

UNIVERSIDAD DE SONORA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y MINAS

MEMORIA DE PRÁCTICAS PROFESIONALES EN LA MINA BUENA VISTA DEL
COBRE DE GRUPO MÉXICO Y DISTRITO SAN DIMAS-MINA BLOCK CENTRAL
DE PRIMERO MINING



PRESENTA:
JUAN ANTONIO MORENO CLARK

Repositorio Institucional UNISON

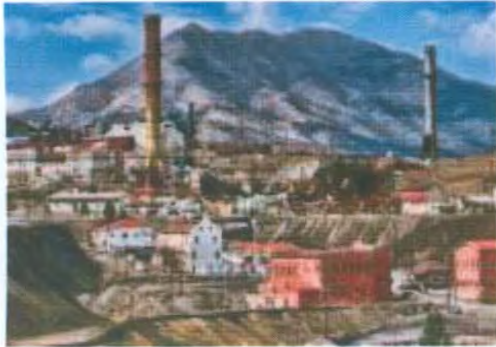


“El saber de mis hijos
hará mi grandeza”



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

PRACTICA 1



Universidad de Sonora

División de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Civil y Minas

MEMORIA DE PRÁCTICAS PROFESIONALES

Juan Antonio Moreno Clark

"BUENA VISTA DEL COBRE"

Concentradora II

Junio, 2015

Índice

1. Introducción.....	3
2. Objetivo general.	4
3. Acerca de Grupo México.....	4
3.1 Organigrama Buena Vista del cobre.....	4
4. Generalidades.	5
4.1 Acceso y localización del área.	5
4.2. Reseña histórica.	6
4.3. Geología.....	7
4.3.1. Mineralización.....	8
5. Operación mina.....	11
5.1. Muestreo.	11
5.2. Barrenación.	12
5.3. Voladura.	14
5.4. Equipo de acarreo y cargado.....	17
5.5. Quebalix.....	20
5.5.1. Trituración primaria:.....	20
5.5.2. Bandas transportadoras.....	22
5.5.3. Patios de lixiviación.....	22
6. Planta E.S.D.E.	25
6.1. Deposición electrolítica.	26
7. Concentradora II. (Área en donde se llevaron a cabo las prácticas profesionales)	28
8. Instalación de un molino de bolas de 24'-0" x 42'-6"	29
8.1. Diseño del molino.....	29
8.1.1. Cálculos de diseño.....	30
8.2. Instalación.....	31
8.2.1. Preparación para el montaje	31

8.2.2. Cimentación.	31
8.2.3. Bloques de nivelación para los cojinetes de los muñones.	34
8.2.4. Secuencia del armado del molino.....	35
8.2.4.1. Ensamble del cilindro.....	36
8.2.5. Instalación de los cojinetes de los muñones.	38
8.2.6. Instalación casco, cabezal y muñón.....	41
8.2.7. Instalación del engranaje.....	44
8.2.8. Torque de pernos.....	47
8.2.9. Procedimiento de aplicación para el revestimiento de caucho.	50
8.2.9.1. Enlainado.....	51
8.2.10. Instalación del dispositivo de carga.....	52
8.2.11. Instalación del conjunto de descarga.....	53
8.2.12. Instalación del sistema de lubricación.....	54
9. Operación.....	56
10. Mantenimiento.....	57
11. Trabajo y aportaciones del alumno.....	58
12. Conclusión y recomendaciones.....	61
13. Experiencia adquirida.....	62

Figuras

Figura 1. Organigrama Buena Vista del cobre	4
Figura 2. Ubicación mina Buena Vista del Cobre	5
Figura 3. Cinturón de pórfidos cupríferos de Arizona hasta Sonora.	7
Figura 4. Mapa geológico Buena Vista del cobre	8
Figura 5. Columna estratigráfica	9
Figura 6. Perforadora Pit Viper 351 de atlas copco	14
Figura 7. Esquema de tiempo de retardos para la voladura	15
Figura 8. Camión 797F de Cartepillar con capacidad de 360 Tons.....	18
Figura 9. Pala P&H 4100XPB con capacidad de 137 yds. Cubicas	18
Figura 10. Tajo Cananea.....	19
Figura 11. Incrementos 5, 6, 7 y 8.....	19
Figura 12. Descarga de mineral sobre quebradora primaria.....	19
Figura 13. Entrada de alimentación de quebradora de cono	21
Figura 14. Banda transportadora de quebalix I.	22
Figura 15. Patios de lixiviación en Buena Vista.....	23
Figura 16. Represos de lixiviable	24
Figura 17. Esquema de extracción por solventes	25
Figura 18. Celdas de electrodeposición	26
Figura 19. Placas de cobre con 99.97% de pureza (impurezas menores de plomo, fierro y azufre).....	27
Figura 20. Concentradora II areas 300, 220 y 310.....	28
Figura 21. Tabla datos climáticos de la región	31
Figura 22. Bloques de nivelación para los cojinetes de los muñones	34
Figura 23. Orejas provisionales de las secciones del cilindro	25

Figura 24. . Secuencia de armado y la especificación del torque que deberá llevar las secciones	36
Figura 25. Montaje de Sección #2	37
Figura 26. Montaje de Sección #3	37
Figura 27. Montaje de Sección #4.....	37
Figura 28. Montaje de Sección #6	37
Figura 29. Esquema de alineación cojinetes de los muñones	39
Figura 30. Nivelación entre los dos cojinetes	40
Figura 31. Montaje cabezal y señalado de gatos hidráulicos	42
Figura 32. Cabezal muñón.....	42
Figura 33. Ensamble de cabezal-muñón con el cilindro	43
Figura 34. Ensamble de la corona	45
Figura 35. Prueba de ensamble entre el piñón y corona.....	46
Figura 36. Calibrador ultrasónico de elongación	48
Figura 37. Aplicación de caucho para el revestimiento del molino	50
Figura 38. Colocación de lanas para proteger al molino	51
Figura 39. Canaleta de alimentacion y seccion de carga	52
Figura 40. Criba de descarga.....	53
Figura 41. Sistema de lubricación	54
Figura 42. Vista del molino instalado correctamente	56
Figura 43. Reporte de nivelación topográfica para placa de nivelación (soleplate)	59
Figura 44. Alineamientos y distancias de placas de nivelación con estación total	60

"BUENA VISTA DEL COBRE"—Concentradora 2

1. Introducción.

El siguiente documento corresponde al trabajo de memorias de prácticas profesionales para la obtención del título de la carrera ingeniero minero de la Universidad de Sonora, mismas prácticas realizadas en el periodo de diciembre-enero del año 2013 en mina Buena Vista del Cobre perteneciente al Grupo México, ubicada en la ciudad de Cananea Sonora, el alumno apoyo en la expansión de la mina área "concentradora 2", con la empresa contratista Metso Minerals bajo la supervisión del Ingeniero Quauhtémoc Servín residente de obra.

La empresa contratista es la encargada del montaje de los molinos de bolas en la nueva ampliación, para el montaje de estos equipos de millones de dólares se debe de seguir un procedimiento con un control y reportes específicos en cada actividad a realizar, control de calidad fue el departamento donde el alumno estuvo participando durante su estancia en la mina.

2. Objetivo general.

El objetivo principal de las prácticas profesionales es que el alumno ponga en práctica los conocimientos adquiridos en las diferentes materias recibidas durante su formación académica, adquirir un poco de experiencia en el campo de trabajo y familiarizarse con la maquinaria que se utiliza en la mina, también aprender de los ingenieros, trabajadores y todo el personal que brinde sus consejos y conocimientos hacia el alumno ya que ellos tienen experiencia en lo que es nuevo para un practicante en su estancia.

Otro objetivo de este reporte es dar a conocer las actividades que se llevaron a cabo por el alumno en su mes de estadía y el funcionamiento de los equipos a instalar (molino de bolas).

3. Acerca de Grupo México.

Grupo México es una de las empresas más importantes en México, Perú y Estados Unidos, y uno de los principales productores de cobre en el mundo. Además cuenta con el servicio ferroviario de carga multimodal más grande de México.

3.1 Organigrama Buena Vista del cobre.



Figura 1. Organigrama Buena Vista del cobre.

4. Generalidades.

4.1 Acceso y localización del área.

Minera Buena Vista del Cobre se encuentra en la parte centro norte del estado de Sonora al N-W de la ciudad de Cananea, que tiene como ubicación las siguientes coordenadas: $31^{\circ}01'35''$ latitud norte y $110^{\circ}15'56''$ longitud oeste de Greenwich, a una altura de 1654 metros sobre el nivel del mar, con una distancia de unos 40 kilómetros al sur de la línea divisoria con Estados Unidos y aproximadamente unos 290 kilómetros de la ciudad de Hermosillo Capital de estado, comunicada con las ciudades de Imuris-Agua Prieta por la carretera federal #2. El acceso principal hacia la mina es sobre la avenida principal de Cananea Av. Juárez prácticamente están comunicados la puerta #1 (principal) con la ciudad, dado los problemas que se presentaron con los trabajadores sindicalizados esta puerta aún permanece cerrada haciendo que los trabajadores entren por otros accesos que es la puerta #3 ubicada a 3 km de la ciudad atravesando la presa de Jales de la mina y puerta #5 ubicada en colonia Cananea Vieja 1 km al este de puerta principal.



