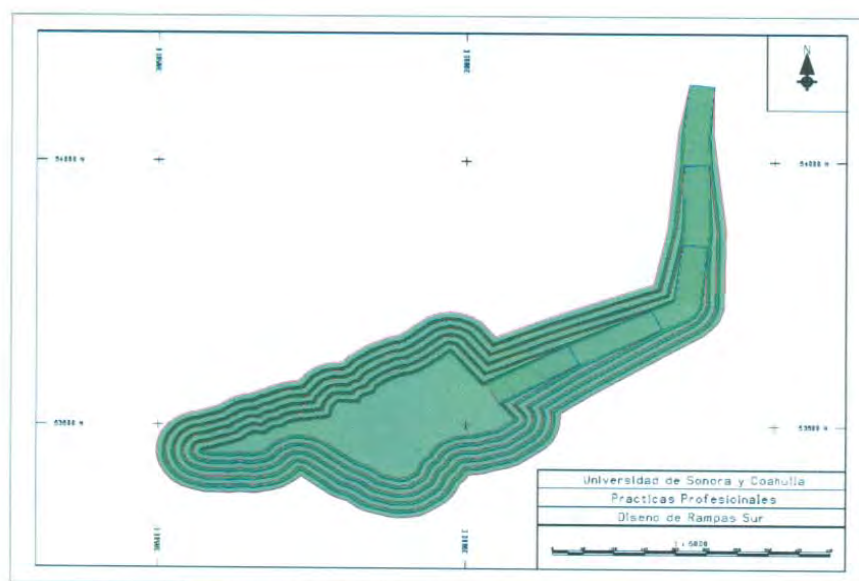


Figura 17. Diseño de rampa para mina con una pendiente no mayor a 10%

#### 14. Mina “La Caridad”.

La explotación a cielo abierto se desarrolla en un área aproximadamente de 2,6 km<sup>2</sup>, a una altura de entre 1365 y 1680 m.s.n.m. El yacimiento se mina por el sistema tajo, con bancos de 15m. De altura, los que se forman al remover, con equipo mecánico el mineral previamente aflojado con explosivos. El movimiento de los materiales se planea a corto, mediano y largo plazo, mediante la aplicación del sistema Dispatch, que incluye sistemas computarizados y GPS alimentados por levantamientos topográficos con taquímetro electrónico, logrando una optimización en el tiempo para la programación diaria de movimiento de materiales aproximadamente 235, 616 toneladas diarias.

Todo material obtenido se clasifica de acuerdo a los valores de cobre que contiene:

- Materiales con ley de corte superior al 0.30% de cobre se envía a la planta concentradora de 90,000 a 120,000 ton.
- Material con ley de entre 0.15 y 0.30% de cobre se envía a planta de hidrometalurgia de 60,000 y 80,000 ton.
- Material con ley inferior a 0.15% de cobre enviado a terreros de tepetate.

Los equipos que actualmente utiliza la gran mina “LA CARIDAD” son de grandes dimensiones y capacidades. Es normal encontrar palas gigantes que con su balde puedan extraer 84 Toneladas de mineral en cada operación de carguío a los camiones con capacidad de carga superior a las 300 ton.



**Figura 19.** Mina La Caridad

## **14.2. Descripción del ciclo de Mina.**

### **14.2.1. Descripción de proceso de Perforación.**

Es el área encargada de realizar los barrenos de voladura en cada uno de los bancos con el apoyo de perforadoras. Esta maquinaria realiza perforaciones de manera ordenada, creando una "Planilla de Barrenos" con separación de 8m x 8m entre cada uno de ellos; y una profundidad de 15m, el diámetro de perforación es de 12 ¼ pulgadas.

Se utilizan brocas tricónicas para realizar las perforaciones, estas son inyectadas con aire a presión durante el proceso para extraer el material pulverizado a la superficie; a este material se le denomina recorte o detrito. Al analizar en el laboratorio una muestra de cada uno de los recortes, se clasifica la planilla de acuerdo a la ley obtenida.

### **14.2.2. Voladuras.**

Después de hacer la barrenación para la voladura la cual tiene un diámetro de 12 ¼ pulgadas y una profundidad de hasta 17 mts. Y conocemos el tamaño, dureza, forma y localización del tipo de roca, se puede proceder a cargar de forma adecuada los barrenos, tomando en cuenta el diámetro, dirección y profundidad requeridos, esto para que al activar las cargas debidamente calculadas, se logre el máximo rendimiento de fracturación con el mínimo riesgo.

Para esta unidad minera hay dos tipos de voladuras en echelon o en línea:

- La voladura en echelon: consiste en detonar barrenos con retardos, por lo general de 100 ms, en el espaciamiento y de 2-4 ms. en el bordo, para lograr formar una especie de línea cruzada de detonación. Este tipo de voladura sirve para fragmentar mejor la roca, y es usada principalmente en bancos con mucho mineral para disminuir costos de trituración; la desventaja de este diseño es que no deja bien marcada la cara libre que se necesita para la siguiente voladura.
- La voladura en línea: como su nombre lo indica consiste en tumbar línea por línea de barrenación, usando un retardo aproximado de 2-4 ms, en el espaciamiento y un retardo de 100 a 200 ms. en el bordo, haciendo de esta forma que el material en movimiento salga siguiendo un orden, línea 1, línea 2, etc.



**Figura 20.** Voladura

Las concentraciones adecuadas de alto y bajo explosivo son las siguientes:

- zona de roca muy dura usar un heavy ANFO de 42-58 E-A (42% de Emulsión por 58% de ANFO).
- zona de poca dureza usar un Heavy ANFO de 25-75 E-A.

Los retardos son usados para ayudar a tener una mejor fragmentación de la roca y darle alivio a la voladura. La concentración ideal del ANFO (Amonium Nitrate Fuel Oil), es de 94% nitrato y 6% diesel, sin embargo, en ocasiones se le agrega aceite quemado de la maquinaria para ahorrar costos en manejo de residuos peligrosos, con la desventaja que en ocasiones disminuye la velocidad de detonación y hace un poco menos eficiente la voladura.

Por lo general los barrenos se cargan de esta manera: carga de fondo (booster con fulminante), carga de columna (Heavy ANFO), y taco que se rellena con material del mismo barreno o en ocasiones grava. Como iniciadores se utiliza un ikon (electrónico) ya que es más preciso en sus retardos y fragmenta mejor la roca, por lo cual se usa principalmente en zonas mineralizadas, mientras que el handidet es usado para zonas lixiviables y de tepetate, donde solo importa aflojar el terreno para su rezago.

El tonelaje de una voladura se calcula multiplicando bordo x espaciamento x altura de banco x densidad x número de barrenos.

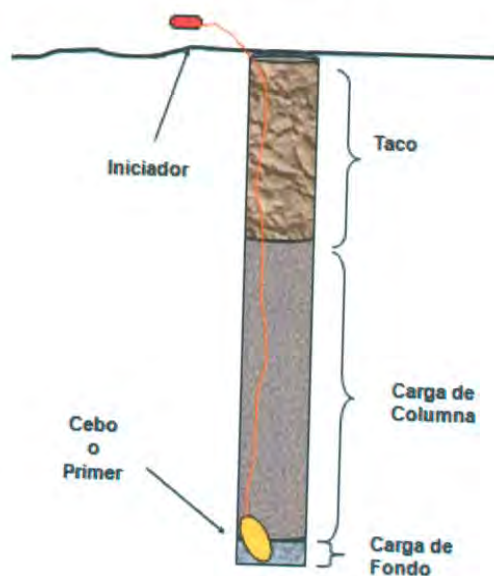


Figura 21. Cargado de barreno

#### 14.2.3. Descripción de proceso de Cargado.

Es el área encargada de realizar la extracción del mineral del banco con el apoyo de palas o cargadores de rueda. Estas maquinarias retiran el material previamente volado de los bancos con la ayuda de cucharones, el cual es depositado en camiones que se encargan del acarreo del mineral al destino determinado. Al ser una maquinaria muy pesada, esta permanece estable en un banco hasta agotarlo, tienen pequeños movimientos dentro del mismo para facilitar la extracción del mineral una vez que llegan a la cara libre (zona del banco no volada).

#### 14.2.4. Descripción de proceso de Acarreo y Descarga.

Estas dos áreas del ciclo de mina se pueden consolidar, ya que es la misma maquinaria la que se encarga de ambas operaciones. Con el apoyo de camiones de carga el mineral es transportado desde el banco explotado, hasta cualquiera de los tres destinos posibles; quebradores, terrero lixiviable o tepetate. Estas maquinarias realizan una gran variedad de viajes para poder cumplir con los volúmenes establecidos por gerencia.

El departamento de operación cuenta con un gran número de maquinarias para cada uno de los ciclos de mina; sin embargo, también cuenta con equipos auxiliares que sirven para mejorar las condiciones de trabajo o darle mantenimiento a la mina. Estos equipos realizan rampas de acceso, caminos, distribución de material en terreros y limpieza.

## **15. Planta ESDE (Extracción por solventes y deposición electrolítica).**

La planta ESDE, tiene la finalidad de procesar el mineral de baja ley que se encuentra en el yacimiento, ya que este no puede ser tratado por el proceso de concentración esto debido a su incosteabilidad. La planta tiene una capacidad de diseño para 60 toneladas con una pureza del 99.999%.

Las leyes que se manejan en la mina para los diferentes procesos son:

- 0.30% en adelante es enviado a concentradora.
- 0.15% a 0.30% se deposita en patios o terreros de lixiviación.
- 0.15% o menor es tepetate mandado a los tiraderos.

### **15.1. Proceso de lixiviación.**

Es el proceso de disolución del ion cobre en el mineral mediante la adición de una solución acida ferro-cuprífera con el fin de obtener una solución acuosa con el metal de interés.

Los pasos para la lixiviación constan en el armado de los terreros, los cuales se explicaran a continuación:

La gerencia de mina hace una carta de entrega a la planta Esde con los datos de la terraza entregada, en ella podemos encontrar las hectáreas, tonelaje, índice de solubilidad, ley de cobre y cobre soluble, una vez entregado se programa su armado. se comienza con el ripeo para descompactar el terreno y comenzar a armar el riego; para lo cual se utilizara:

- Tubería de polietileno de 4", 10", 18" (La cual se pegaran con la máquina de termofusión).
- Válvulas de 10", reguladoras de presión y de drenado de tubería de 4".
- Aspersores o wobbler.
- Abrazaderas, filtros de 4".

Ya terminado el armado se comienza a tratar el material con la solución de colas que vienen de los trenes de extracción.

La gran mayoría del mineral se encuentra como sulfuros los cuales son:

- Pirita.
- Calcocita.
- Calcopirita.
- Molibdenita.

Estos minerales contienen gran cantidad de Cu, lo cual se busca lixiviar y obtener el cobre en forma líquida, al cual se le conoce como licor, pero este tipo de minerales cuentan con una capa refractaria por lo cual hay que tratarlos, como el mineral se encuentra como sulfuros y necesitamos recuperar el mineral le agregamos un agente lixiviante;  $H_2SO_4$  a una concentración de 8-12 g/l. En la actualidad se hacen pruebas para lixiviar con bacterias.

El material depositado en los patios de lixiviación se baña con ácido sulfúrico (solución de colas), se recolecta el cobre en forma líquida debido a una ligera inclinación que tienen los patios y se envía a los repesos, que contienen la solución cargada, lo cual forma una solución iónica que es bombeada a los trenes de extracción por solventes.

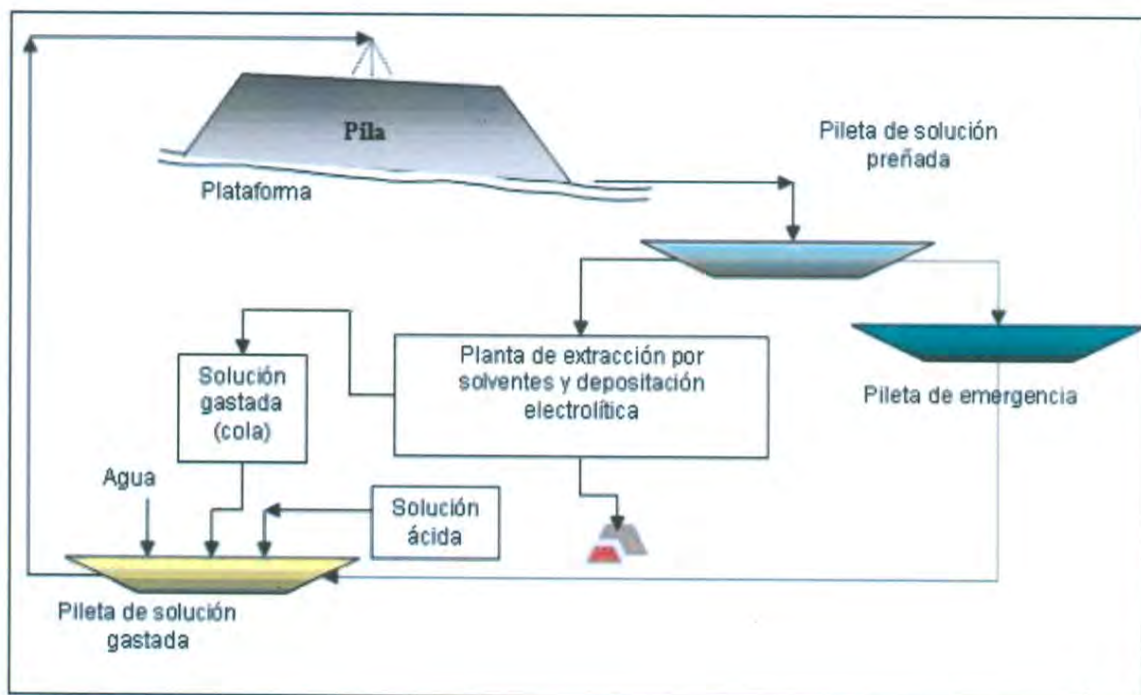


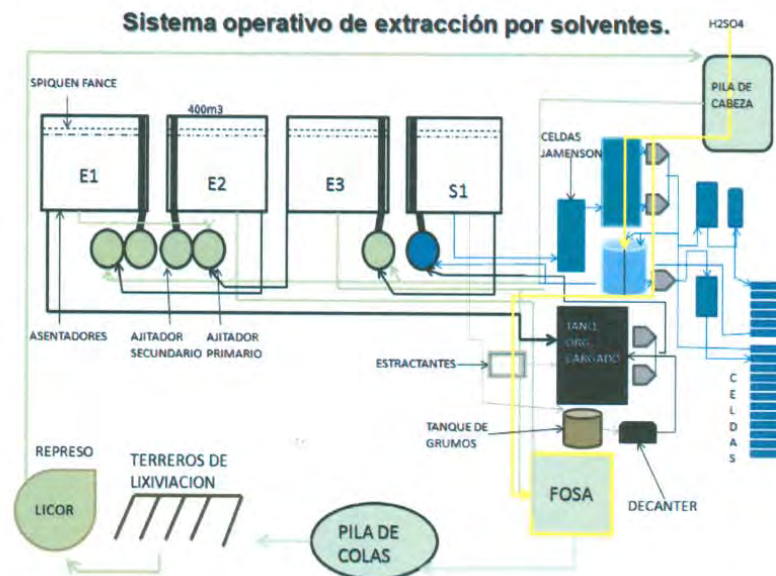
Figura 22. Sistema operativo de patios de lixiviación

### 15.2. Proceso de extracción por solventes.

Una vez obtenido el licor o la solución de cabeza en el repeso, se bombea a la pila de cabeza, de ahí pasa por gravedad a los trenes de extracción.