Figura 2. Ubicación mina Buena Vista del Cobre.

4.2. Reseña histórica.

Año	Hecho Histórico
1760	Descubrimiento de las primeras minas
1762	Trabajadores están en decadencia por falta de la seguridad en las actividades mineras
1860	Gral. Ignacio Pesqueira adquiere las primeras propiedades mineras
1883	El americano Beenham construye Cananea Mining Co.
1899	Se construye el primer horno y se instala la primera planta concentradora
1901	Cananea era comisaria y fue elevada a municipio
1906	Se estalla la huelga de Cananea, tuvo lugar a la huelga más grande registrada en el mineral.
1917	La compañía es vendida a The Anaconda Mining
1940	Se inicia la explotación minera mediante minado a cielo abierto, al primer tajo se le llamó "Tajo La Colorada".
1948	Inician los envíos a Cobre de México, S.A., localizada en la ciudad de México.
1964	Se suspenden los minados por métodos subterráneos.
1971	Se mexicaniza la Compañía Minera de Cananea, S.A. de C.V., The Anaconda Copper Mining Company vende sus acciones. Esto se produce ya que la Ley Minera expedida en 1961 obligaba a empresas extranjeras a mexicanizarse antes de 1986.
1989	Compañía Minera de Cananea se declara en quiebra, suspende sus operaciones por casi 3 meses.
1990	El Grupo México adquirió la minera en quiebra mediante subasta, convirtiendo la Compañía en Mexicana de Cananea, S.A. de C.V.
2007	El sindicato minero de la sección 65 se pone en huelga general, argumentando motivos de mejores medidas de seguridad, pero dificultando cualquier negociación al respecto
2010	Después de tres años de ruina económica para la población de Cananea, la policía federal toma el control de las instalaciones de Mexicana de Cananea tras desalojar a los trabajadores de la Sección 65 del Sindicato Minero
2015	Las operaciones en Buena Vista siguen hoy en día, además se hizo una gran inversión para nuevas áreas como lo es la nueva concentradora que aumentara 100,000T/día la producción.

4.3. Geología.

En este distrito hay afloramientos de rocas intrusivas, porfídicas, volcánicas, sedimentarias y metamórficas. Estratigráficamente se han considerado las rocas sedimentarias como las más antiguas, Cámbricas a Misisípicas y se asume un basamento de edad precámbrico-granito. Se puede decir que la secuencia de rocas volcánicas es variada en composición desde rocas ácidas a semiácidas del terciario inferior entre 59 y 67 millones de años. Los eventos de intrusión se resumen en batolito granodirítico diferenciado en granito, diorita y pórfidos cuarzo-monzoníticos cuyas edades varían entre 47 y 110 millones de años.

Los yacimientos se reconocieron en tres zonas mineras con depósitos metálicos que son: Cananea, El Alacrán y Virgen de Plata, que corresponden a depósitos del tipo pórfido cuprífero, de reemplazamiento y vetas de relleno de fallas y fracturas. Los yacimientos encuentran dentro del cinturón de pórfidos cupríferos que se extiende desde Arizona hasta el noreste de Sonora.

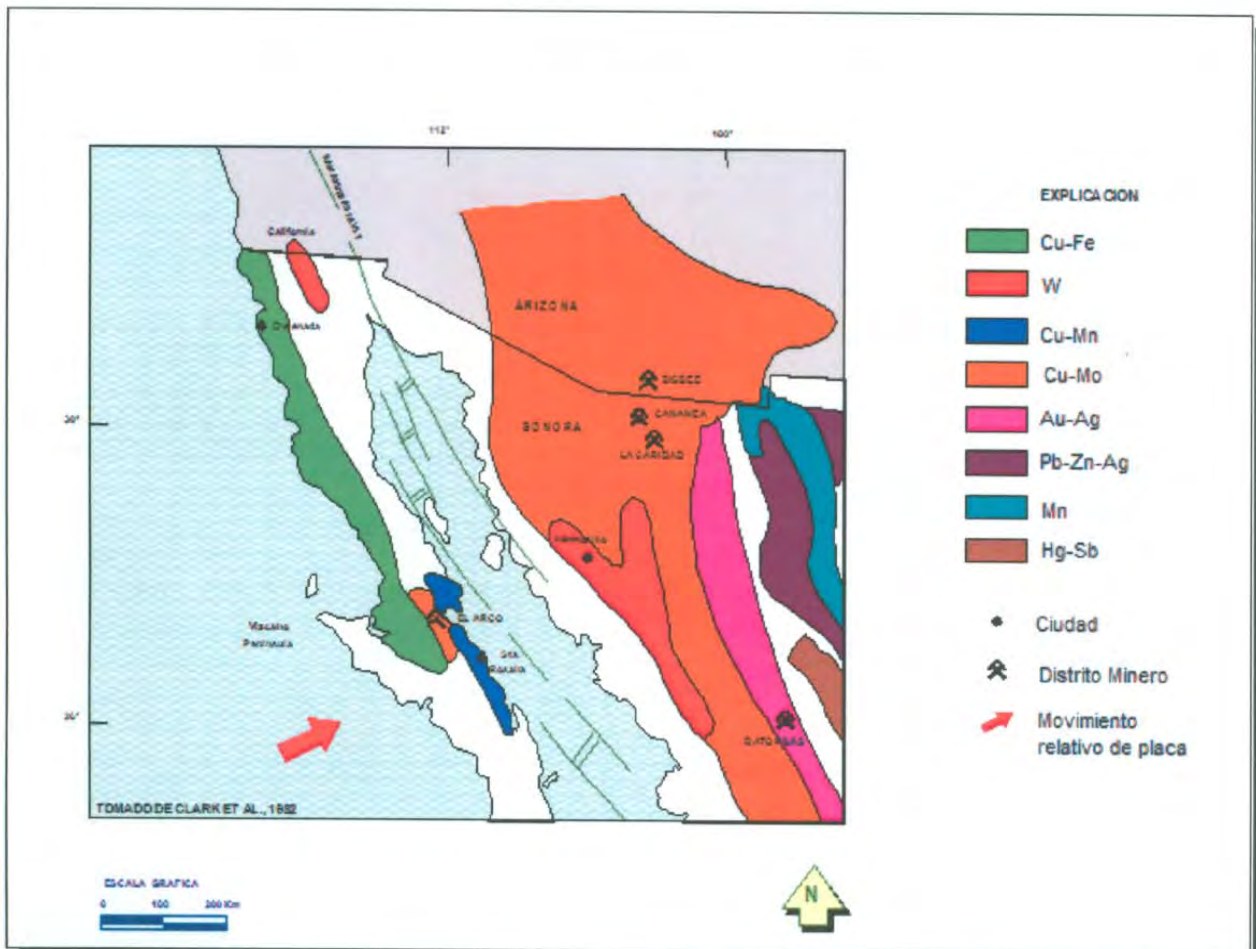


Figura 3. Cinturón de pórfidos cupríferos de Arizona hasta Sonora.

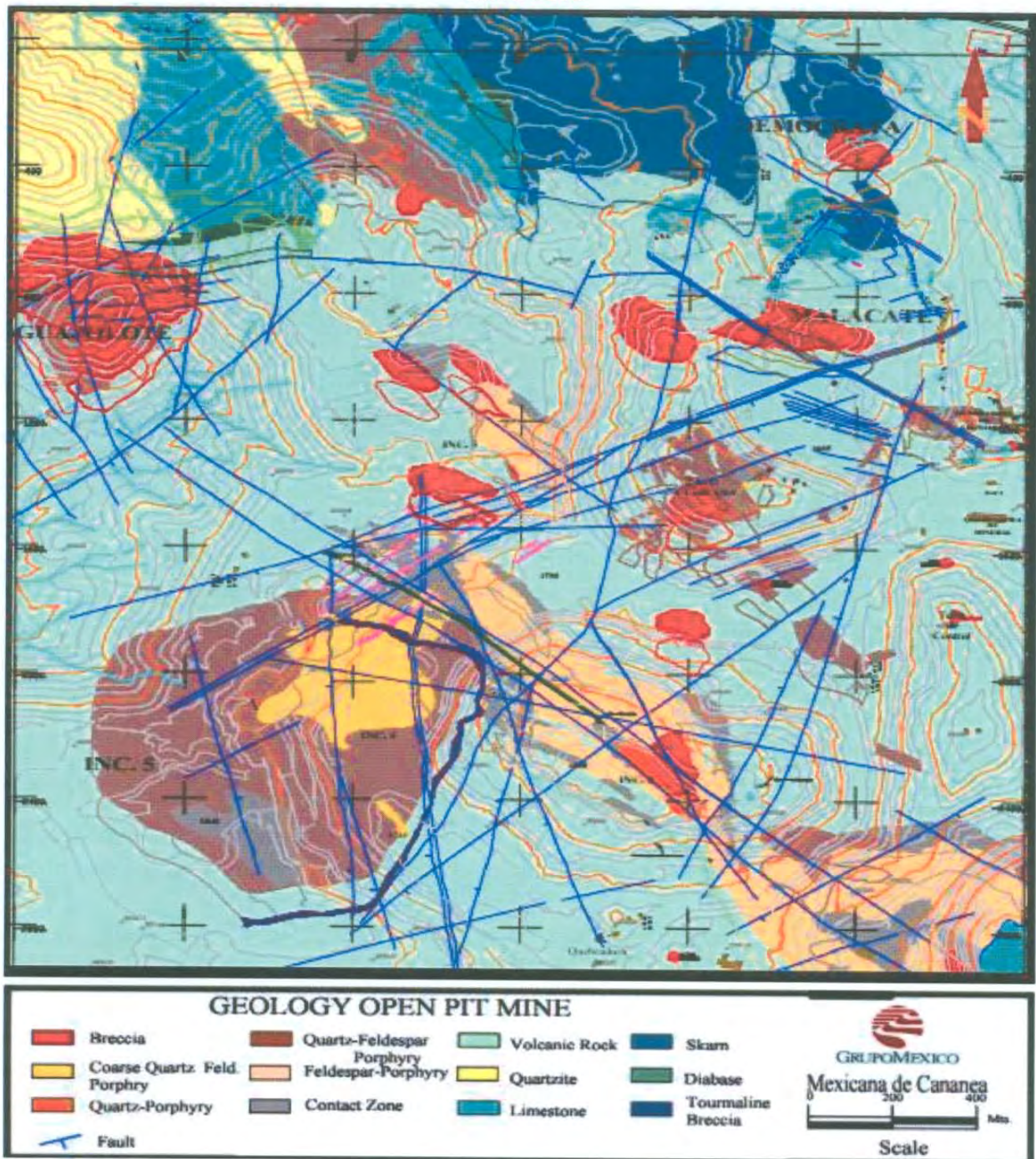


Figura 4. Mapa geológico Buena Vista del cobre.

4.3.1. Mineralización.

Las concentraciones de sulfuros de importancia económica se han encontrado como reemplazamientos en calizas, en horizontes favorables, chimenea brechoides, en zonas de contacto entre pórfidos cuarcíferos y rocas volcánicas adyacentes.

La distribución zonal de los minerales en el yacimiento está bien definida, aunque no se nota un buen límite entre el enriquecimiento secundario y la mineralización primaria. Dentro de su origen la mineralización puede dividirse en tres:

1. Mineralización hidrotermal (primaria).

2. Zona de oxidación.
3. Enriquecimiento secundario.

MINERALIZACIÓN PRIMARIA.

Los minerales de origen hidrotermal primarios son los siguientes:

Pirita (FeS)

Calcopirita (CuFeS)

Molibdenita (S₂Mo)

Tetraedrita (S₁₃Sb₄(Cu, Fe, Zn, Ag)₁₂)

Bornita (Cu₅FeS₄)

ZONA DE OXIDACION.

En esta zona han sido lixiviados todos los minerales pasando a formar el enriquecimiento secundario, de los cuales solo quedan huellas, sin embargo dentro de esta zona todavía se encuentran vetillas de cuarzo, turmalina y alunita. Los principales minerales que se encuentran en esta zona son: Hematita, Goethita, Jerosita, etc. Encontrándose en vetillas y diseminaciones dentro de la roca encajonante.

ENRIQUECIMIENTO SECUNDARIO.

Los minerales característicos en el distrito minero de Cananea del enriquecimiento secundario de cobre siendo los causantes de la producción son:

Calcocita (Cu₂S)

Covelita (CuS)

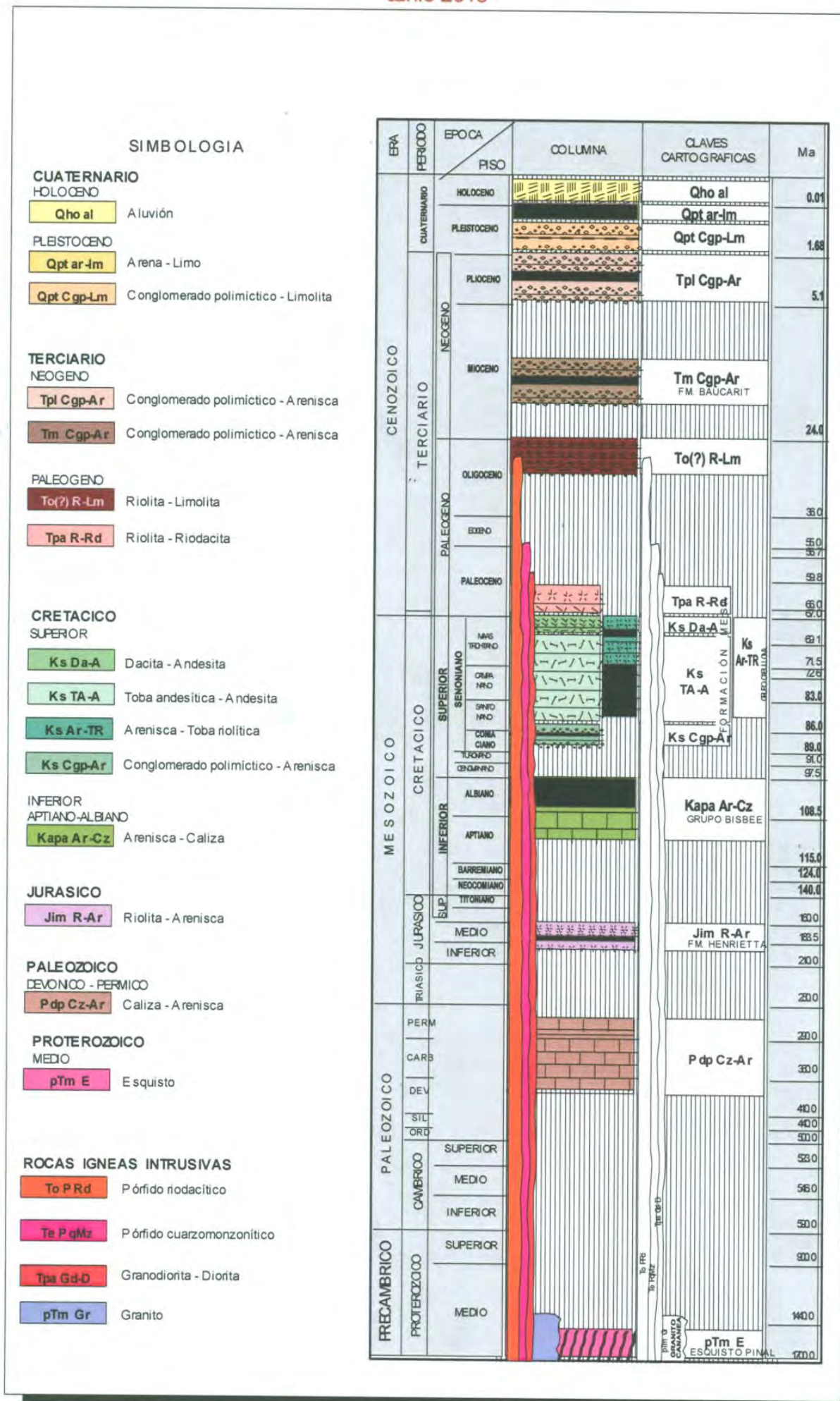


Figura 5. Columna estratigráfica.