El objetivo principal de los trenes de extracción como su nombre lo indica es extraer, concentra y purifica la solución acuosa alimentada de cobre de la solución rica que viene de los patios de lixiviación; Se agita y se separa el orgánico el cual nuevamente se vuelve a depositar con ácido sulfúrico, donde por último se obtiene una solución electrolítica que pasa directamente a electrodeposición.

El proceso de los trenes de extracción se verá más detalladamente.

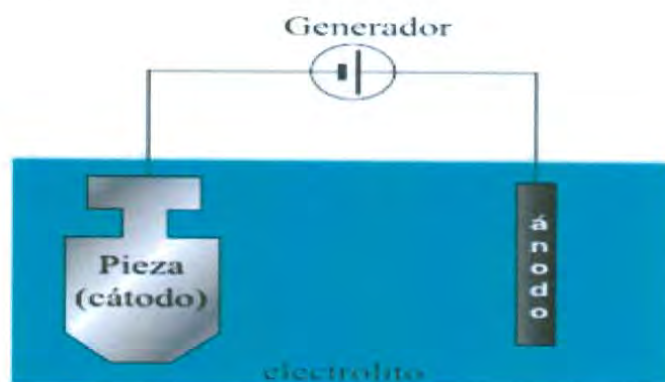


**Figura 23.** Sistema operativo de extracción por solventes

### 15.3. Proceso de electrodeposición.

Una vez obtenido el electrolito rico de la solución de cada tren con porcentajes de 45 a 50 g/l de cobre, el electrolito se maneja en extracción con una concentración de 180 a 200 g/l de  $H_2SO_4$ .

Este proceso consta de celdas electrolíticas en las cuales están sumergidos el ánodo que está hecho de plomo, y cátodo de acero inoxidable con una barra de cobre en su parte superior que es por donde pasara la corriente formando un circuito en todas las celdas, en cada celda se cuentan con 54 cátodos y 55 ánodos.



**Figura 24.** Proceso de electrodeposición en celdas



Las celdas electrolíticas están formadas de un material de corcho con un recubrimiento de porcelana, el flujo en la celda se dispersa mediante un manifold de PVCP. Se cuentan con un total de 78 celdas comerciales y 16 celdas limpiadoras conectadas en serie a las cuales se les suministra un voltaje de 30,000 Amp. Esto es en relación de los g/l que traemos de cobre en el electrolito y el PH de tal solución.

Un factor muy importante es el lavado de celdas que generalmente se limpian de 6 a 8 celdas por semana para evitar la contaminación de plomo en el cobre. Cuando dos electrodos se conectan a una fuente de voltaje y se sumergen en una disolución que contiene iones, los iones positivos emigran al electrodo que tiene el exceso de electrones en una placa de acero inoxidable denominada cátodo, los iones negativos emigran hacia el electrodo deficiente de electrones (ánodo), todo esto por un tiempo de seis días promedio.

Si la diferencia de potencial entre los electrodos es lo suficientemente grande, algunas especies perderán electrones en el ánodo y se oxidarán; al mismo tiempo, otras especies ganarán electrones en el cátodo y se reducirán. Se ha llevado a cabo una reacción REDOX mediante el suministro de energía por una fuente externa.

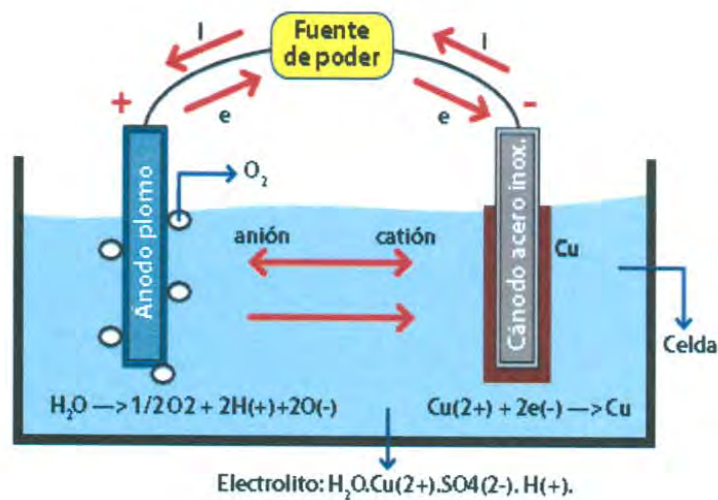


Figura 26. Fuente de poder

#### 15.4. Proceso de almacenamiento y embarque.

Cuando ya se termina de depositar el cobre en el cátodo mediante una grúa viajera se lleva al área de desforre tomando los cuidados tanto operativos como la limpieza del Cu. La producción diaria es de 70 a 75 ton/día que equivalen a 16 celdas diarias con una pureza del 99.999% de Cu.

La máquina desforradora mediante un sistema computarizado pasa los cátodos por la cámara de lavado a una temperatura de 45 a 60 °C, después desforra los cátodos y los manda al patio de embarques para formar los bultos de 53 placas de Cu con un peso variable de 2,000 a 2,500 Toneladas, por celda se obtienen dos bultos de dichas cantidades.



**Figura 25.** Deshojado de cátodos de cobre



### 15.6. Biolixiviación.

Biolixiviación es el nombre que se le da al proceso que consta de un conjunto de reacciones químicas catalizadas por microorganismos teniendo como resultado la disolución de minerales; las bacterias lixivian, es decir, disuelven las rocas o minerales (por eso el proceso se llama Biolixiviación o Lixiviación Biológica), para obtener la energía que necesitan a expensas de sustancias inorgánicas, liberando de paso cobre en mayor cantidad que con métodos convencionales.

Estos microorganismos son capaces de disolver cobre de terreros que contienen mineral de muy baja ley y que no era posible económicamente extraerlo con los métodos tradicionales. Este fenómeno se está estudiando en terreros de lixiviación, aislándose y cultivándose estos microorganismos para luego sembrarlos o depositarlos como una forma de mejorar el proceso que se da en forma natural.



**Figura 28.** Muestra de la biolixiviación

**16. Conclusión.**

Como conclusión al culminar mi estancia como practicante en la empresa Mexicana de Cobre Mina-concentradora La Caridad. Desarrollándome día a día con sus enseñanzas, puedo decir que tuve muy buenas experiencias, respecto al apoyo que se me brindo por parte del equipo de trabajo, adquirí conocimientos del área de topografía, planeación, control de producción, geología, operación mina y planta ESDE. En todas las áreas del departamento de mina hice mi mayor esfuerzo en aprender día a día.

Las actividades realizadas fueron hechas en base al programa que me proporciono la superintendencia de ingeniería y planeación mina. En los cuales elabore actividades afines a cada departamento ya fueran en campo o en gabinete. Durante mi estancia pude observar que la iniciativa y el esfuerzo del personal que labora en la empresa esto se manifiestan en los resultados que se han logrado en aspectos como producción, recuperación, estabilidad de las operaciones, mantenimiento, etc. Existe un continuo estudio de proceso con el objetivo de mejorar las operaciones y sistemas, mediante experimentaciones, análisis, revisiones, con lo que se ha cumplido importantes logros que han significado ahorros económicos muy importantes.

### **17. Agradecimientos.**

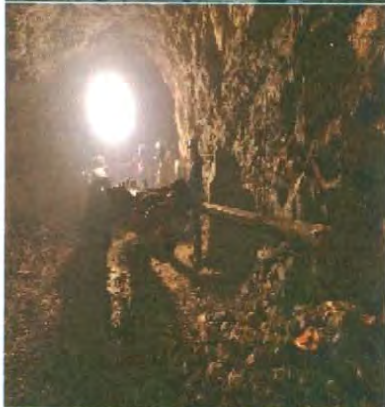
Mi estancia y aprendizaje se pudo completar gracias al esfuerzo, dedicación y ayuda de mis compañeros de trabajo de la Unidad Minera Mexicana de Cobre Mina-Concentradora La Caridad:

- Ing. Juan José Cervantes
- Ing. Oscar Moreno
- Ing. Marco Antonio Rivera
- Ing. Pablo Mena
- Ing. Marco Antonio Figueroa Quijada
- Ing. Christian Torrecillas Garza
- Ing. Joel Adalberto Pacheco Pillado
- Ing. Bernardino García
- Ildelfonso Montaña Encinas
- Vicente Grijalva
- Abelardo Robles Guerrero
- Flavio Canchola Reyes
- Geo. José Antonio Ortiz Bonillas
- Geo. Enrique Espinoza Medina
- Ing. Martín Munguía
- Ing. José Luis Amaya Ochoa
- Ing. Antonio García

# **Practica 2**

---

## **Mina Subterránea**



**FIRST MAJESTIC**  
SILVER CORP.

**Universidad de Sonora**  
**Departamento de Ingeniería en**  
**Minas**

**REPORTE DE PRACTICAS**  
**PROFESIONALES**

**Michelle Paola Cerecer Amavizca**

**Mina de plata La Encantada**

**Diciembre 2012.**



1.	Introducción .....	1
2.	Objetivo general .....	1
3.	Misión .....	2
4.	Infraestructura .....	2
5.	Acceso y Localización del área .....	3
6.	Geología .....	4
6.1	Rocas Sedimentarias .....	4
6.1.1	Formación Aurora .....	4
6.1.2	Miembro Inferior. Kai .....	4
6.1.3	Miembro Superior Kas .....	5
6.1.4	Formación Cuesta del Cura .....	5
6.1.5	Miembro Inferior Kcci .....	5
6.1.6	Miembro Superior Kccs .....	5
6.2	Rocas Intrusivas .....	5
6.3	Mineralización .....	7
6.3.1	Chimeneas .....	7
6.3.2	Cuerpos de Contacto .....	7
6.3.3	Mantos de Reemplazamiento .....	7
7.	Topografía .....	8
7.1	Nivelación de Estación .....	9
7.2	Levantamiento topográfico .....	10
7.3	Levantamiento de rampas, cruceros, rebajes, frentes y contra frente .....	11
7.4	Marcaje y colocación de tapones de piso .....	11
7.5	Tapones de rumbo .....	12
8.	Brújula .....	14
8.1	Objetivos del uso de la brújula .....	14
9.	Levantamientos Geológicos .....	15
9.1	Mapeo .....	15
9.2	Levantamiento geológico con cinta métrica .....	17
9.3	Sección en AutoCad de levantamiento geológico o mapeos .....	18
10.	Descripción de núcleos y cálculo de RQD .....	19

11.	Descripción de diferentes tipos de Muestreo .....	20
11.1	Muestreo de canal.....	20
11.2	Muestreo de rezaga .....	20
12.	Unidad La Encantada .....	21
12.1	Nociones de minería subterránea .....	22
12.2	Sistema de Minado o método de explotación subterráneo .....	25
12.2.1	Corte y Relleno convencional.....	25
12.2.2	Rellenos.....	26
12.2.3	Abastecimiento del relleno .....	26
12.2.4	Ciclos de producción.....	26
12.2.5	Ventajas y desventajas del método de explotación corte y relleno .....	27
13.	Ventilación .....	28
13.1	Maquinas Robbins .....	28
14.	Descripción del ciclo de Mina .....	30
14.1	Descripción del proceso de perforación .....	30
14.2	Descripción del proceso de Cargado (Rezagado) .....	30
14.3	Descripción del proceso de Transporte (Acarreo) .....	31
14.4	Descripción del proceso de Voladuras .....	31
14.4.1	Cargado de explosivos.....	33
15.	Seguridad para contrapozo.....	34
16.	Método de cianuración .....	35
17.	Laboratorio de ensayos .....	37
17.1	Absorción atómica.....	37
18.	Conclusión.....	42
19.	Agradecimientos.....	44

## Figuras

Pág.

1. Unidad Minera La Encantada .....	2
2. Plano de localización Unidad La Encantada.....	3
3. Formación de rocas sedimentarias en núcleo .....	6
4. Sección de mantos de remplazamientos .....	7
5. Nivelación de estación.....	9
6. Levantamiento topográfico .....	10
7. Marcación de tapones .....	12
8. Volumen del polígono.....	13
9. Brújula Brunton .....	14
10. Levantamiento geológico.....	16
11. Levantamiento geológico con cinta métrica .....	17
12. Sección RPA 986 AutoCaD .....	18
13. Núcleos de exploración .....	19
14. Muestreo de canal y rezaga .....	20
15. Mina La Encantada .....	21
16. Vista en Planta Mina La Encantada.....	22
17. Nociones mineras.....	23
18. Corte y relleno.....	27
19. Maquina Robbins .....	29
20. Barrenacion.....	30
21. Camión de bajo perfil.....	30
22. Scooptram.....	31
23. Diferentes tipos de explosivos .....	33
24. Contrapozo.....	34
25. Planta de cianuración .....	35
26. Diagrama de flujo de la planta de beneficio 2 .....	36
27. Aparato de Absorción Atómica .....	37
28. Reporte Banda Molino N° 1 planta N° 1 .....	39
29. Reporte Banda Molino N° 2 planta N° 2 .....	40
30. Descripción cabeza, soluciones y toneladas molidas planta N° 1.....	41
31. Descripción cabeza, cribas, agitador, filtros, lavador planta N° 2.....	42

## **Mina de plata “La Encantada”.**

### **1. Introducción.**

La mina de plata La Encantada es 100% propiedad de First Majestic Silver Corp. e incluye una planta de cianuración de 4.000 tpd. El sitio abarca 4.076 hectáreas de derechos mineros y 1.343 hectáreas de derechos de superficie. Una secuencia de rocas carbonatadas de edad Cretácica aflora en el Distrito Minero de la Encantada y que corresponden a las Formaciones Aurora y Cuesta del Cura, estas son cortadas por rocas intrusivas como stocks, sills, diques y apófisis de sienita, andesita riolita y lamprófidos de edad terciaria. La propiedad La Encantada ha estado en la cartera de activos de First Majestic desde 2006 y se ha convertido en la mayor operación de la Compañía.