5. Operación mina.

5.1. Muestreo.

El muestreo que se lleva a cabo en la mina es el típico muestreo aleatorio, no hay un patrón para muestrear las áreas o barrenos, se toma muestras de un lado como del otro sin seguir un patrón específico y el procedimiento es el siguiente:

Procedimiento de muestreo

1. El topógrafo debe identificar el barreno con un número el cual contenga el # de incremento, el # de banco, # de patrón y # consecutivo de barreno, seguido de esto se anota en una estaca el número correspondiente al barreno.
2. La numeración de los barrenos debe coincidir con los datos manejados por las cuadrillas de topografía.
3. El supervisor de muestreo debe identificar los barrenos muestreados en una bitácora, tomando en cuenta el número de estaca que anteriormente colocó el topógrafo.
4. Para llevar a cabo la toma de muestras de los barrenos se debe excavar 4 zanjas en forma de cruz, sin llegar al hoyo, en cada uno de los barrenos a muestrear, independientemente de que el área haya sido clasificada como mineral, lixiviable o tepetate.
5. Las zanjas deberán abarcar desde la parte más alta del cono resultante de la perforación, hasta el piso firme del terreno y de tal ancho que permita deslizar la pala con facilidad y uniformidad.
6. La toma de la muestra deberá de realizarse de abajo hacia arriba abarcando la altura total de cada uno de los 4 cortes.
7. Se procederá a tomar una cantidad aproximada de un kilogramo entre los cuatro cortes y se vaciara en la bolsa de plástico.
8. La muestra debe ser etiquetada y deberá traer la siguiente información:

Número consecutivo de barreno

Número de la perforadora

Número de incremento donde se encuentra dicho barreno

Fecha

Además de esto dentro de la bolsa se debe colocar una etiqueta la cual contenga la misma información que lleva la bolsa.

9.

- Numero consecutivo de barreno
- Número de la perforadora
- Numero de incremento donde se encuentra dicho barreno

Fecha

10. El personal asignado para el muestreo debe preguntar a Operación Mina en qué áreas se tendrán voladuras ese día, para dar prioridad a dicho banco, ya que el muestreo debe hacerse antes de que el personal de voladuras comience con el cargado de barrenos.
11. En caso de que los montones estén demasiado húmedos o que estén semi-compactos debido al clima o ambiente, se deberán utilizar palas estándar, talachos o picos, procurando siempre cortar y obtener una muestra representativa del montón.
12. Cuando las muestras sean entregadas al laboratorio se deberá avisar al encargado del mismo sobre la entrega y cantidad de muestras que recibe.

5.2. Barrenación.

Se tiene 3 tipos de Barrenación en la mina: Pre corte, Barrenación Secundaria y de Producción. La Barrenación de Pre corte se utiliza para dejar perfilados los Bancos de Producción, se utiliza barras de 6 ½ Pulgadas y con separaciones de 2, 3, 4 o 5 metros, entre Barrenos. En la Barrenación de Producción, se utilizan Barras de 10.0 pulgadas de Diámetro, un largo de 9 m, y una broca que deja un barreno de 12 ¼ Pulgadas de Diámetro.

Plantilla de barrenación

Las plantillas de barrenación son diseños creados para ayudar a la fragmentación de la roca. Dependiendo de las condiciones del terreno se tomara la decisión de escoger cierto tipo de plantilla, actualmente en la mina la plantilla de barrenación más utilizada es la de tres bolillo (patrón escalonado) ya que en la mayoría de los incrementos la roca es muy dura y este tipo de plantilla ayuda a tener una mejor fragmentación en la roca, gracias a que los diámetros de explosión se intersectan en los centros del barreno.

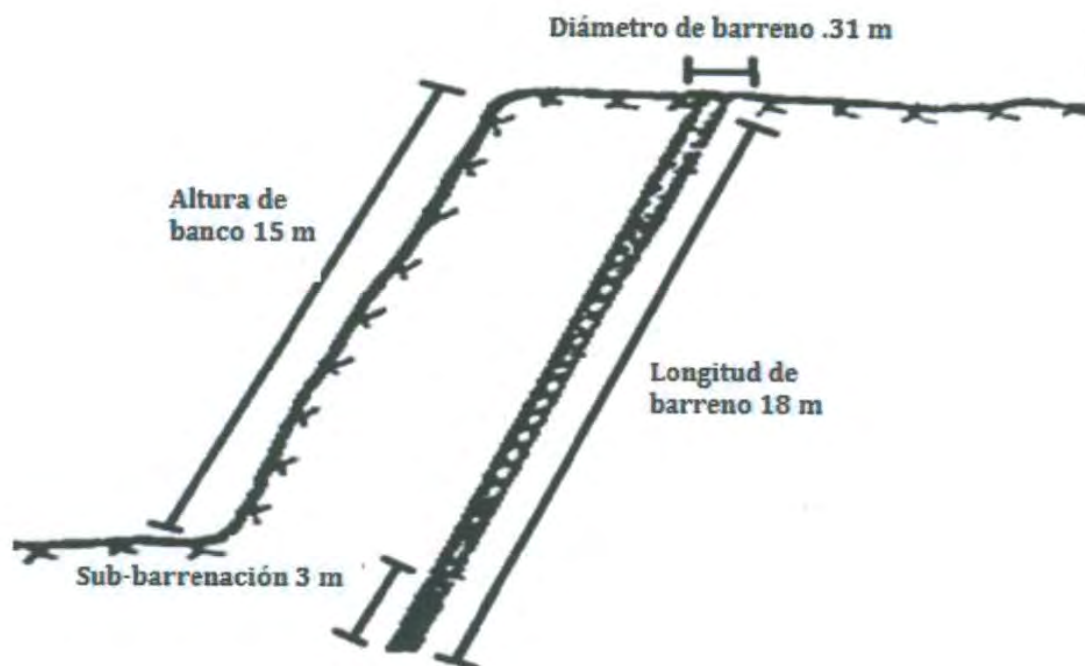


Tres bolillos

El departamento de barrenación y voladura es el encargado de diseñar los patrones de Voladura de acuerdo con el material que se va barrenar, Se utilizan diferentes patrones de Barrenación. 7X8, 8X9, 9X10, 10X11 hasta 11X12 barrenos.

Patron	Utilizar en
7x8	Zona dura *
8x9	Zona dureza media *
9x10	Zona blanda
10x11	Zona muy blanda
11x12	

Los patrones diseñados se cargan al sistema Dispatch y Provision 3 (software para minería que da coordenadas por medio de GPS), dichos patrones aparecen en la pantalla de la Perforadora, el operador escoge el patrón que va a barrenar y procede a ejecutarlos, El equipo con que se cuenta para la barrenación es el siguiente: (4) 49RIII de Bicyrus Erie, (7) Pit Viper 351 de Atlas Copco, (3) Roc L8 de Ingresoll Rand para el precorte y barrenación secundaria. Como Primer Paso se Barrena de acuerdo al patrón diseñado, esta barrenación es de 18 metros de profundidad, de estos 18m dejamos tres que son de subarrenación con el fin de Facilitar el trabajo a los equipos de Cargado así como de maquinaria Auxiliar.



La perforadora pit-viper utilizada en la mina, tiene un alcance de barrenación de 19.9m, trabaja con una palanca que cuenta con 3 botones, uno para soltar aire, otro para echar agua y otro para comenzar la barrenación. Dentro de la cabina de operación también cuenta con un GPS en el cual se ingresa el patrón asignado para el área que se requiere barrenar, este tiene un error de 0.5 metros. Los barrenos duran aproximadamente 30 minutos en quedar terminados, teniendo una longitud total de 18 metros, 3 metros de sub-barrenación y un diámetro de 0.31 metros.



Figura 6. Perforadora Pit Viper 351 de atlas copco.

5.3. Voladura.

Una voladura es la acción de fragmentar roca utilizando explosivo, esta requiere de otras actividades como:

1. Estudio geológico (Dureza de la roca).
2. Barrenación.
3. Cargado y taqueo.
4. Diseño de voladura.

El procedimiento que se lleva a cabo en la mina para la realización de la voladura consta de hacer un barreno con cierto diámetro y normalmente de 18m de

profundidad, después de la barrenación se lleva a cabo el cargado, que consiste en agregar al barreno cierta cantidad de explosivo hasta llegar a la altura requerida (longitud de carga). Teniendo la altura requerida pasamos a lo que es el taqueo donde se introduce tierra o grava al barreno hasta estar completamente tapado.

Las mezclas utilizadas en la mina son:

Emulsion	Anfo	Utilizar cuando
70	30	Presencia de agua
50	50	Zona dura
30	70	Zona dureza media
20	80	Zona blanda
	100	Zona muy blanda

El siguiente paso es el diseño donde se le da tiempo a cada iniciador tomando en cuenta la carga, la dureza de la roca, el patrón (bordo-espaciamiento) y la orientación que se requiera para esta voladura, para obtener una buena fragmentación en la roca es necesario conocer su dureza y realizar una buena plantilla de barrenación, teniendo esto podremos elegir el tipo de carga y el tiempo que se le dará a cada iniciador. La siguiente figura es el esquema realizado en el programa AutoCAD, donde aparecen los tiempos de retarda que se le dará entre cada barreno, los tiempos están en milisegundos y podemos observar que en línea recta el tiempo es de 5 milisegundos, al cambiar de fila el tiempo es mayor y varia de 30 a 20 milisegundos, podemos apreciar esto en la siguiente figura.