El presente informe corresponde al reporte de prácticas profesionales como practicante de la carrera de ingeniería en mina de la universidad de Sonora, en el periodo de diciembre 2012, la unidad minera La Encantada, se ubica en el estado de Coahuila, siendo una mina subterránea de plata y Plomo.

### **2. Objetivo general.**

El principal objetivo de mis practicas profesionales era aprender y conoser acerca de mi profesion a través de la participación en mis labores asignadas por los Ingenieros, logrando así complementar mis estudios teóricos, y comprobar la utilidad de estos en la práctica, además poder vincularme en el área laboral, lo que me permitirá involucrarme en el área empresarial.

### **3. Misión.**

Asegurar el crecimiento, aumentando el valor de nuestros logros recursos minerales de manera sustentable.

### **4. Infraestructura.**

La mina incluye una planta de beneficio, pista de aterrizaje, viviendas, oficinas, edificios auxiliares, laboratorio, restaurante, tienda, centro de recreación y un paquete de tierra de aproximadamente 4000 hectáreas.



**Figura 1.** Unidad Minera La Encantada

## 5. Acceso y Localización del area.

La Encantada se ubica hacia la porción noroeste del estado de Coahuila, en los municipios de Ocampo y Muzquiz, Coahuila. Geográficamente se encuentra entre las coordenadas  $28^{\circ} 15' - 28^{\circ} 30'$  de latitud norte y  $102^{\circ} 20' - 102^{\circ} 40'$  de longitud oeste. Cubre superficie de 908 km<sup>2</sup>. El acceso se realiza desde la ciudad de Melchor Múzquiz rumbo a Boquillas del Carmen, recorriendo 155 km pavimentados y 13 km de terracería, se llega al cruce donde se toma la terracería que conduce a la unidad minera La Encantada, distante 45 km; de esta terracería se desprende otra que conduce al rancho Las Eutimias, de donde se derivan varias brechas que comunican a diferentes puntos de la porción norponiente, centro y surponiente. Se ubica dentro de las subprovincias Sierras y Cuencas de Coahuila y Serranía del Burro, pertenecientes a la gran provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental.

La Encantada, subsidiaria de First Majestic Silver Corp., cuenta en el distrito con 23 lotes mineros que cubren una superficie de 4076.18 hectáreas.

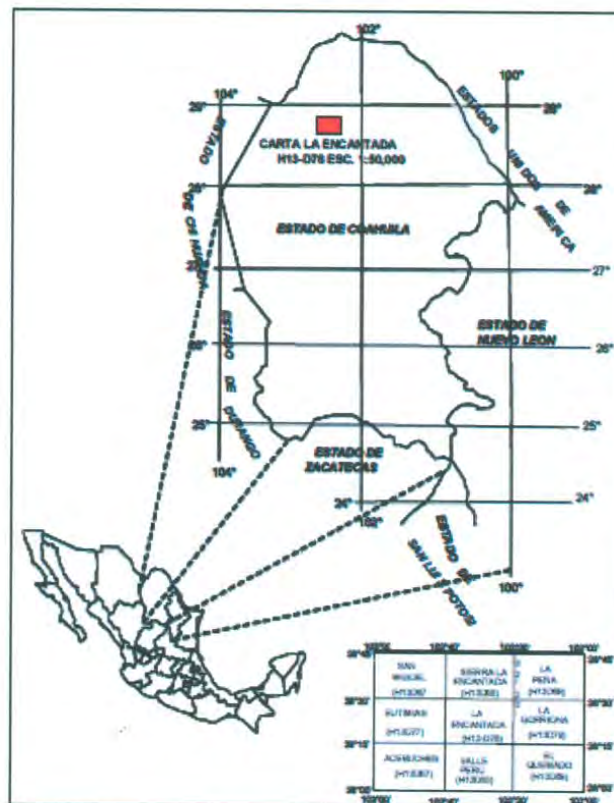


Figura 2. Plano de localización Unidad La Encantada

## **6. Geología.**

La mina de plata está localizada en calizas del cretácico inferior en una secuencia de carbonatos del Mesozoico e interestratificado con esquisto. La mineralización es un conjunto típico de depósitos metasomáticos con alto contenido de plata y plomo. Este conjunto mineral ha sido afectado por un largo proceso de oxidación y enriquecimiento secundario.

La mineralogía de los depósitos de La Encantada es predominantemente óxidos de hierro, carbonatos y sulfatos de plomo con altas concentraciones de plata (silver argentite y nativas), como el resultado de un proceso de oxidación y enriquecimiento en un rango vertical conocida de más de 400 metros. Por debajo de los 1.600 metros de altitud, hay una presencia de sulfuros de Pb-Ag-Zn en la parte suroeste de la mina La Encantada.

En la mina la encantada aflora un grupo de calizas de cretácico intrusionadas por stocks, sills, diques y apófisis de sienita, andesita, riolita, lamprofidos de edad terciaria.

Las calizas se presentan fuertemente plegadas dando lugar a un anticlinal asimétrico regional de rumbo NW-SE con buzamiento al SE, cuyo flanco SW presenta un fuerte disturbio ocasionando por un grupo de fallas normales casi paralelas con el eje del pliegue.

### **6.1 Rocas Sedimentarias.**

Una secuencia de rocas carbonatadas de edad Cretácica se distinguen en el Distrito Minero de la Encantada (GFlores, 1998) y que son:

#### **6.1.1 Formación Aurora.**

Compuesta de calizas de estratificación media a masiva, de color gris claro a gris oscuro; se encuentra subyaciendo a la Formación Cuesta del Cura y sobreyaciendo a la Formación La Peña, según se puede observar en la mina. Se divide en dos miembros atendiendo su espesor de estratificación y contenido de nódulos de pedernal y de oolitas

#### **6.1.2 Miembro Inferior. Kai.**

Consiste de calcarenitas de color beige claro de estratificación masiva principalmente. Presenta horizontes con textura oolítica y abundancia de nódulos de pedernal claro; así como, zonas de brechamiento formacional.

### **6.1.3 Miembro Superior Kas.**

Sobreyaciendo en manera concordante al miembro anterior, se presentan una serie de calcilutitas y calcarenitas beige grisáceo oscuras de estratificación gruesa a media con frecuentes nódulos de pedernal, de hasta 30 cm en su eje mayor de color blanco amarillento, además de la presencia de oolitas, son frecuentes las estilolitas y el lapiaz.

### **6.1.4 Formación Cuesta del Cura.**

Parte superior de la secuencia estratigráfica en la zona, compuesta por calcarenitas oolíticas, calcilutitas y en menor presencia lutitas calcáreas, de color gris con abundantes nódulos y bandas de pedernal, descansa concordantemente a la Formación Aurora. También se divide en dos miembros tomando en consideración su estratificación, abundancia de pedernal y presencia de horizontes de lutita.

### **6.1.5 Miembro Inferior Kcci.**

Representado por una secuencia de calcarenitas oolíticas y calcilutitas con horizontes de lutitas calcáreas, color gris claro y estratificación media a delgada. Presenta abundantes nódulos de pedernal oscuro y que se incrementan de manera notable hacia su cima. Rasgo distintivo en este miembro es la presencia de pequeños nódulos de hierro.

### **6.1.6 Miembro Superior Kccs.**

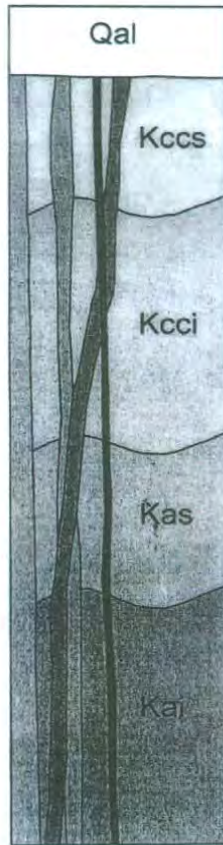
La parte superior de la Formación Cuesta del Cura, está compuesta de calcarenitas oolíticas con horizontes de calcarenitas arcillosas, de estratificación media a gruesa, color gris oscuro y presenta abundantes nódulos y bandas de pedernal blanco.

## **6.2 Rocas Intrusivas.**

Dentro del distrito afloran cuerpos intrusivos como pequeños stocks, sills, diques y apófisis, de sienita, andesita, riolita y lampróvido. Las intrusiones más antiguas son de tipo riolítico, seguidas de las andesitas y finalmente las de lampróvidos. De acuerdo a la distribución de las intrusiones, composición y control de emplazamiento se infiere que provienen de una cámara magmática común, la cual se presentó fuertemente zoneada y controlada estructuralmente.



En la imagen del núcleo que se muestra a continuación (Figura 3), podemos observar, cómo se han ido formando los depósitos de rocas sedimentarias e intrusivas y la formación de la cuesta de cura, con esto podremos entender de una mejor manera las explicaciones anteriores.



**DEPOSITOS DE COBERTURA  
GRAVA, ARENA Y LIMO**

**FORMACION CUESTA DEL CURA**

**MIEMBRO SUPERIOR:** CALCARENITA GRIS OSCURO DE GRANO FINO TEXTURA OLITICA CON NODULOS Y BANDAS DE PEDERNAL BLANCO. EL MIEMBRO PRESENTA HORIZONTES DE CALCARENITA ARCILLOSA Y SU ESTRATIFICACION VARIA DE MEDIANA A GRUESA.

**MIEMBRO INFERIOR:** SECUENCIA DE CALCARENITA OOLICA Y CALCILUTITA CON HORIZONTES DE LUTITA CALCAREA SU COLOR ES GRIS CLARO, PRESENTA ABUNDANTES NODULOS Y BANDAS DE PEDERNAL ASI COMO PEQUEÑOS NODULOS DE HIERRO. SU ESTRATIFICACION VA DE DELGADA A MEDIA.

**FORMACION AURORA**

**MIEMBRO SUPERIOR:** CALCILUTITA Y CALCARENITA DE COLOR BEIGE OSCURO CON NODULOS DE PEDERNAL DE COLOR CLARO, ABUNDANTES ESTILOLITAS, MARCANDO DESARROLLO DE LAPIAZ Y ESTRATIFICACION GRUESA A MEDIANA.

**MIEMBRO SUPERIOR:** CALCARENITA DE COLOR GRIS CLARO PRESENTANDO LOCALMENTE HORIZONTES CON ABUNDANTES NÓDULOS DE PEDERNAL Y OOLITAS. EL MIEMBRO EXIBE MARCADAS ESTRUCTURAS DE DISOLUCION COMO LAPIAZ, ESTILOLITAS Y EN MENOR PROPORCION EMBUDOS SE ESTRATIFICACION ES DOMINANTEMENTE MASIVA.

**ROCA INTRUSIVAS**



**Tps** SINITA PORFIRITICA CON FENOCRISTALES DE HORBLENDIA Y FELDESPATO OTASICO



**Tpr** RIOLITA PORFIRITICA CON FENOCRITALES DE FELDESPATO Y CUARZO REABSORVIDO EN LA MATRIZ, LA CUAL SE PRESENTA ARGILIZADA Y TEÑIDA CON OXIDOS.



**Tpi** LAMPROFIRO PORFIRITICO CON FENOCRISTALES DE HORBLENDIA NEGRA Y MENOR PLAGIOCLASA.



**DIQUES Y MANTOS DE ANDESITA PORFIRITICA CON FENOCRISTALES DE PLAGIOCLASA, MICAS OSCURAS Y MAGNETITA.**

**Figura 3.** Formación de rocas sedimentarias en núcleo

### 6.3 Mineralización.

La mineralización se presenta en forma de cuerpos de brechas, tipo chimeneas, mantos de reemplazamiento en las calizas y cuerpos de contacto entre un estructura dómica de skarn y las calizas. Estructuralmente se presentan dos sistemas principales de fallas-fracturas con rumbo general NW 40° SE y NE 50 ° SW con buzamientos variables, siendo el segundo de mayor importancia económica.

#### 6.3.1 Chimeneas.

Se emplazan en cavidades ó huecos provocados por la disolución de los carbonatos, siendo posteriormente rellenado y reemplazados dentro de una etapa de un sistema hidrotermal.

#### 6.3.2 Cuerpos de Contacto.

Se presenta dentro de la mina, un estructura dómica de roca tipo skarn con desarrollo de cuerpos de contacto en sus bordes y vinculados con rocas carbonatadas

#### 6.3.3 Mantos de Reemplazamiento.

Concordante a la estratificación se presentan cuerpos mineralizados asociados a fallas o fracturas principales.

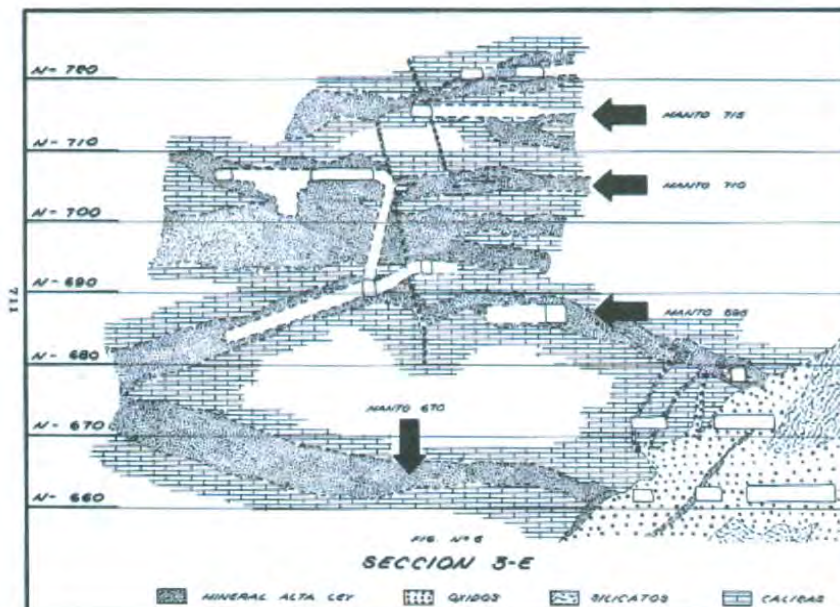


Figura 4. Sección de mantos de reemplazamientos

## 7. Topografía.

El levantamiento topográfico es el conjunto de operaciones que determinan las posiciones de puntos y la mayoría calculan superficies, volúmenes y la representación de medidas tomadas en el campo mediante perfiles y planos.