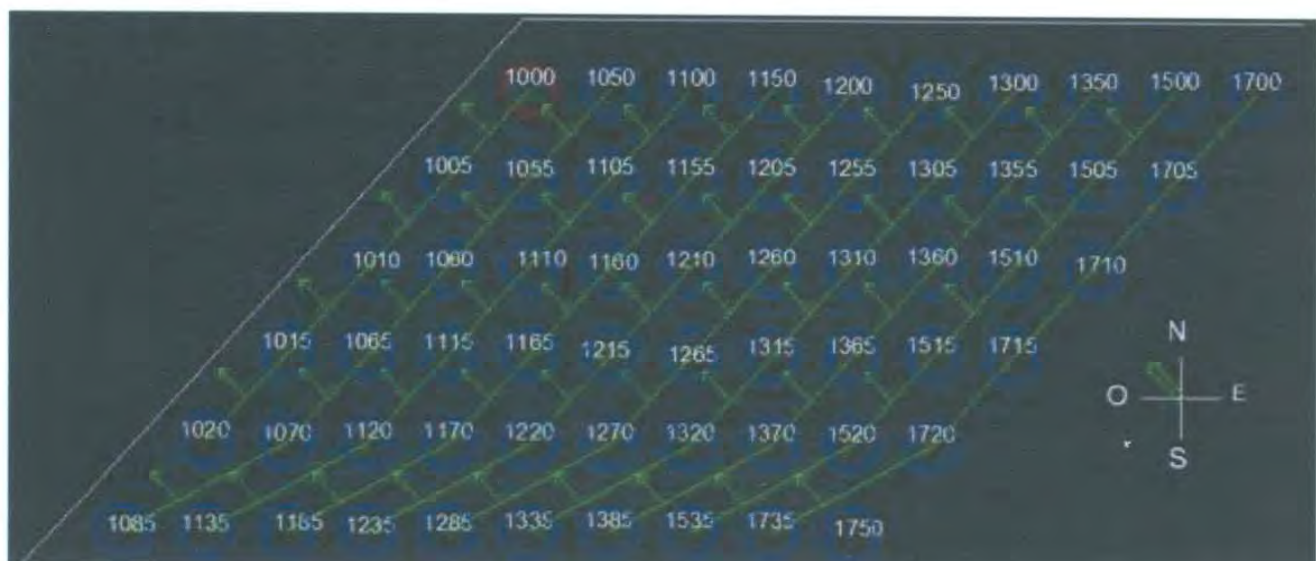


Figura 7. Esquema de tiempo de retardos para la voladura.

Actualmente las Voladuras son efectuadas normalmente a la 2:00 P.M. salvo algún contratiempo se podrá cancelar o diferir dicha hora, se debe notificar a todas las personas involucradas en la operación incluyendo Contratistas (Se avisa por la frecuencia de radio en uso de la mina así como también a los demás departamentos por correo electrónico, tanto ubicación como los lugares donde habrá barricadas, y es responsabilidad de los encargados de área informar a todo el personal y retirarlo). La distancia mínima a la que se deberá de evacuar la zona de voladura es de 500 m. Al iniciar el proceso de voladuras se activaran sirenas y se pedirá silencio radial, se mantendrán bloqueados los accesos a dichas áreas. Una vez realizadas las voladuras, se revisan las áreas para comprobar que estas son seguras y se procederá a volver cada quien a sus operaciones interrumpidas por la voladura.

En el departamento de voladuras de Mina Operación se realizan tres tipos de voladuras las cuales son:

- Producción
- Precorte.
- Secundarias (Plasteos y Moneos).

Voladuras de Producción

Las voladuras de producción son las que nos darán el material de valor o material con ley costeable de cobre para después procesarlo y convertirlo en placas de cobre catódico, se realizan con patrones de diferentes bordos y espaciamientos tales como (7*7*15), (7.5*8.5*15) y de (8*9*15) en zonas de Mineral alta ley, en bancos de 15 metros., Las voladuras en Lixiviable y Tepetate en patrones de (7.5*8.5*15), (8*9*15) y (10*11*15). Todas ellas en bancos de 15 metros de altura, con barrenos a 18 metros y 3 metros de sub-barrenación. Para el cargado de explosivo se utiliza Emulsión como alto explosivo y ANFO.

Para obtener mejores resultados en cuanto a fragmentación de la roca se utilizan mezclas de Emulsión-ANFO, en diferentes proporciones desde 20/80 (20% Emulsión 80% Nitrato) ,30/70, 50/50 y 70/30, para aumentar la velocidad de detonación del explosivo y hacerlo más potente. Para el cebado se utiliza Booster (alto explosivo) e iniciadores con fulminantes electrónicos (Digishot de Dyno Novel y e* star de Austin Powder).

Dependiendo de la zona a cargar se deben tomar en cuenta el tipo de roca, dureza y presencia de agua, se determina el tipo de mezcla de explosivo que se utilizara y el equipo que se requiere para el cargado del patrón.

Voladuras de Precorte.

Las voladuras de precorte se realizan en los límites finales del tajo para dejar perfilados los bancos de producción, y los barrenos se realizan con perforadoras de tipo Rock Drill, con diámetro de broca de 4 pulgadas y profundidades que van de 18 metros en banco normal y de 36 metros en doble banco. Para el cargado con explosivo en los barrenos se utiliza emulsión empacada (Power Split 1 ¼ x 16") y Cordón detonante.

Voladuras Secundarias.

Las voladuras secundarias que se realizan en BVC (Buena Vista del Cobre) corresponden a moneos y plasteos. En ocasiones las rocas de sobre tamaño que superan los cuatro metros cúbicos son moneadas, es decir, barrenadas con perforadoras rock drill y cargadas con explosivo empacado, como es la emulsión Magnafrac 2"x16" y Power Split 1 ¼ x 16" también se utilizan ANFO empacado en costales. Como iniciadores se utilizan Cordón detonante e iniciadores electrónicos E*star y Digishot. Las rocas con tamaños menores a los cuatro metros cúbicos se PLASTEAN, cada una de las plastas se colocan en los puntos de debilidad o fracturas de la roca y el explosivo empleado es el explosivo empacado (Magnafrac 2"x16" y Power Split 1 ¼ x 16"), para asegurar el confinamiento del explosivo, se coloca lodo sobre la plasta, para que la energía sea transmitida únicamente hacia la roca y además con ello también se disminuye la cantidad de ruido por la explosión. Como iniciadores en los plasteos se utilizan Cordón detonante e iniciadores electrónicos E*star y Digishot.

5.4. Equipo de acarreo y cargado.

El acarreo es la parte en donde el mineral, lixible o tepetate una vez explotado, se transporta por medio de camiones de volteo en el caso de esta mina, a su lugar o destino (planta, botadero, stock). Para poder llevar a cabo esta operación con eficiencia se necesita de un buen control en las operaciones de tiempos y movimientos de cada camión de acarreo y palas cargadoras, donde están involucrados los supervisores y torre de control para no tener pérdida de tiempo en espera de un camión a ser cargado, incluso el tener poca distancia de un camión con otro dificulta la facilidad de maniobrar los equipos de acarreo. La destreza para maniobrar los cargadores, revisión constante, servicio a los equipos (cambio de aceite, engrasado, llantas etc.) y el clima, son factores esenciales para llevar a cabo esta operación exitosamente. Para el acarreo en la mina se cuenta con los siguientes equipos:

- 10 Dresser 830E de Komatsu con capacidad de 210 Tons.
- 9 URMT4400 de Unit Rig con capacidad de 210 Tons.
- 13 Dresser 930 E de Komatsu con capacidad de 275 Tons.
- 61 CAT 797F de Cartepillar con capacidad de 360 Tons.
- 5 Komatsu 960E con capacidad de 360 Tons.



Figura 8. Camión 797F de Cartepillar con capacidad de 360 Tons.

Para el cargado se tiene la siguiente maquinaria:

- 2 Palas P&H 2800XPA con capacidad de 70 yds cubicas.
- 2 Palas P&H 2800XPB con capacidad de 78 yds. Cubicas.
- 2 Palas P&H 4100XPB con capacidad de 137 yds. Cubicas.
- 7 Palas P&H 4100XPC con capacidad de 147 yds. Cubicas.
- 1 Cargador Frontal WA900 de Komatsu con capacidad de 20 yds. Cubicas.
- 2 WA1200 de Komatsu con capacidad de 40 yds. Cubicas.



Figura 9. Pala P&H 4100XPB con capacidad de 137 yds. Cubicas.