La topografía se utiliza extensamente en minería, con los resultados de los levantamientos topográficos de nuestros días tenemos acceso a diferentes tipos de levantamientos, tales como:

- Elaborar planos de superficies terrestres, arriba y debajo de la tierra, (Tajo o Mina Subterránea).
- De terrenos en general - Marcamos o localizamos terrenos que deseamos conocer, medimos y dividimos superficies, ubicando terrenos en planos generales y uniéndolos con levantamientos, proyectos, obras y construcciones anteriores, establecer límites, volúmenes, áreas de algún terreno.
- De obras de acceso, ventilación, etc - Estudiando y construyendo cruceros, contra pozos, cárcamos, frentes, rebajes, etc.
- De minas - Fijamos y controlamos la posición de trabajos subterráneos y los relacionamos con otros superficiales.

La topografía es de suma importancia para todos aquellos que desean realizar estudios de minería, no solo por los conocimientos y habilidades que puedan adquirir, si no por la influencia didáctica de su estudio. La topografía tiene aplicaciones dentro de ingeniería en minas ya que en ella es necesario realizar trabajos topográficos antes, durante y después de la construcción de obras.

En el área de topografía utilizábamos una estación de la marca topcon los elementos que la componían son:

- Estación.
- Tripie.
- Baliza o también llamado bastón.
- Prisma.
- Gancho o punta, que nos sirve para colgar la baliza, tomar la elevación y posición reflejada en el prisma.

### 7.1 Nivelación de Estación.

- 1.- Se centra y nivela el aparato encima del punto de referencia o con la plomada.
- 2.- Se da vista al punto con coordenada conocidas.
- 3.- Se pone en ceros el ángulo horizontal.
- 4.- Se gira el aparato para la vista adelante.
- 5.- Se introducen al aparato las coordenadas del punto de referencia mediante "ingresar datos de coordenadas".
- 6.- Se anota el ángulo horizontal, el ángulo vertical, la distancia inclinada, altura del prisma y altura de instrumento.
- 7.- Se presiona la tecla "referencia atrás" del aparato y se ingresan las coordenadas del punto atrás.
- 8.- Si visa referencia atrás y si dichas coordenadas coinciden con las anotadas en la libreta, se continúa con el siguiente paso, de no ser así se retrocede a iniciar de nuevo.
- 9.- Se presiona la tecla "Punto adelante"
- 10.- Se localizan los puntos de control previamente colocados.
11. Las coordenadas de las nuevas fichas se guardan automáticamente en el aparato para después ser transferidas a los planos.



**Figura 5.** Nivelación de estación

## 7.2 Levantamiento topográfico.

- Se estaciona el aparato en un lugar definido por el ingeniero topógrafo tomando en cuenta el punto de referencia mencionado anteriormente.
- Se centra y se nivela el aparato.
- Se ingresan los datos de la estación como nombre del archivo, número del punto y coordenadas arbitrarias del punto por ejemplo:  $Y=5000$ ,  $X=5000$  y  $Z=5000$
- Se visa dos fichas de control conocidas directamente con el prisma y en la opción de “descripción del punto” del aparato.
- Se procede a levantar los pisos directamente en forma de poligonal cerrada y luego los cielos.
- Se mide la distancia horizontal desde el punto hasta el centro del eje de alturas, leyéndola al milímetro. La cinta debe de estar bien tensa.
- Con un metro se toman las distancias verticales al milímetro de la puntilla al nido en la plomada de adelante. Así como la distancia de la puntilla al centro del eje de alturas en donde está el aparato, para el cálculo de las elevaciones.
- Se pone la cinta de género del aparato al pudo de adelante y se dan detalles o distancias horizontales dos metros a la izquierda y a la derecha de la cinta así como los de cielo y piso. Estos detalles sirven para dibujar la frente en los planos.



**Figura 6.** Levantamiento topográfico

### 7.3 Levantamiento de rampas, cruceros, rebajes, frentes y contra frente.

Los levantamientos de rampas, cruceros, rebajes, frentes y contra frente, siempre se deben ejecutar con aparato de estación total.

El aparato se coloca en el lugar adecuado del levantamiento topográfico tomando en cuenta una serie de factores primordiales que a continuación se describen de mayor a menor importancia:

- 1.- Centrar el aparato en un lugar más seguro
- 2.- Centrar el aparato en un lugar donde haya mayor cobertura de levantamiento.
- 3.- Centrar el aparato en un lugar donde entorpezca lo menos posible a los demás procesos de trabajo.

*Nota:* Para calcular la cantidad de mineral tumbado, se toma en cuenta la base del área, por la altura, por el ancho y este dato lo multiplicamos por la densidad del mineral.

Densidad de tepetate	2.5
Densidad de mineral	2.7

### 7.4 Marcaje y colocación de tapones de piso.

- Para la colocación de pisos, identificar los últimos pisos colocados.
- Medir la distancia en donde se colocaran el siguiente par de tapones de pisos.
- De acuerdo a la distancia, calcular por el porcentaje de la pendiente la diferencia de altura a bajar o subir en los siguientes tapones de piso.
- Se coloca el tripie con la base nivelada a una distancia que se pueda medir la altura de los tapones anteriores y los nuevos tapones. (como se muestra en la Figura 7).
- Los tapones se colocaran a 1.50 m del piso.
- Ya marcados o colocados los primeros pisos marcar el siguiente par a 2.0 m. con diferencia de altura de acuerdo a la pendiente a marcar.
- Realizar una verificación con hilo, colocándolo en forma cruzada para observar posibles diferencias en elevaciones en cada uno de los tapones.
- Recoger con cuidado el equipo e hilo sin descuidar la seguridad.

*Nota:* Para sacar los cálculos de la diferencia de elevación primero debes sacar la elevación del p1 para después restarlas con el p2, cuando ya tenemos la diferencia de elevación ese resultado lo multiplicamos por el porcentaje de pendiente.

### 7.5 Tapones de rumbo.

- Cuando los contrapozos tienen que seguir una dirección determinada, se ponen “tapones de Rumbo”.
- Cuando se ponen sólo dos tapones se escoge cerca del tope un punto situado aproximadamente en la mitad del alto, en este punto se pone la extremidad de un hilo, y a unos dos metros abajo se pone la otra extremidad, poniéndose la brújula. Si el rumbo no es el deseado la extremidad de abajo se pivotea o se hace girar en el sentido conveniente hasta que la aguja indique el rumbo marcándose este punto. En seguida se dan dos pequeños barrenos en los puntos marcados y se meten en ellos dos tapones de madera y se clavan dos pijas en los puntos.



**Figura 7.** Marcación de tapones

Sección en AutoCad de levantamiento topográfico para medir los volúmenes de corte.

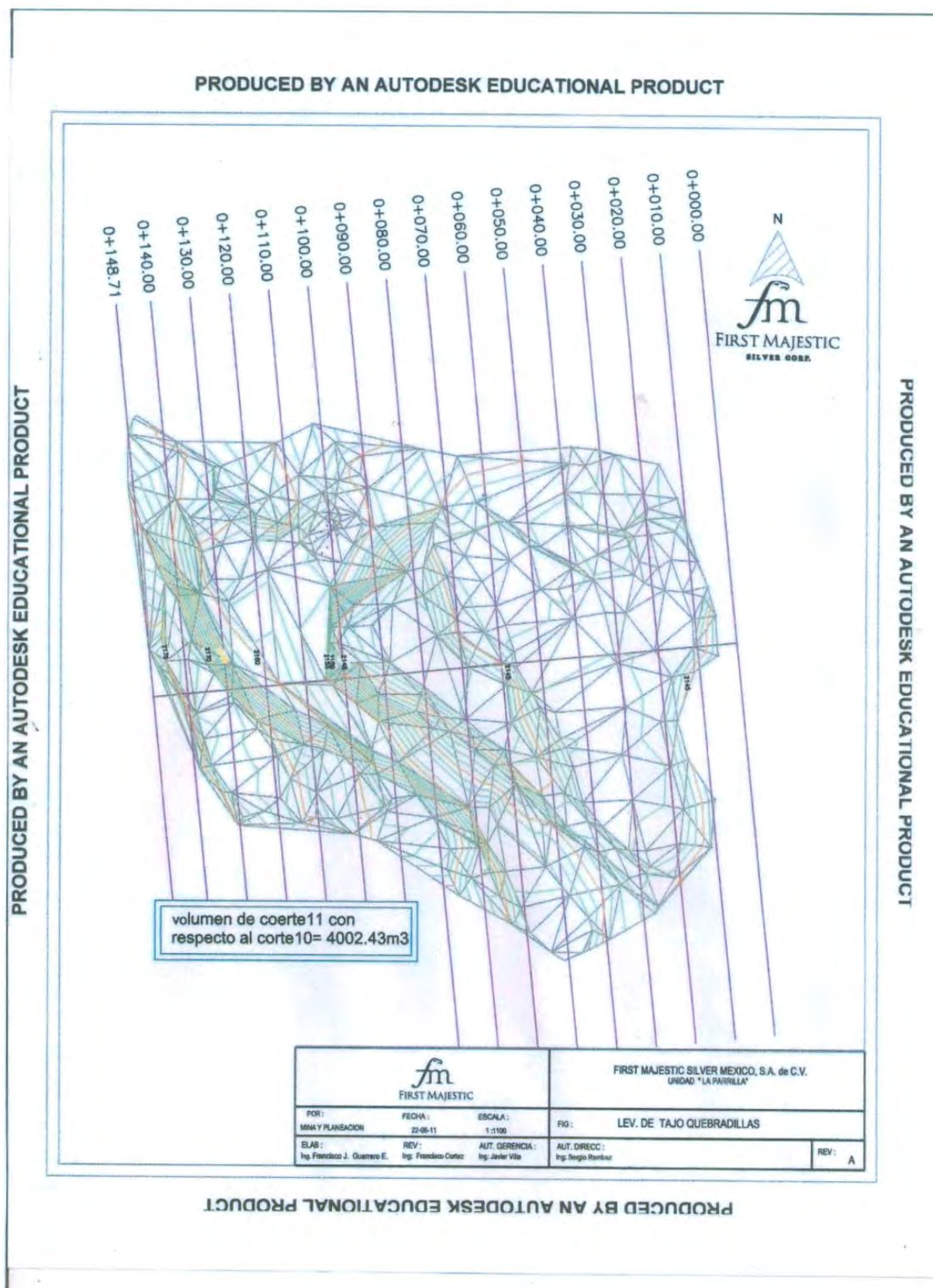


Figura 8. Volumen del polígono



## 8. Brújula.

La brújula es el único medio práctico para medir direcciones y ángulos horizontales. A pesar de los instrumentos sofisticados que existen actualmente, todavía se utiliza la brújula en levantamientos aproximados y continuos.

La brújula Brunton es con la que cuenta la compañía, está es muy utilizada por los geólogos y puede usarse como instrumento sostenido en la mano o bien apoyada en un soporte o trípode, en el caso del levantamiento con cinta, un área de terreno puede ser levantada por medio de brújula y cinta.

### 8.1 Objetivos del uso de la brújula.

- Familiarizarse con el uso de la brújula.
- Facilitar mediciones de rumbos, azimuts, orientación de líneas o ejes.
- Dar a conocer las aplicaciones cuando sea necesario.



**Figura 9.** Brújula Brunton

Con la brújula Brunton se realizó el levantamiento de un rebaje, en el cual se requería medir sus distancias horizontales y rumbos (direcciones), este tipo de levantamientos no son de precisión y se utiliza en la elaboración de perfiles geológicos.

## 9. Levantamientos Geológicos.

### 9.1 Mapeo.

- 1.- Dependiendo del lugar donde se va a realizar el levantamiento ya sea rebaje, crucero, desarrollo, etc. Nos basamos en planos topográficos se hace un croquis de dicho crucero, con el cual se trabajara en interior mina. Deberá está ubicado de acuerdo a las coordenadas y puntos puestos por los topógrafos.
- 2.- Con la ubicación de los puntos ya establecidos por los topógrafos, se tira la cinta y se mide hasta el tope de la obra.
- 3.- Se coloca la brújula atándola a la cinta y la nivelamos hasta que nos quede bien centrado el ojo de buey para obtener una buena lectura del rumbo de nuestra cinta.
- 4.- En el croquis que ya se tiene tomamos el punto de referencia mapeando se marca la línea con el rumbo que obtuvimos de nuestra brújula, luego se toma ola distancia usando una regleta (rumbera) a la escala que se necesite.
- 5.- para hacer el detalle de esta obra, tope o tabla derecha e izquierda, según el criterio del geólogo se determina a cada cuanto metro a partir del tope se mide la distancia a la tabla izquierda o derecha.
- 6.- Luego se procede a levantar la geología en nuestro croquis anotando el rumbo, el echado de las capas, fracturas, fallas, etc. Y se ilustran usando los colores adecuados mencionados anteriormente según la roca o cuerpo mineral.
- 7.- Después de haber ubicado la zona mineralizada se saca el muestreo tomando en cuenta que el lugar este anclado y amacizado teniendo en cuenta los contactos (puede ser de 1 m y 1.5 m).
- 8.- El siguiente paso es pasar todos los datos que obtuvimos en interior mina en los planos en oficina con la finalidad de tenerlos lo más actualizados posibles, en avances de obras, geología y muestreo.
- 9.- Con el resultado del ensaye químico se obtienen las leyes minerales y se hace el compositor de la obra muestreada, vaciando estos datos en un plano de muestreo.