Las áreas de producción actualmente en la mina son los incrementos 5, 6, 7 y 8, los incrementos son las áreas donde se está trabajando y se tienen los materiales básicos a explotar: mineral, lixiviable (lix-fino) y tepetate. El mineral se manda a Quebradora Primaria, el Lix- Fino se manda a quebalixes (1, 2 y 3) lixiviable a Terreros (Tinaja –lix, Alamo) y Tepetate a vaciaderos el Capote, Tinaja – tep. El tajo Cananea es el área donde se encuentran dichos incrementos, tajo que cuenta con una mineralización diseminada, se explotan y se extraen alrededor de 450,000 toneladas por día. Las leyes actuales en los 5 diferentes incrementos varían de .42% Cu a .18% Cu, el material con ley mayor de .3% Cu se toma como mineral, de .18% a .3% Cu se toma como lixiviable y material con ley menor de .18% Cu es considerado tepetate. En las siguientes imágenes se puede apreciar el tajo y sus incrementos.



Figura 10. Tajo Cananea.



Figura 11. Incrementos 5, 6, 7 y 8.

5.5. Quebalix.

En minera Buena Vista se cuenta con un proceso llamado Quebalix que se refiere a tres actividades que incluyen la trituración por quebradoras, después Bandas transportadoras y al final la lixiviación, se tiene 3 diferentes Quebalix, las cuales abastecen a planta E.S.D.E para después recuperar las placas de cobre catódico a 99.97% de pureza.

5.5.1. Trituración primaria:

La trituración primaria reduce normalmente el tamaño de los trozos de mineral a un valor comprendido entre 8" a 6", se lleva a cabo normalmente en quebradoras de mandíbulas o en quebradoras giratorias. Las quebradoras giratorias constan de una masa trituradora de forma cónica que gira en el interior de una carcasa troncocónica fija, abierta por su parte superior e inferior. El mineral que se va a triturar se carga en la quebradora por su parte superior, y el mecanismo por el que se realiza la trituración se basa es la misma acción de aplastamiento de las quebradoras de mandíbulas. En mina BVC se cuenta con este tipo de quebradoras (cono) para las 3 diferentes quebalix se tiene una quebradora de cono, una tiene dimensiones de 54''x79'' y capacidad 10 millones de TPA, en otra de las quebalix hay una quebradora de cono de 60''x89'' y capacidad 15 millones TPA.

Para decidir si se usará un triturador a mandíbula o uno giratorio en una determina planta, el principal factor es el tamaño máximo del material a triturarse y la capacidad requerida. Las trituradoras giratorias generalmente se usan donde se requiere elevada capacidad. Ya que ellas trituran en un ciclo completo, y son más eficientes que las quebradoras de mandíbula. En cambio, las trituradoras de mandíbulas se usan donde la abertura de la boca de alimentación es más importante que la capacidad para poder triturar partículas grandes.

En la siguiente página podemos observar un camión de volteo descargando sobre la trituradora de cono en la mina, también el orificio de entrada hacia la quebradora.



Figura 12. Descarga de mineral sobre quebradora primaria.



Figura 13. Entrada de alimentación de quebradora de cono.

5.5.2. Bandas transportadoras.

Las bandas transportadoras y rodillos son elementos auxiliares de las instalaciones, cuya misión es la de recibir un producto de forma más o menos continua y regular para conducirlo a otro punto. Son aparatos que funcionan solos, intercalados en las líneas de proceso y que no requieren generalmente de ningún operario que manipule directamente sobre ellos de forma continua. En BVC las bandas transportadoras tienen la misión de llevar el material que sale de la quebradora primaria hacia los patios de lixiviación, estas bandas son de 48'' y en las 3 quebalix varia el trayecto que estas recorren, mismo trayecto que va de los 3 a 4 K.m. de distancia, dependiendo a que patio se dirige el mineral.



Figura 14. Banda transportadora de quebalix I.

5.5.3. Patios de lixiviación.

La lixiviación, o extracción sólido-líquido, es un proceso en el que un disolvente líquido pasa a través de un sólido triturado para que se produzca la disolución de uno o más de los componentes solubles del sólido. Ambas fases entran en contacto íntimo y el soluto o los solutos pueden difundirse desde el sólido a la fase líquida, lo que produce una separación de los componentes originales del sólido. En BVC se cuenta con diferentes patios de lixiviación: patio Kino que cuenta con 118 Ha, una altura de 30 a 50 metros y 38 secciones de riego, patio Quebalix I que cuenta con 73 Ha, una altura de 30 metros y 43 secciones de riego, patio Quebalix II que cuenta con 45 Ha, una altura de 20 a 45 metros y 25 secciones de riego, teniendo en total 250 Ha divididas en 120 secciones de riego para lixiviar el mineral.

Después que es triturado el material se deposita en la banda transportadora para llevar el material a su respectivo patio de lixiviación, o en algunos casos el material no necesita trituración, el tamaño de partícula entra en el rango para ser lixiviado.

Para la construcción y operación de los patios es primordial llevar a cabo las siguientes operaciones:

- Rípeo y nivelación con tractor.
- Construcción del terreno.
- Diseño de la red de riego.
- Armado de riego.
- Inicio de operación.
- Integración al programa de riego.
- Curado por 20 días.

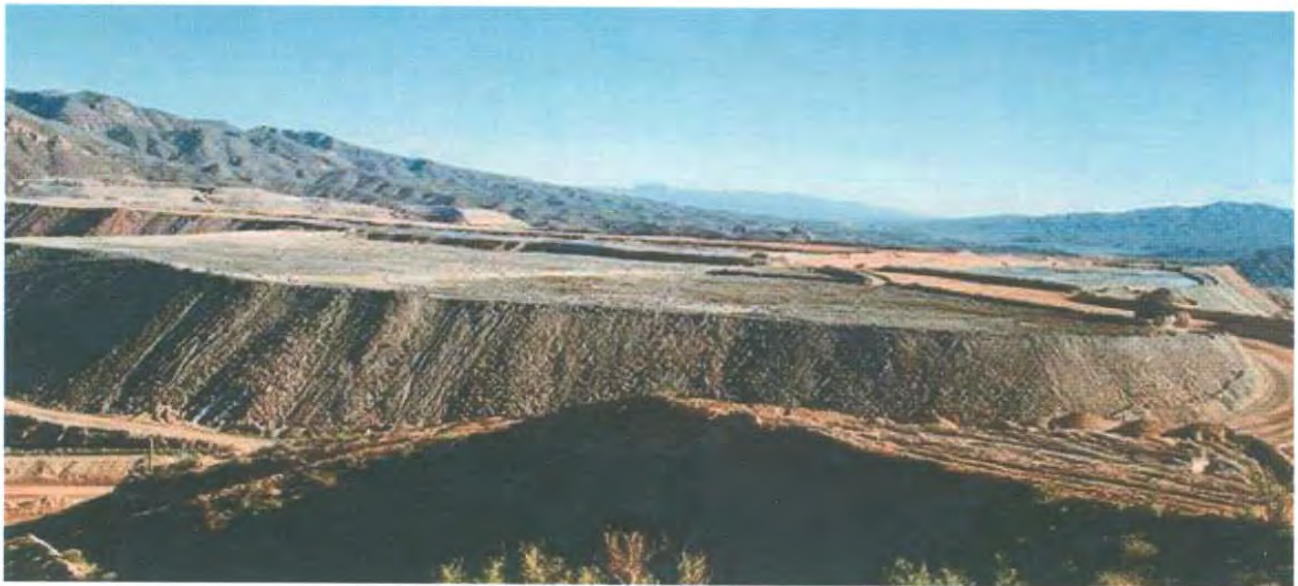


Figura 15. Patios de lixiviación en Buena Vista.

Después de que se deja el curado durante 20 días la solución con mineral líquida se transporta a los represas lixiviables para de ahí ser bombeado a planta E.S.D.E. y subir la concentración de cobre. Son 4 los represas y se aprecian en la siguiente página.

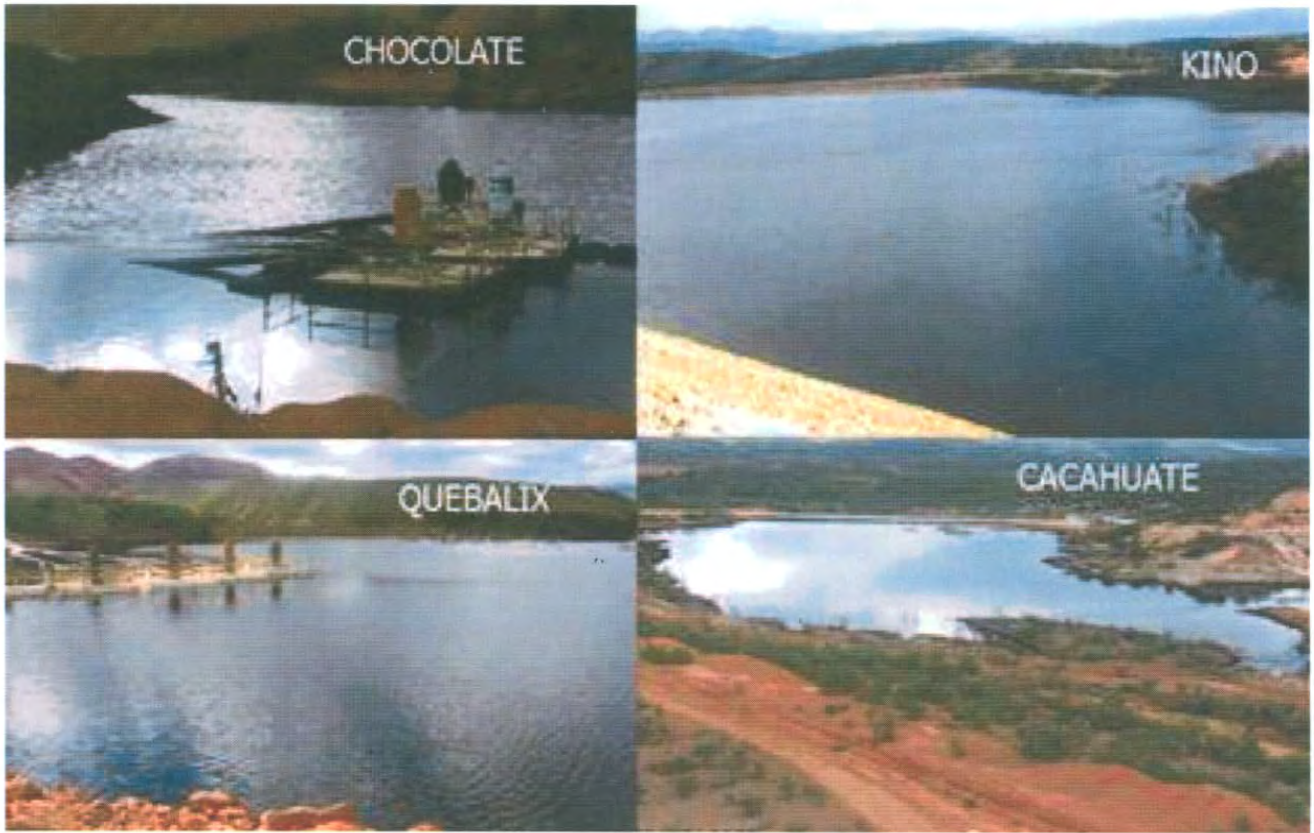


Figura 16. Represos de lixiviable.

6. Planta E.S.D.E

La planta E.S.D.E de BVC está diseñada para producir 32 toneladas diarias de cobre catódico, a partir de una solución denominada licor de lixiviación de bajo grado de cobre (concentración en gramos por litro). La parte de extracción por solventes de la planta consiste en un sistema simple mezclador-asentador, el líquido orgánico es una mezcla por el extractante y LIX-622 disuelto en queroseno, el extractante es patentado por HENKEL que teóricamente carga hasta 0.565 gr de cobre por 1% de reactivo en un litro de solución orgánica.

El cobre extraído es despojado del líquido orgánico para formar un electrolito purificado que es transportado a las celdas de deposición electrolíticas, y así recuperar el cobre en forma metálica.

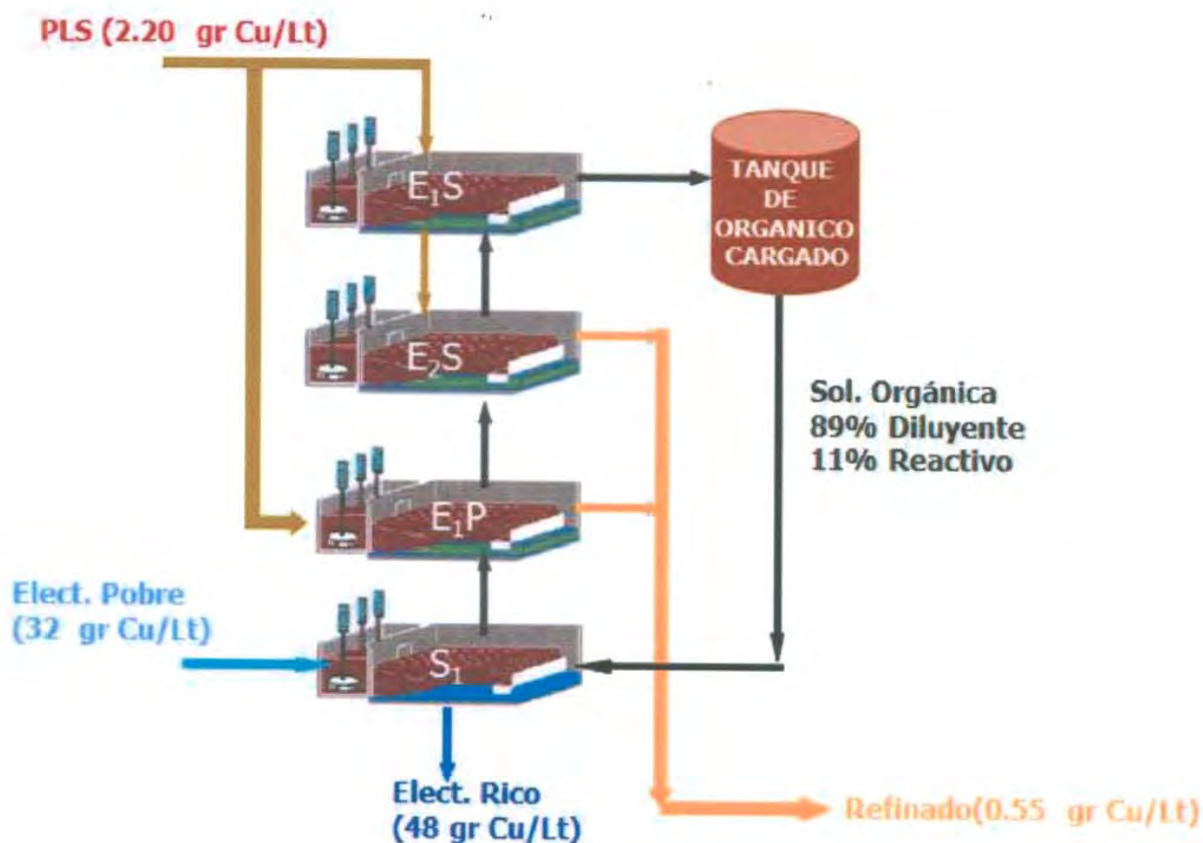


Figura 17. Esquema de extracción por solventes.

6.1. Deposición electrolítica.

La planta de deposición electrolítica produce cobre metálico (cobre catódico con 99.97% de pureza) a partir de una solución electrolítica que contiene sulfato de cobre (CuSO_4), ácido sulfúrico (H_2SO_4), agua H_2O y otras impurezas, en un reactor llamado celdas de electrodeposición o deposición electrolítica, el cual tiene los mismos elementos que una celda electroquímica convencional (sitio anódico, sitio catódico, conductor electrónico, conductor iónico o electrolítico y fuente de energía externa). El electrolito fluye continuamente por la celda donde se hace pasar una corriente externa que va desde un ánodo insoluble de plomo-calcio a un cátodo de acero inoxidable. En la superficie interfacial entre el cátodo y el electrolito, ocurre la reacción de media celda catódica (reducción de los iones de cobre que se encontraban en el electrolito a cobre metálico) para el cobre, que es depositado en la superficie de cátodo de acero inoxidable, formando una capa de cobre metálico, que gradualmente aumenta su espesor y peso, en tanto que en el ánodo, el agua se oxida en iones de hidrogeno (H^+) y oxígeno gaseoso (O_2). En BVC se cuenta con 52 celdas electrolíticas con 63 ánodos de plomo-calcio y 62 cátodos de acero inoxidable por celda, 46 celdas comerciales, 6 limpiadoras a una densidad de corriente de 190 amp/m^2 , el ciclo de cosecha es de 7 días y se extraen aproximadamente 32,000 Ton/día.



Figura 18. Celdas de electrodeposición.

Después de que pasan los 7 días en las celdas de electrodeposición las placas de cobre están ya en una pureza del 99.97%, listas para ser embarcadas a su destino, la mayoría del producto de mina (73%) se va a otros países principalmente China, y un porcentaje menor (27) se queda dentro del país.



Figura 19. Placas de cobre con 99.97% de pureza (impurezas menores de plomo, fierro y azufre).