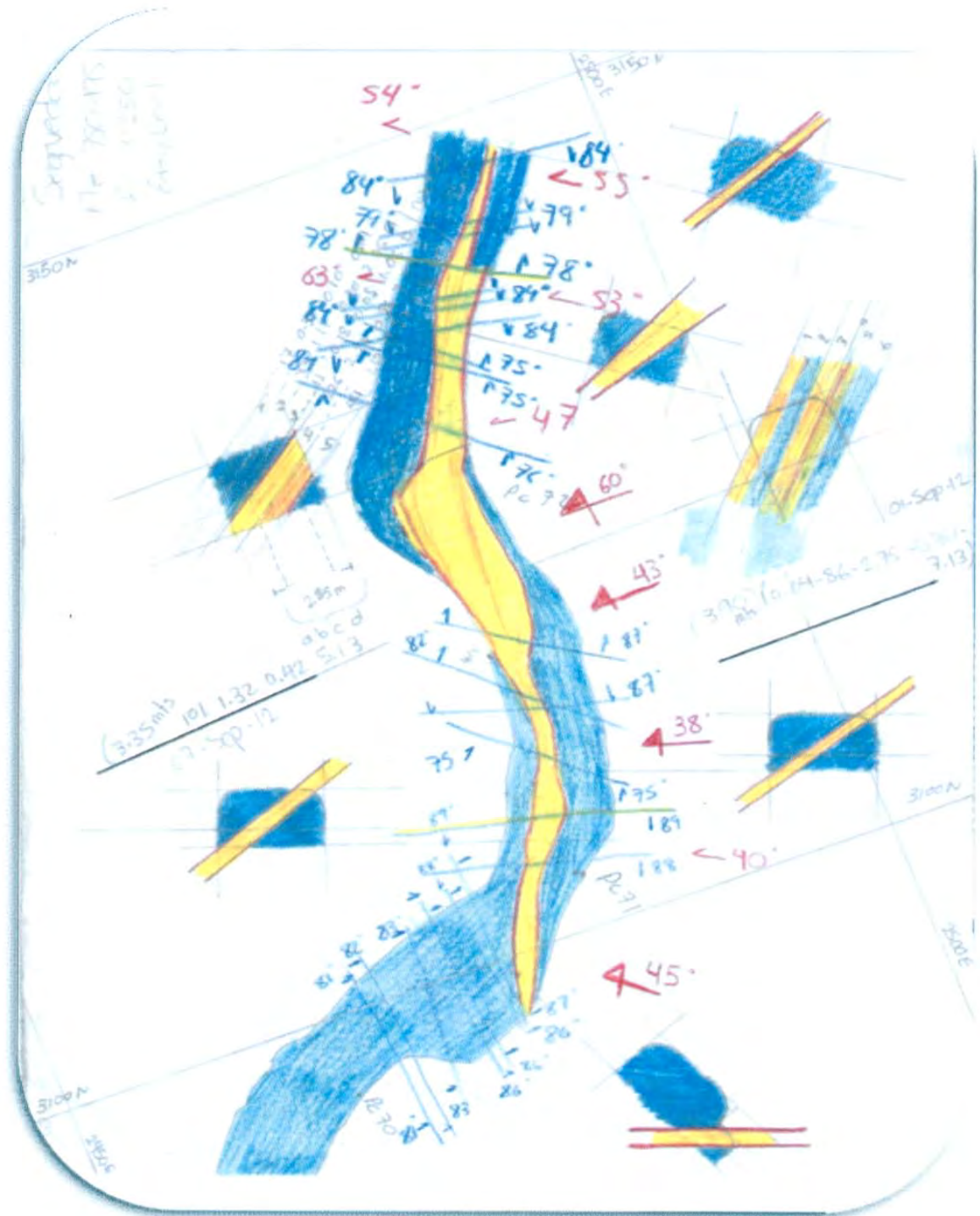


Figura 10. Levantamiento geológico

## 9.2 Levantamiento geológico con cinta métrica.

- Hacer un reconocimiento de la zona a levantar, materializando los vértices, de acuerdo al tipo de trabajo y a las características topográficas del terreno.
- La medición de las distancias entre los vértices se hace en línea recta y con la cinta horizontal, por lo tanto es importante seleccionar los vértices de tal manera que no presenten dificultades para su medición.
- Siempre que sea posible es preferible evitar que un alineamiento atraviese un obstáculo o accidente que presente considerable dificultad para la medición.
- Que haya visibilidad entre las estaciones.
- Una vez seleccionadas las estaciones se miden los ejes de la poligonal, teniendo en cuenta que las distancias requeridas son las horizontales, además que haya un correcto alineamiento.
- Se miden los rumbos y contra rumbos de los ejes de la poligonal tal como se indica.



**Figura 11.** Levantamiento geológico con cinta métrica

### 9.3 Sección en AutoCad de levantamiento geológico o mapeos.

La línea de sección define la extensión de la sección que se extrae del avance del día anterior. Las líneas de sección pueden ser rectas u oblicuas. También puede especificar la longitud y la altura del área definida por la línea de sección. Las marcas de sección, que suelen contener una letra o número e indicar la dirección de la sección, aparecen en cada uno de los extremos de la línea.

Tras dibujar la línea de sección, puede crear un objeto de sección o una vista de sección automática a partir de la línea. El departamento de geología cuenta con un dibujante que se encarga de actualizar las secciones en AutoCad de mapeos o levantamientos geológicos, que realiza el geólogo en interior mina diariamente.

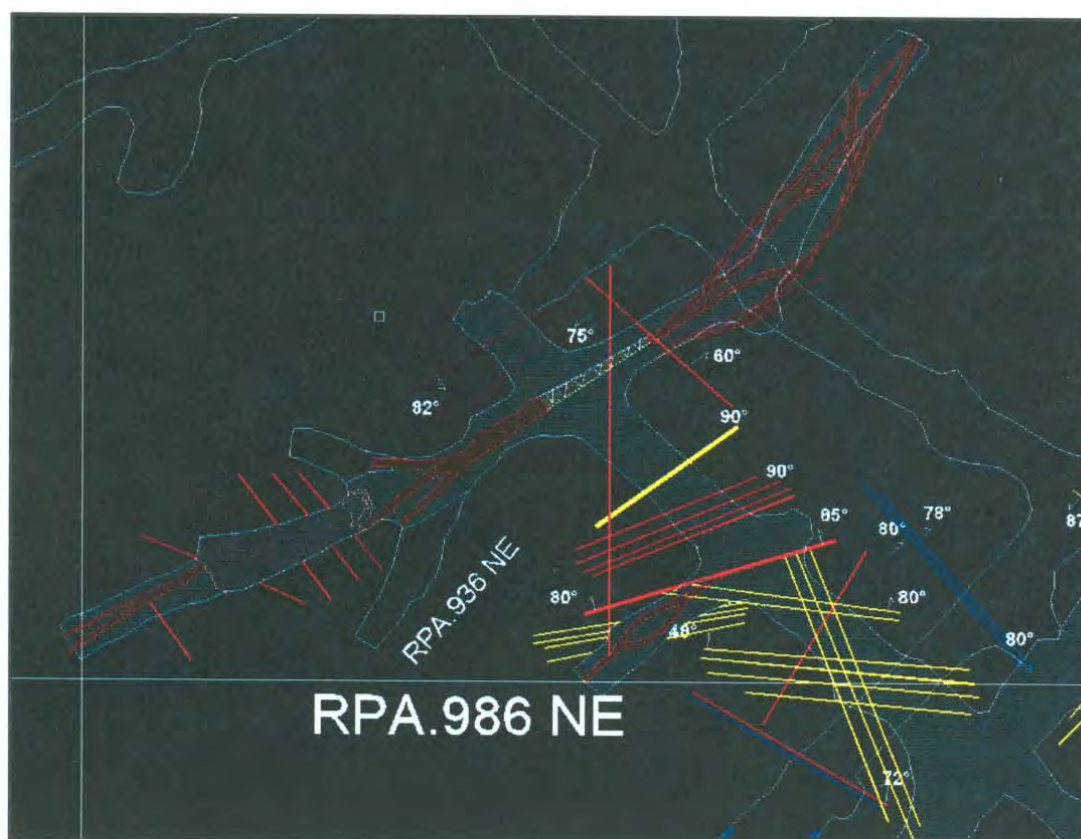


Figura 12. Sección RPA 986 AutoCaD

## 10. Descripción de núcleos y cálculo de RQD.

En el cuarto de núcleos es el lugar a donde llegan todos los testigos donde se describen y detallan cada uno de ellos para posteriormente ser cortados por la mitad y una mitad es llevada a un ensaye y la otra se queda como archivo, esto testigos son desechados según su ley. Las cajas de muestras de los testigos son enumeradas según su barreno y la maquina con la que se barreno, luego el geólogo viene y describe los núcleos para checar su contenido mineral y hacer una descripción completa de las zonas barreadas.



Figura 13. Núcleos de exploración

## 11. Descripción de diferentes tipos de Muestreo.

### 11.1 Muestreo de canal.

Este muestreo se realiza trazando una línea perpendicular a la mineralización y se toman muestras a lo largo de esta manera la muestra tomada es representativa de la mineralización presente, después se toma la muestra obtenida y se vacía sobre la lona, en la cual se cuartea y se divide en cuatro partes tomando como muestra las esquinas contrarias, de manera que la muestra sea representativa de toda la zona muestreada.

### 11.2 Muestreo de rezaga.

En la rezaga se traza una línea horizontal o perpendicular imaginaria y se toman a lo largo de estas muestras, de manera que las muestras tomadas sean representativas de la mineralización presente, luego se toman las muestras obtenidas y se vacía sobre la lona en la cual se cuartea y se divide en cuatro partes tomando como muestras las esquinas contrarias, de manera que la muestra sea representativa de toda la zona mineralizada, esta actividad se realiza con el fin de tener un control de calidad.



Figura 14. Muestreo de canal y rezaga

## 12. Unidad La Encantada.

Este es uno de los proyectos que pertenecen a la empresa minera “First Majestic Silver Corp”, de origen canadiense. Es una Mina de Plata y Plomo, la propiedad comprende 4,076 hectáreas de derechos mineros y terreno superficial de 1,343 Ha. Localizados en el Estado de Coahuila, México. La mina ha estado en operaciones desde 1950, con una intensa extracción y procesamiento a comienzos de los 70s. La mina fue inicialmente desarrollada a partir de galerías como operación convencional posteriormente ha sido convertida a una operación principalmente mecanizada.

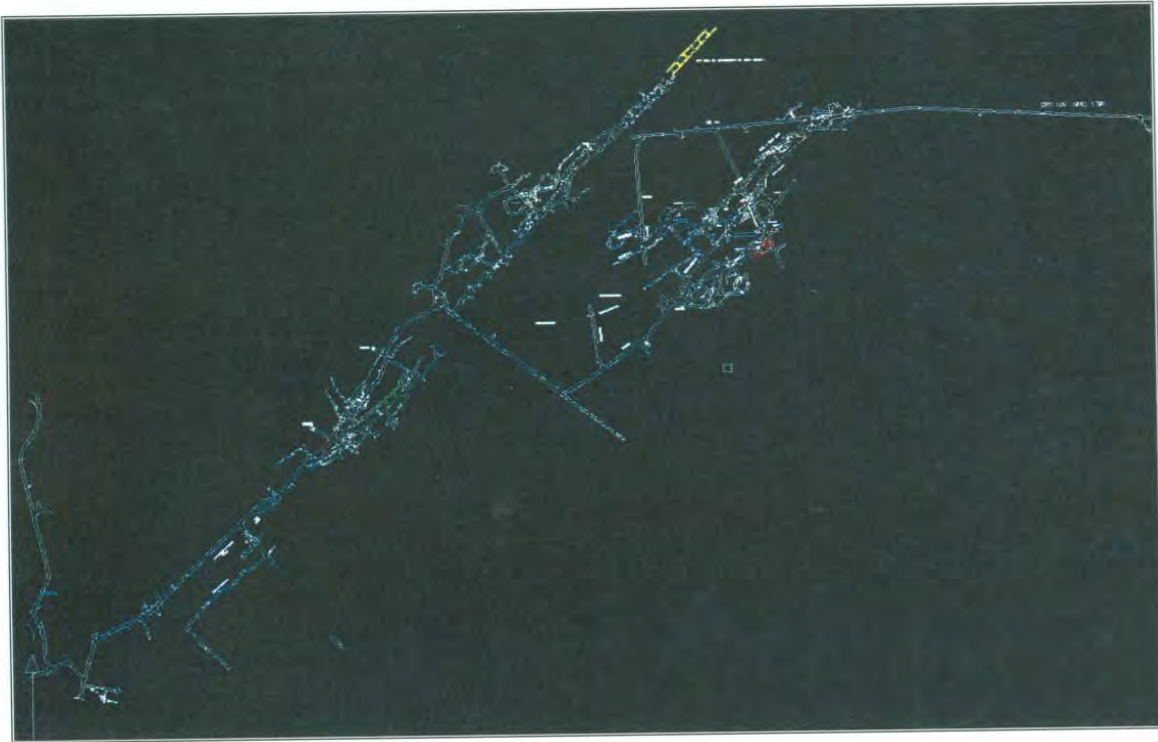
Las operaciones de extracción en La Encantada son más diversas y complejas que en las demás minas de first majestic, ya que contamos con chimeneas, brechas, mantos. Se cuenta con desarrollo skarn en el contacto de intrusivo y caliza, pero no tienen bien identificado el espesor de la aureola. Debido a las características variables de los cuerpos minerales, se utiliza el método de minado corte y relleno convencional. La mina produce un total de mineral procesado de 1,515, 795 toneladas, con una ley promedio de 176 g/t, teniendo una recuperación del 47 %, con un total de onzas de plata producidas de 4, 036, 502 y de onzas de oro 230, con toneladas de mineral de hierro producidas de 18, 529, teniendo una producción total de onzas de plata equivalentes a 4, 111, 018, con un desarrollo de 14, 330 metros y perforación de diamante de 19, 390 m.

Los equipos que actualmente utiliza el yacimiento minero “LA ENCANTADA” son de pequeñas dimensiones y capacidades. Es normal encontrar scooptram que con su balde puedan extraer 10 Toneladas de mineral en cada operación de carguío a los camiones con capacidad de carga de 30 toneladas.



**Figura 15.** Mina La Encantada





**Figura 16.** Vista en Planta Miña La Encantada

### 12.1 Nociones de minería subterránea.

Aunque hayan sido estudiados en otras asignaturas, se incluye un breve recordatorio de algunos conceptos básicos.

**Stock:** Obra elaborada para guardar el mineral dentro de la mina, sus medidas aproximadas son de 3.5 mts de largo. Por lo regular están muy cerca de un cargadero.

**Cargadero:** Obra utilizada para cargar los camiones por la parte de arriba del cargadero, esto es por medio del Scooptram.

**Amacize Manual:** El amacize se hace todos los días después de alguna voladura, sirve para observar si existe Inestabilidad de la roca, efectos por voladura. El amacize es por medio de barras metálicas o fibra de vidrio.

**Soporte de rocas:** Es la instalación de varillas o malla para el anclaje de la roca, esto con la finalidad de la seguridad de los empleados y maquinaria.

**Zarpeo o lanzado:** Es concreto lanzado contra el techo y las tablas a sostener, una vez fraguado el concreto, evitará el desprendimiento de las rocas.



**Figura 17.** Nociones mineras

La explotación correcta de una mina subterránea requiere una red, cuidadosamente planificada, de pozos, galerías, rampas y chimeneas o coladeros. Estas labores permitirán el acceso al yacimiento, la circulación de personal o maquinaria, la extracción de mineral y estéril, la ventilación de las labores, etc.

**Pozos.-** Su finalidad suele ser la de conectar las instalaciones de superficie con el subsuelo.

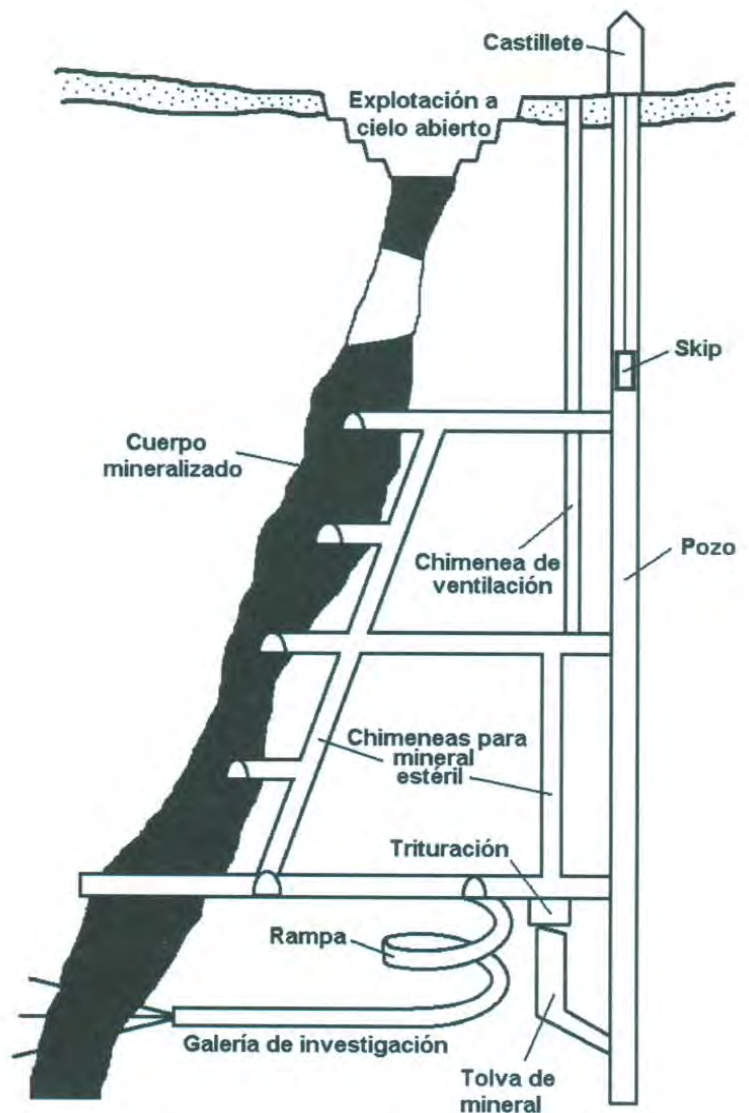
Se utilizan para la extracción de mineral y estéril, transporte de personal y maquinaria, ventilación, etc. Suelen ser verticales, aunque en algunos casos pueden seguir la inclinación del cuerpo mineral.

Su diámetro puede variar entre 1 ó 2 metros, para pozos de servicio, hasta 8 ó 10 metros en minas importantes. Pueden tener secciones circulares o elípticas, que resisten mejor las presiones del terreno, o rectangulares, que presentan un mayor coeficiente de utilización. Pueden alcanzar varios centenares de metros de profundidad.

Suelen llevar entibación, sobre la que se apoyan las guías por las que se mueven las jaulas o skips.

**Galerías o cruceros.-** Se utilizan para preparación de túneles, exploración, acceso de personal y maquinaria a los tajos, transporte de mineral y estéril, etc. En ellas se instalan las vías, transportes, conducciones, cables eléctricos, etc. Su forma puede ser trapezoidal o aproximadamente semicircular. Si las características del terreno lo exigen, se entiban. En el piso se excava un canal que permita la evacuación de aguas.

**Chimeneas y coladeros.-** Sirven como conexiones, verticales o inclinadas, entre diferentes niveles de trabajo. Se perforan para permitir el transporte de mineral, de personal, para ventilación o para facilitar las labores de preparación. Tienen sección cuadrada, rectangular o circular.



**Rampas.-** Sirven para el acceso a las labores, sustituyendo o completando a los pozos, y para comunicar entre sí diferentes niveles. Su pendiente es inferior al 15% para permitir el movimiento de la maquinaria minera autopropulsada.

En estas labores se emplean distintos sistemas de perforación, en los que no vamos a extendernos. En todos los casos, la perforación será dirigida y controlada por los topógrafos, que calcularán la dirección e inclinación de los trabajos y realizarán el replanteo de estos.

## **12.2 Sistema de Minado o método de explotación subterráneo.**

La explotación de yacimientos minerales por métodos subterráneos, es más complejo que los de superficie, por ello es preciso dedicar especial atención a cada uno de los métodos existentes, para una acertada planeación de la explotación de un cuerpo mineral. La selección del método de minado que se pretende emplear en un yacimiento o un cuerpo mineralizado debe ser estudiada con detenimiento, tomando en consideración que es el método el que se debe adaptar al yacimiento y no de manera contraria, el presente trabajo muestra el método de minado de corte y relleno utilizado en la unidad minera la encantada.

Podemos asegurar la efectividad de este método de explotación debido a que gran número de minas actualmente lo emplean, es importante mencionar que el método ofrece poderosas ventajas, por encima del resto de los métodos de explotación, sin embargo no siempre es posible su aplicación. En la actualidad con la llegada de la mecanización al sector minero, el método ha desarrollado variantes que permiten maximizar su potencial.

### **12.2.1 Corte y Relleno convencional.**

En la mina la encantada, se utiliza este método también llamado Cut and Fill, como ya sabemos este método consiste en romper el mineral en una serie de cortes horizontales o verticales, en diferentes pisos y en sentido descendente, después que un corte o piso ha sido completamente rezagado, se procede reemplazar el mineral con tepetate antes de empezar el nuevo corte en el piso inferior. Este relleno es el que va ayudar en el sostenimiento del techo de la nueva obra que se abre permitiendo que el proceso continúe.

La explotación de corte y relleno puede utilizarse en yacimientos que presentan las siguientes características:

- Fuerte buzamiento, superior a los 50° de inclinación.
- Características físico-mecánicas del mineral y roca de caja relativamente mala (roca incompetente).
- Potencia moderada.
- Límites regulares del yacimiento.

### **12.2.2 Rellenos.**

El material de relleno puede estar constituido por roca estéril, procedente de las labores de preparación de la mina las que se distribuyen sobre la superficie del caserón. También el material de relleno puede ser de relaves (desechos de plantas de concentración de minerales), o arena mezclada con agua, que son transportados al interior de la mina y se distribuyen mediante tuberías.

Posteriormente el agua es drenada quedando un relleno competente. El que a veces se le agrega cemento para conseguir una superficie de trabajo dura.

### **12.2.3 Abastecimiento del relleno.**

Considerando la gran cantidad de material a transportar, éste aspecto representa un porcentaje considerable del costo total de explotación. Desde el punto de vista de transporte se distinguen dos tipos de rellenos: rellenos secos y relleno húmedos, en la unidad la encantada solo utilizamos el relleno seco ya que es el más costeable, a continuación se le dará una breve explicación de este tipo de relleno.

Rellenos secos: Se transporta de manera idéntica que el mineral, es decir, se empleará el mismo equipo empleado en el transporte del mineral. De ésta manera, el relleno llega a los rebajes por la galería superior y es vaciado en el piso del rebaje para después procederá a su compactación.

### **12.2.4 Ciclos de producción.**

Es importante que en este método de explotación organizar el trabajo en los rebajes de tal modo que no se produzcan atrasos por la colocación del relleno, factor que influye considerablemente en las posibilidades de producción de un determinado rebaje.

Es evidente, entonces, que a tiempo, se deberá empezar el arranque desde las contrapozos de relleno de manera que una vez evacuado el mineral arrancado sea posible rellenar inmediatamente esa parte del caserón.

En caso de no existir mecanización tanto la extracción del mineral como la colocación del relleno es lento, por lo cual no hay problemas con su abastecimiento. Ahora si existe mecanización, las distancia entre las rampas de evacuación del mineral es mayor y por lo tanto el volumen que se ocupara para el relleno será también mayor.

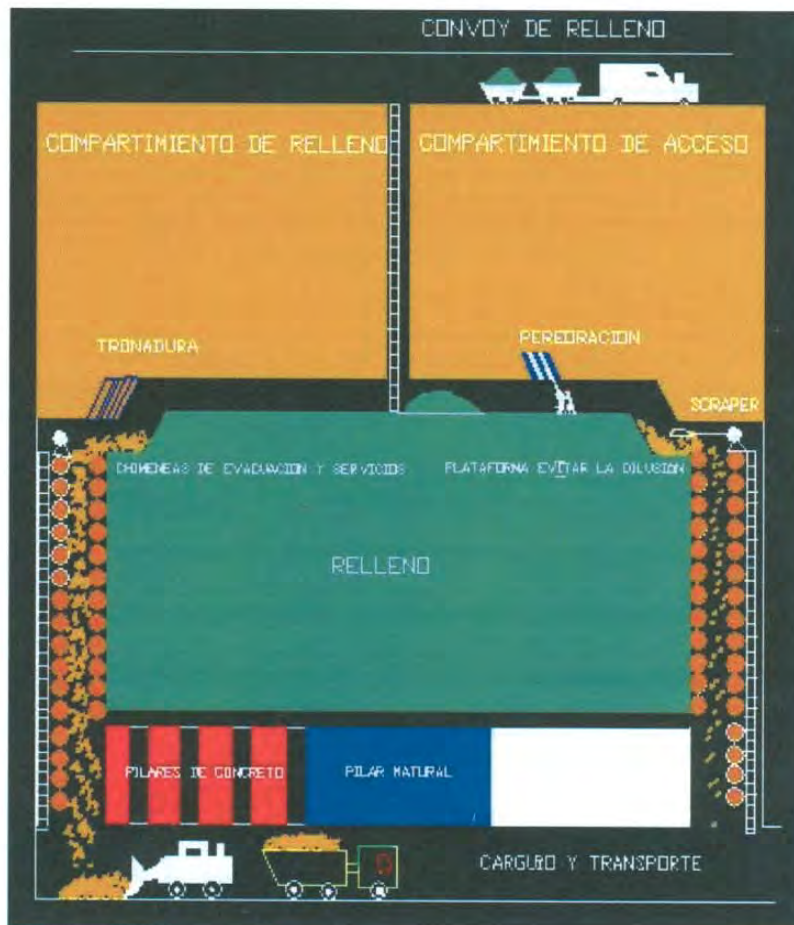


Figura 18. Corte y relleno

### 12.2.5 Ventajas y desventajas del método de explotación corte y relleno

- La recuperación es cercana al 100%.
- Es altamente selectivo, lo que significa que se pueden trabajar secciones de alta ley y dejar aquellas zonas de baja ley sin explotar.
- Es un método seguro.
- Puede alcanzar un alto grado de mecanización.
- Se adecua a yacimientos con propiedades físicos – mecánicas incompetentes.
- Costo de explotación elevado.
- Bajo rendimiento por la paralización de la producción como consecuencia del relleno.
- Consumo elevado de materiales de fortificación.

### **13. Ventilación.**

La ventilación en una mina subterránea es el proceso mediante el cual se hace circular por el interior de la misma el aire necesario para asegurar una atmósfera respirable y segura para el desarrollo de los trabajos.

La ventilación se realiza estableciendo un circuito para la circulación del aire a través de todas las labores. Para ello es indispensable que la mina tenga dos labores de acceso independientes: dos pozos, dos socavones, un pozo y un socavón, etc.

En las labores que sólo tienen un acceso (por ejemplo, una galería en avance) es necesario ventilar con ayuda de una tubería. La tubería se coloca entre la entrada a la labor y el final de la labor. Esta ventilación se conoce como secundaria, en oposición a la que recorre toda la mina que se conoce como principal.

#### **13.1 Maquinas Robbins.**

Este tipo de perforaciones se utilizan para diversas actividades una de las más importantes es para la ventilación de algún lugar o rebaje en específico, otro es para la comunicación de servicios de un nivel a otro de superficie a algún nivel.

Los contrapozos son realizados con esta máquina, la cual es una perforadora que manda una guía o conducto hasta llegar a la profundidad deseada después se le acopla una rima o piña de un diámetro mayor a la guía, (esta unidad minera maneja los diámetros 8, 10 y 2 pies de diámetro para las rimas o piña), por consiguiente se comienza la perforación de abajo a hacia arriba a este acto se le llama arrimar, hasta el punto de llegar donde inicio el rompimiento de la perforadora ya sea en superficie o de un nivel a otro.

Los principales problemas que se presentan en la barrenación con Robbins son:

- Atascamiento de barrenos.
- Falta de agua para la máquina.
- Difícil movimiento de la maquinaria.
- Suficiente espacio para las dimensiones de la máquina.
- Perdida de presión de la maquinaria y falta de electricidad.

Los puntos de rompimiento e inclinación de la maquina son dados dependiendo del objetivo al cual se realizara la barrenación. Por lo general son dentro de la mina y se mandan de un nivel a otro con el objetivo de ventilación por lo que dependiendo de la ubicación del lugar a donde quiere llegar la comunicación del barreno se posiciona la máquina, el punto de rompimiento es dado mediante el uso de la estación total, este es decidió mediante la colaboración de los departamentos de Ingeniería y de Planeación.



**Figura 19.** Maquina Robbins



## 14. Descripción del ciclo de Mina.

### 14.1 Descripción del proceso de perforación.

Primero se requiere hacer barrenos o agujeros en la roca de una longitud de 1.80 metros y distribuirlos de tal manera que a cada barreno se le dé una secuencia de detonación y vaya dando salida uno en secuencia de otro, para hacer dichos barrenos se utilizan Máquinas de pierna, Jumbos Neumáticos, en las frentes de trabajo se da una cuña de 6 donde solamente se cargan 3 y se dejan tres de aire esto con la finalidad de tener una buena salida del mineral.



Figura 20. Barrenacion

### 14.2 Descripción del proceso de Cargado (Rezagado).

Es la recogida de la roca arrancada del suelo, y su traslado hasta un medio de transporte. Las maquinas más usadas para realizar la carga en minería subterránea son los Scoop Tram o palas de bajo perfil.



Figura 21. Camión de bajo perfil

### 14.3 Descripción del proceso de Transporte (Acarreo).

El transporte es la operación por la que se traslada el mineral arrancado hasta el exterior de la mina, este tiene una duración de aproximadamente 40 minutos el ciclo completo, desde el cargado, acarreo hasta la colocación en la criba fija.

El transporte dentro de una mina puede ser continuo o discontinuo, en la mina la encantada el transporte es discontinuo, los medios de transporte realizan un movimiento alternativo entre el punto de carga y el de descarga, para esto utilizamos la locomotora y los camiones, además dentro de las minas subterráneas se distingue, el arrastre y la extracción, por arrastre se entiende el transporte por las labores situadas dentro de la mina, un ejemplo sería un stock y por extracción se entiende el transporte vertical del mineral que tiene por objetivo situar el mineral en la superficie.



Figura 22. Scooptram

### 14.4 Descripción del proceso de Voladuras.

Es un conjunto de operaciones necesarias para separar la roca del macizo rocoso donde se encuentra. En la mayoría de las ocasiones es necesario romper la roca en trozos pequeños para facilitar los procesos posteriores (carga y transporte).

El arranque se realiza con explosivos ya que la roca a explotar es muy dura, además que es una manera más fácil y es el método más utilizado.

Es la acción de fracturar o fragmentar la roca o el suelo duro, mediante el empleo de explosivos, estas se realizan con un objetivo predeterminado, pueden ser controladas, o no. La excavación utilizando la detonación y los explosivos, produce inevitablemente una operación cíclica y no continua que consta de los siguientes pasos:

- I. Perforación de frente siguiendo un patrón y la perforación adecuada para el avance previsto en la voladura.
- II. Retirada del equipo de perforación.
- III. Carga del explosivo y retirado del personal.
- IV. Detonación de las cargas.
- V. Ventilación para eliminar humo, polvo y gases.
- VI. Desprender la roca suelta (amazice).
- VII. Realización de ventilación provisional si es necesario.

#### **Material para voladura.**

Tovex	Pza
Mexamon	Kg
Cañuelas	Mts
Fulminantes	Pza
Conectores	Pza
Thermalita	Mts
Cordón detonante	Mts

#### 14.4.1 Cargado de explosivos.

Para poder cargar el explosivo primero deben aplicarle aire bajo presión, este con la finalidad de que el barreno saque todos los detritos que se pudieron a ver quedado dentro o la presencia de agua, después se procede a colocar el tovox ya con el fulminante dentro, se comienza a empujar hasta que llegue al tope, la cañuela debe de salir unos 20 cm del barreno, por medio de presión y aire se comienza aplicar el mexamon llenando un total aproximado de 1 metro y dejando un taco vacío de 80 cm, ya con todos los barrenos cargados se comienza a poner un orden a la secuencia de disparo, donde el conector se comienzan amarrar ajustándolo a la thermalita, ya listo el amarre se procede a prender la mecha de thermalita dándole un tiempo de salida de 5 min, antes de comenzar a explotar.



Figura 23. Diferentes tipos de explosivos

### 15. Seguridad para contrapozo.

- Tener un detector de gases.
- NO debes de subir si el detector de gases te marca más de 200 ppm ya que la mayor parte de los gases se acumulan al tope de la obra.
- Encender aire de ventilación para comenzar a ventilar, después de un tiempo debes subir al contrapozo con tu equipo de seguridad puesto (mascarilla) y el detector de gases encendido para comenzar a medir las ppm, cuando estas ya están a menos de 100 ppm ya podemos proceder a subir a colocar los servicios y bajar de inmediato.
- Checar las escaleras y amarrarlas al ancla de los dos primeros escalones, para mayor seguridad.
- Al subir la máquina de pierna primero se debe subir la maquina sin la barra para barrenar.
- Deben Subir la barra de barrenacion.
- Al terminar de trabajar de igual forma primero debes bajar la máquina de pierna sola y después la barra.

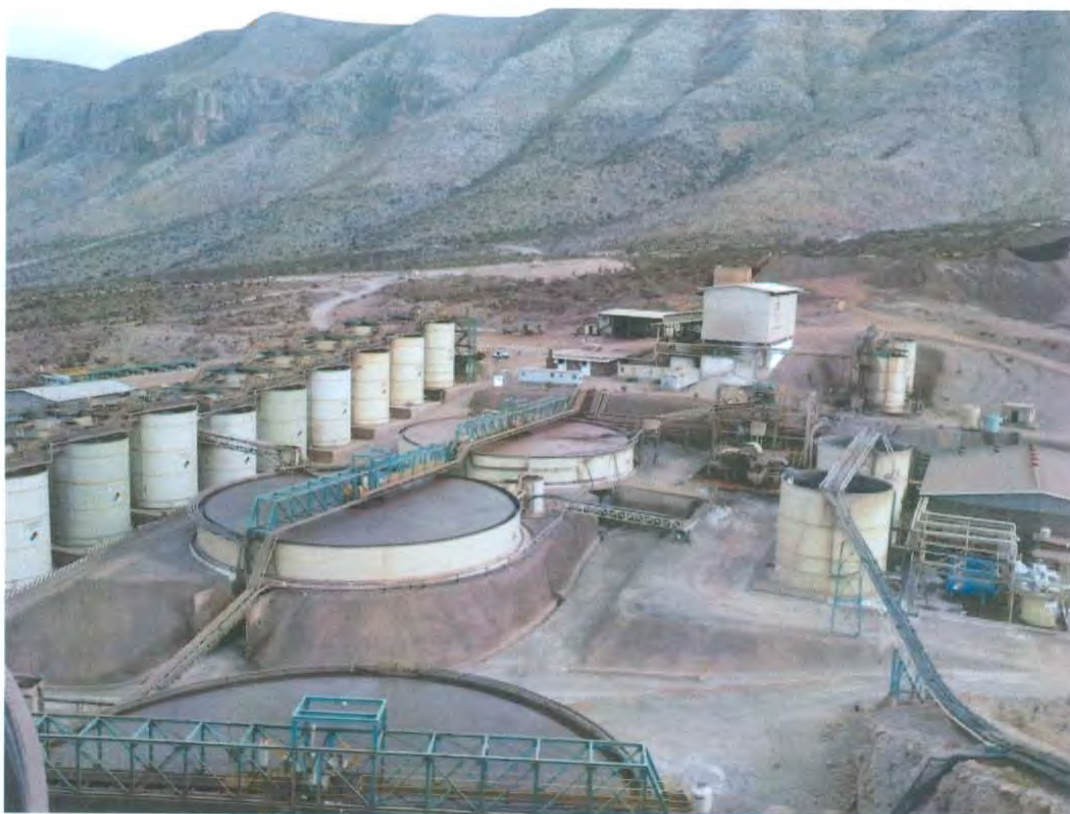


**Figura 24.** Contrapozo

## 16. Método de cianuración.

La unidad minera la encantada incluye su propia planta de beneficio. Las instalaciones de la planta de cianuración fueron hechas para una capacidad de 2000 TMS/día. La construcción de la nueva planta de cianuración ha sido objeto de varias mejoras en los últimos años. Más recientemente, la planta fue aumentada aún más en 2011 y re-clasificado para 4,000 TMS /día. Funcionando a pleno rendimiento, la producción de plata en 2012 es de 4,037 millones de onzas y se prevé que aumente a 4 1- 4 3 millones de onzas en 2013. La encantada opera con un costo por onza de US\$846.

A pleno funcionamiento 4000 TMS /día, La Encantada también cuenta con una planta de flotación. Históricamente, esta planta de flotación fue el método principal de la producción de plata en los últimos 30 años. Sin embargo, con la planta de cianuración que ahora operan a plena capacidad, la producción de concentrados de plomo a través del circuito de flotación fue suspendido en junio de 2010, este circuito se encuentra actualmente en atención y mantenimiento.



**Figura 25.** Planta de cianuración

Las plantas se dividen en dos. Actualmente en la planta uno podemos encontrar todo el proceso de molienda, desde que el mineral cae en la criba, hasta que transportan la pulpa del mineral por medio de tubería y bombeo, para el proceso de cianuración en planta dos.

En la Figura 26 que se muestra a continuación podemos encontrar el diagrama de flujo de first majestic para planta de cianuración.

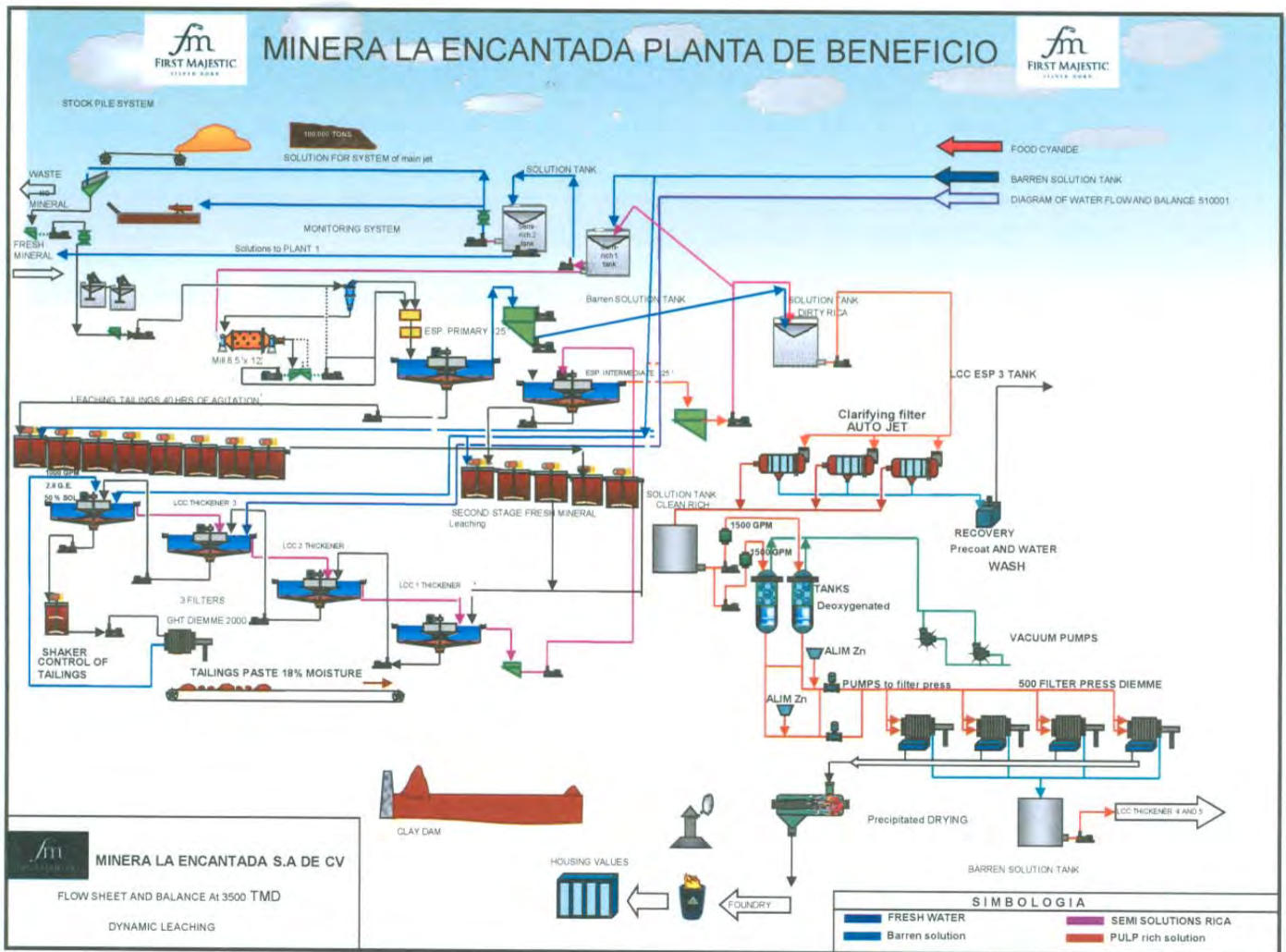


Figura 26. Diagrama de flujo de la planta de beneficio 2

## 17. Laboratorio de ensayos.

### 17.1 Absorción atómica.

Es un método químico que está basado en la atomización del analito en matriz líquida y que utiliza comúnmente un nebulizador pre-quemador o cámara de nebulización, para crear una niebla de la muestra y un quemador con forma de ranura que da una llama con una longitud de trayecto más larga, en caso de que la transmisión de energía inicial al analito sea por el método de llama. La niebla atómica es expuesta a una energía que determina la longitud de onda emitida ya sea por la dicha llama, o una lámpara de cátodo hueco construida con el mismo analito.



**Figura 27.** Aparato de Absorción Atómica



## 17.2 Minerales a analizar.

<b>Ag</b>	<b>Pb</b>	<b>Fe</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>
<b>g/Ton</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>

Pasos para analizar las muestras con el aparato de absorción atómica:

1. Procedemos a prender el aparato.
2. Nivelamos la flama dependiendo el mineral a analizar.
3. Cargamos la lámpara.
4. Abrimos la carpeta de herramientas, seleccionamos el método a utilizar (mineral), le damos clic en Aceptar y después de nuevo Aceptar.
5. Aparece un recuadro grande con 3 cuadros más y le damos clic al que dice analizar blanco.
6. Nos vamos a la carpeta que dice llama y le damos en Activar/desactivar llama.
7. Regresamos a Analizar y analizar blanco las veces que sean necesarias hasta que la pantalla marque 0.
8. Ordenamos los estándares de menor a mayor, para después comenzar analizar de uno por uno.
9. Comienzas analizar las muestras requeridas.

*Nota:* En el paso 2, 3 y 4 el equipo solo detecta la lámpara a utilizar.

En las figuras que se muestran en las paginas siguientes (Figura 28, 29, 30, 31), podremos encontrar algunos ejemplos de reportes de laboratorio para el proceso de cianuración en las diferentes plantas N° 1 y N° 2 de la unidad minera la encantada.



MINERA LA ENCANTADA S.A. de C.V.  
Unidad La Encantada

Planta No. 1

Fecha de Muestreo:  
martes, 30 de julio de 2013



Fecha de Ensayo:  
miércoles, 31 de julio de 2013

No.	DESCRIPCIÓN	Hr	Ag g/Ton	Pb %	Fe %	Zn %	Mn %	Cu %
1	Mtra. Esp Banda Molino N° 1	06:00 a.m.	202.5	0.856	4.726	1.116	2.870	0.006
2	Mtra. Esp Banda Molino N° 1	08:00 a.m.	331.9	1.328	6.128	1.807	3.777	0.010
3	Mtra. Esp Banda Molino N° 1	10:00 a.m.	232.9	0.959	6.105	0.987	3.351	0.008
4	Mtra. Esp Banda Molino N° 1	12:00 p.m.	275.5	0.886	5.648	0.877	3.225	0.008
5	Mtra. Esp Banda Molino N° 1	02:00 p.m.	343.9	1.366	5.769	1.074	3.781	0.011
6	Mtra. Esp Banda Molino N° 1	04:00 p.m.	252.9	0.938	3.944	0.826	2.997	0.007
7	Mtra. Esp Banda Molino N° 1	06:00 p.m.	165.1	1.023	5.284	0.880	2.251	0.011
8	Mtra. Esp Banda Molino N° 1	08:00 p.m.	246.1	0.898	4.291	0.885	2.901	0.007
9	Mtra. Esp Banda Molino N° 1	10:00 p.m.	227.6	0.932	4.653	0.948	3.473	0.006
10	Mtra. Esp Banda Molino N° 1	12:00 a.m.	374.4	1.521	7.698	1.420	3.358	0.009
11	Mtra. Esp Banda Molino N° 1	02:00 a.m.	355.6	1.641	7.398	1.209	3.865	0.007
12	Mtra. Esp Banda Molino N° 1	04:00 a.m.	296.5	1.094	5.360	0.997	3.172	0.008

Mtra. Esp Banda Molino N°	Diferencia %	Ag g/Ton	Pb %	Fe %	Zn %	Mn %	Cu %
Promedio 1er Turno	-4%	273.27	1.056	5.387	1.115	3.334	0.008
Promedio 2do Turno	-6%	277.53	1.185	5.781	1.057	3.170	0.008
Promedio 24 hrs	-5%	275.40	1.120	5.584	1.086	3.252	0.008

Ensayo de Turnos Molino N°	Diferencia en	Ag g/Ton	Pb %	Fe %	Zn %	Mn %	Cu %
Cabeza Banda Molino 1er Turno	-12	261.13	1.071	5.247	1.146	3.323	0.008
Cabeza Banda Molino 2do Turno	-15	262.17	1.162	5.768	1.217	3.207	0.009
Cabeza Banda Molino 24 hrs	-13	262.20	1.111	5.243	1.122	3.289	0.008

*Ingeniera Eliza Melchor Camargo*  
Laboratorio de Ensayo

Figura 28. Reporte Banda Molino N° 1 planta N° 1



MINERA LA ENCANTADA S.A. de C.V.  
Unidad La Encantada

Planta No. 1

Fecha de Muestreo:  
martes, 30 de julio de 2013

Fecha de Ensayo:  
miércoles, 31 de julio de 2013

No.	DESCRIPCIÓN	Hr	Ag g/Ton	Pb %	Fe %	Zn %	Mn %	Cu %
1	Mtra. Esp Banda Molino N° 2	06:00 a.m.	266.1	1.281	6.215	1.780	3.682	0.008
2	Mtra. Esp Banda Molino N° 2	08:00 a.m.	202.3	1.059	5.254	1.175	3.602	0.009
24	Mtra. Esp Banda Molino N° 2	10:00 a.m.	199.1	0.883	4.939	1.093	3.420	0.009
4	Mtra. Esp Banda Molino N° 2	12:00 p.m.	252.3	1.028	5.570	1.191	3.431	0.010
5	Mtra. Esp Banda Molino N° 2	02:00 p.m.	249.1	0.752	4.111	0.936	3.394	0.006
6	Mtra. Esp Banda Molino N° 2	04:00 p.m.	275.9	1.201	4.773	1.036	3.361	0.010
7	Mtra. Esp Banda Molino N° 2	06:00 p.m.	199.9	2.040	8.912	1.156	2.241	0.021
8	Mtra. Esp Banda Molino N° 2	08:00 p.m.	207.8	1.355	6.163	1.197	2.576	0.017
9	Mtra. Esp Banda Molino N° 2	10:00 p.m.	264.0	0.881	4.772	0.830	2.883	0.007
10	Mtra. Esp Banda Molino N° 2	12:00 a.m.	291.6	1.195	5.627	1.189	3.366	0.009
11	Mtra. Esp Banda Molino N° 2	02:00 a.m.	336.7	1.845	8.161	1.230	3.868	0.009
12	Mtra. Esp Banda Molino N° 2	04:00 a.m.	227.4	0.893	4.800	0.807	2.398	0.009

Mtra. Esp Banda Molino N° 2	Diferencia %	Ag g/Ton	Pb %	Fe %	Zn %	Mn %	Cu %
Promedio 1er Turno	-4%	240.78	1.034	5.144	1.202	3.482	0.009
Promedio 2do Turno	-5%	254.55	1.368	6.406	1.068	2.889	0.012
Promedio 24 hrs	-4%	247.67	1.201	5.775	1.135	3.185	0.010

Ensayo de Turnos Molino N° 2	Diferencia en g.	Ag g/Ton	Pb %	Fe %	Zn %	Mn %	Cu %
Cabeza Banda Molino 1er Turno	-9	231.68	0.971	4.870	1.236	3.371	0.009
Cabeza Banda Molino 2do Turno	-14	240.65	1.278	5.629	1.005	2.895	0.010
Cabeza Banda Molino 24 hrs	-9	238.50	1.142	5.613	1.137	3.216	0.009

Figura 29. Reporte Banda Molino N° 2 planta N° 2



MINERA LA ENCANTADA S.A. de C.V.  
Unidad La Encantada

Planta No. 1

Fecha de Muestreo:  
martes, 30 de julio de 2013

Fecha de Ensayo:  
miércoles, 31 de julio de 2013

DESCRIPCIÓN	Ag g/Ton	Pb %	Fe %	Zn %	Mn %	Cu %
Cabeza Banda Molino N° 1 1er Turno	261.13	1.071	5.247	1.146	3.323	0.008
Cabeza Banda Molino N° 1 2do Turno	262.17	1.162	5.768	1.217	3.207	0.009
Cabeza Banda Molino N° 1 24 hrs	262.20	1.111	5.243	1.122	3.289	0.008
Cabeza Banda Molino No. 2 1er Turno	231.68	0.971	4.870	1.236	3.371	0.009
Cabeza Banda Molino No. 2 2do Turno	240.65	1.278	5.629	1.005	2.895	0.010
Cabeza Banda Molino No. 2 24 hrs	238.50	1.142	5.613	1.137	3.216	0.009

DESCRIPCIÓN SOLUCIONES	Ag mg/L	Pb mg/L	Cu mg/L
Solución Recuperada 1	4.10	0.210	101.127
Solución Recuperada 2	4.25	0.304	101.124
Solución Finos 24 hrs	57.55	0.185	81.598

TON. MOLIDAS HÚMEDAS ACUMULADAS	2,149.0
	56,288.0

MOLINO N° 1			
TURNOS	TONELADAS HÚMEDAS	TONELADAS SECAS	% HÚMEDAD
1er Turno	474	448.26	5.43
2do Turno	588	554.43	5.71
24 Hrs			5.57

MOLINO N° 2			
TURNOS	TONELADAS HÚMEDAS	TONELADAS SECAS	% HÚMEDAD
1er Turno	516	489.63	5.71
2do Turno	571	541.65	5.74
24 Hrs			5.13

MALLA	ALIMENTACIÓN 12 hrs		FINOS DE CICLON 24 hrs	
	MOLINO N° 1 Peso (g)	MOLINO N° 2 Peso (g)	MALLA	Peso, g
3/8"	0.0	0.0	50	6.5
1/4"	46.5	113.5	100	23.7
1/8"	344.5	534.4	120	11.8
50	434.8	253.9	140	10.8
100	61.3	25.3	200	17.1
200	50.2	25.1	270	16.0
(-200)	29.1	45.1	325	7.4
			-325	106.7
			(%-200)	65.05%

Ing. Efraim Mejía Camargo  
Laboratorio de Ensayo

Figura 30. Descripción cabeza, soluciones y toneladas molidas planta N° 1



Fecha de Muestreo:  
martes, 30 de julio de 2013

MINERA LA ENCANTADA S.A. de C.V.  
Unidad La Encantada

Planta No. 2

Fecha de Ensayo:  
miércoles, 31 de julio de 2013

DESCRIPCIÓN	SOLIDOS						SOLUCIONES			IDENTIFICACIÓN MUESTRA	Ag (mg/L)	Pb (mg/L)	Cu (mg/L)
	Ag g/Ton	Pb %	Fe %	Zn %	Mn %	Cu %	Ag (mg/L)	Pb (mg/L)	Cu (mg/L)				
Cabeza Criba 1er turno										Esteril T*1	0.45	0.201	101.843
Cabeza Criba 2do turno										Esteril T*2	0.30	0.247	99.408
Rechazo Criba 1er turno										Rica Limpia T*1	20.20	0.481	98.988
Rechazo Criba 2do turno										Rica Limpia T*2	16.15	0.402	99.669
Agitador No. 124 hrs	133.20	1.345	6.074	1.189	3.447	0.011	35.92	0.132	114.324				
Agitador No. 12 24 hrs	141.10	1.186	5.316	1.073	3.250	0.008	36.50	0.171	117.750				
Agitador No. 17 24 hrs	132.20	1.523	7.997	1.314	3.232	0.014	15.70	0.331	117.582				
Lavador No. 3 1er turno	128.20	1.545	7.973	1.369	3.166	0.016	3.15	0.103	120.245				
Lavador No. 3 2do turno	123.11	1.436	6.723	1.277	3.366	0.013	1.95	0.167	107.928				
Filtros 1er turno	128.50	1.757	9.901	1.494	3.113	0.019							
Filtros 2do turno	134.50	1.504	7.558	1.380	3.324	0.014							

IDENTIFICACIÓN MUESTRA	Fecha	Au g/Ton	Ag g/Ton	Pb (%)	Fe (%)	Zn (%)	Mn (%)	Cu (%)	Cd (%)	Peso (g) Humedo	Peso (g) Seco	Humedad (%)
Precipitado Prensa N° 2 LO-081-	30/07/13	23.45	665,298	1.220	1.047	4.718	0.499	0.106	0.544			20.0
Precipitado Prensa N° 4 LO-081-	29/07/13	24.68	694,208	1.008	0.655	5.091	0.336	0.097	0.743			27.0
Precipitado Prensa N° 4 LO-081-	30/07/13	26.15	715,065	1.424	0.661	3.323	0.285	0.251	0.481			22.0

#### Granulometría

MALLAS	Cribas LCC No. 3		
	24 hr	1° Turno	2° Turno
50		3.7	1.7
100		16.1	14.9
120		9.4	10.0
140		10.1	11.0
200		16.0	18.1
270		33.8	17.5
325		6.5	7.0
-325	200.0	104.4	119.8
(% - 200)	100.00%	72.35%	72.15%

Humedad %			
Turnos	Cribas	Rechazo/Criba	Filtros
1er			15.12
2do			14.72

Ton. Húmedas Criba		Ton. Secas Cribas	
1er Turno	0.0	0.0	0.0
2do Turno	0.0	0.0	0.0

Ing. Eliza Nikter Camargo  
Laboratorio de Ensayo

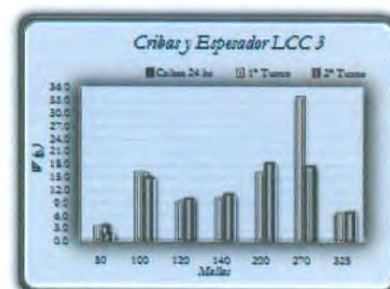


Figura 31. Descripción cabeza, cribas, agitador, filtros, lavador planta N° 2

**18. Conclusión.**

En las prácticas realizadas en el periodo de diciembre 2012, con la compañía First Majestic, contribuyo de manera muy importante para mi desarrollo profesional sirviéndome para identificar y resaltar los conocimientos que hay que cubrir y considerar para ser un ingeniero minero exitoso. Conociendo a detalle todas las operaciones y trabajos que se realizan en la minería, mi estancia aquí nos deja muchas cosas importantes que reflexionar y muchas otras ha reforzado los conocimientos adquiridos en la universidad. Cabe destacar que en la empresa todos llevan un papel muy importante, ya que se debe de trabajar en equipo para poder sacar de la mejor manera el trabajo, con esto podemos ver que toda mina debe de llevar una buena organización y secuencia.

### **19. Agradecimientos.**

Quiero darle mi agradecimiento al Doc. Sergio Alan Moreno Zazueta, por su paciencia, ayuda y enseñanzas, ya que el aprendizaje se pudo completar gracias al esfuerzo, dedicación y ayuda de él y sus compañeros de trabajo de la Unidad Minera La Encantada.

Gracias por toda la confianza, atenciones recibidas y por permitirnos convivir un poco mas con usted, esto nos ayudo a sentirnos cómo empleados de la compañía, de no a ver asido así, la estancia en la unidad no hubiera sido tan agradable.