7. Concentradora II. (Área en donde se llevaron a cabo las prácticas profesionales)

Gracias a los estudios geológicos realizados en la zona de interés en Buena Vista del cobre, los cuales arrojan datos que la mina cuenta aún con más de 50 años de vida en las operaciones de explotación del mineral (teniendo en cuenta el aumento de toneladas que se tendrá por la nueva concentradora), se hicieron evaluaciones y estudios para saber si la nueva ampliación sería costeable, la cual fue aprobada y empezó sus actividades en el año 2012. Dicha ampliación consta de 4 quebradoras de cono, 6 molinos de molienda, 3 molinos de remolienda, bandas transportadoras y celdas de flotación. La inversión que se hizo para la ampliación es estimada por más de 2000 millones de dólares y aumentará la producción 100 mil toneladas más por día. La empresa Metso Minerals es la encargada de la instalación mecánica de los equipos en concentradora II, la instalación requiere de procedimientos específicos para el armado correcto de los molinos y demás equipos, mismo que el proveedor hace entrega de un manual de instalación que se debe seguir estrictamente llenando reportes de cada uno de los movimientos que se hagan para la instalación de los equipos, dado que si no se lleva un procedimiento tal y como lo dice el manual al momento de una falla en cualquiera de los molinos, quebradoras o bandas transportadoras la garantía no se hará válida en estos equipos de millones de dólares. El departamento de control de calidad se encarga de todos los reportes y seguimiento de la instalación de los equipos (mismo departamento en que el practicante participó en el armado de los molinos de molienda).



Figura 20. Concentradora II areas 300, 220 y 310.

8. Instalación de un molino de bolas de 24'-0" x 42'-6"

8.1. Diseño del molino.

TAMAÑO DEL MOLINO:

24'-0" x 42'-6"

TIPO:

Molino de bolas

MOTORES DE ACCIONAMIENTO:

(2) 7000 kW, sincrónicos, 180 RPM

EMBRAGUE

(2) embragues neumáticos de Wichita ATD-360 STV

ENGRANAJES

Engranaje helicoidal – 284 dientes, Piñón (2) – 19 dientes, Relación 14,95: 1 Paso diametral (DP): 34 module

VELOCIDAD DEL MOLINO:

12,04 RPM a un 75.8% de la velocidad crítica (CS)

TAMAÑO DE LOS COJINETES DE LOS MUÑONES

32" x 30" TIPO: Cojinetes de camisa hidrostática.

SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE LOS COJINETES DE LOS MUÑONES

Sistema de lubricación hidrostática.

TAMAÑO DE LOS COJINETES DEL PIÑÓN:

SDAF23296 TIPO: Cojinetes de rodillo esférico

SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE LOS COJINETES DE LOS PIÑONES

Sistema de lubricación automática del aceite como parte del sistema de lubricación de los cojinetes de los muñones

REVESTIMIENTO DEL MOLINO:

Conjunto de revestimientos metálicos de cromo molibdeno y respaldo del revestimiento de caucho

DISPOSITIVO DE CARGA:

Canaleta de carga con ruedas, revestimiento del muñón de carga y rueda recidante con conjunto de sellos

DISPOSITIVO DE DESCARGA:

Revestimiento del muñón de descarga y conjunto de la criba

8.1.1. Cálculos de diseño.

Material procesado:	Concentrado de cobre
Capacidad:	100,000 toneladas métricas secas por día (6 molinos)
Tamaño de carga:	F100 = 1400 mm a F10 = 6 mm
Tamaño del producto:	105 micrones
Carga de bolas (por volumen):	35% de diseño

Tamaño de carga de bolas y distribución de peso recomendados:

A una carga nominal de las bolas del 33%:

Tamaño de las Bolas (pulg.)	Tamaño de las bolas (mm)	% de carga inicial	Peso (tm)
3.0"	75 mm	29	240
2.5"	63 mm	39	319
2.0"	50 mm	20	165
1.5"	38 mm	9	70
1.0"	25 mm	3	24
		TOTAL	818 toneladas métricas

8.2. Instalación.

8.2.1. Preparación para el montaje.

Antes de comenzar el montaje de un molino, se deben planificar o proporcionar instalaciones adecuadas de manipulación, teniendo en cuenta los pesos y dimensiones de los diversos conjuntos y piezas, se deben reunir todas las herramientas y equipos apropiados requeridos para la instalación y alineación de bloques de nivelación, placas de fundación, cabezales, cascos, conjuntos de engranajes, cojinetes, etc.

8.2.2. Cimentación.

La cimentación es la colocación o construcción de los cimientos de una obra, y es de vital importancia dado que en este caso nuestros molinos descansaran sobre esta, el peso de cada molino es de 1759 toneladas, en base a esto debemos de fabricar la cimentación adecuada, misma que varía aun siendo el mismo peso, modelo y tipo de equipo, dado que la composición del terreno y clima cambia según la ubicación del molino, debe obtenerse un análisis completo de las condiciones del suelo, a fin de determinar el diseño apropiado. La cimentación debe ser de una (1) pieza y extenderse debajo de ambos cojinetes de los muñones y los componentes del tren de transmisión. El peso del equipo y las cargas de operación deben transferirse a la cimentación por medio de la lechada (columnas de concreto), y no por medio de los paquetes de calzos. En la siguiente tabla se muestran los datos que arrojo un estudio previo de las condiciones del clima en la región:

MINE SITE WEATHER DATA						
Month	Mean Minimum Temperature °C	Mean Maximum Temperature °C	Mean Average Temperature °C	Precipitation		
				Estimated Precipitation mm	Estimated Snowfall mm water	Pan Evaporation (mm)
January	2.8	15.7	8.52	45.27	100	85.27
February	3.8	16.47	9.57	37.02	75	108.9
March	6.1	19.36	12.16	29.0	50	183.85
April	9.13	23.10	16.43	20.18		277.97
May	14.3	28.10	21.30	10.81		341.78
June	18.36	33.40	25.50	24.35		373.83
July	18.80	33.83	25.36	129.91		289.91
August	17.30	30.20	22.65	124.76		184.88
September	16.25	28.35	21.50	50.19		179.69
October	11.80	24.55	17.55	37.42		169.12
November	8.75	22.75	14.80	28.35		106.63
December	3.70	18.50	9.95	49.27	75	69.38
Annual	10.92	24.53	17.11	583.56	300	2371.21

Note: Estimated precipitation includes estimated snowfall.

Figura 21. Tabla datos climáticos de la región.

Especificaciones y procedimientos de cimentación.

Para la instalación de los molinos se debe de seguir instrucciones y procedimientos del manual otorgado por la empresa proveedora de los equipos (Metso), procedimientos específicos que si no se llevan a cabo la garantía de los molinos no será posible en el caso de alguna falla. A continuación se enlista los materiales específicos a utilizarse para la cimentación y los procedimientos a seguir.

□ Materiales.

Cemento:

Cemento Portland Tipo II se usa para el grout y será conforme a los requisitos de ASTM C150 (norma que indica el tipo de cemento a utilizar para las condiciones de terreno y tipo de estructura a construir).

Grouts y adhesivos epóxicos:

Tipo NSC: (Columnas de Acero Estructural, y Bases de Equipo Pequeño, Interior o Exterior) Grout no contraíble, no metálico.

Tipo EPG: (Para Bases de Equipo Grande) Grout epóxico deberá ser Brutem 19 como el fabricado por I.W. Industries o igual aprobado.

Tipo EPA: (Para Adherir Grout o Cemento al Concreto Existente) Adhesivo epóxico.

Agua.

El agua usada para mezclar el grout es potable. Cuando el agua potable no está disponible, las muestras de cubos de mortero se harán con agua no potable según los requisitos de ASTM C109 (norma que se basa en la determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico). Los cubos puestos a prueba tendrán una resistencia mínima de 90% de la resistencia de los cubos hechos con agua potable en 28 días.

Arena.

La arena usada en el grout es arena natural, limpia, dura, resistente, con granos sin recubrimiento y será libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, lutita, álcali o materia orgánica.

La arena tiene que ir de acuerdo con los requisitos de ASTM C33 (norma que define los requisitos para la granulometría y calidad de agregado fino y grueso de la arena para el concreto), con la excepción de que debe pasar el 100% el tamiz No. 8

Aditivos.

Los aditivos usados son de acuerdo con los requisitos de ASTM C494 (esta norma trata sobre materiales para ser utilizados como aditivos químicos a ser agregados a mezclas para concreto de cemento hidráulico en obra)

Para la construcción y operación de los patios es primordial llevar a cabo las siguientes operaciones:

- Ripeo y nivelación con tractor.
- Construcción del terreno.
- Diseño de la red de riego.
- Armado de riego.
- Inicio de operación.
- Integración al programa de riego.
- Curado por 20 días.



Figura 15. Patios de lixiviación en Buena Vista.

Después de que se deja el curado durante 20 días la solución con mineral líquida se transporta a los represas lixiviables para de ahí ser bombeado a planta E.S.D.E. y subir la concentración de cobre. Son 4 los represas y se aprecian en la siguiente página.

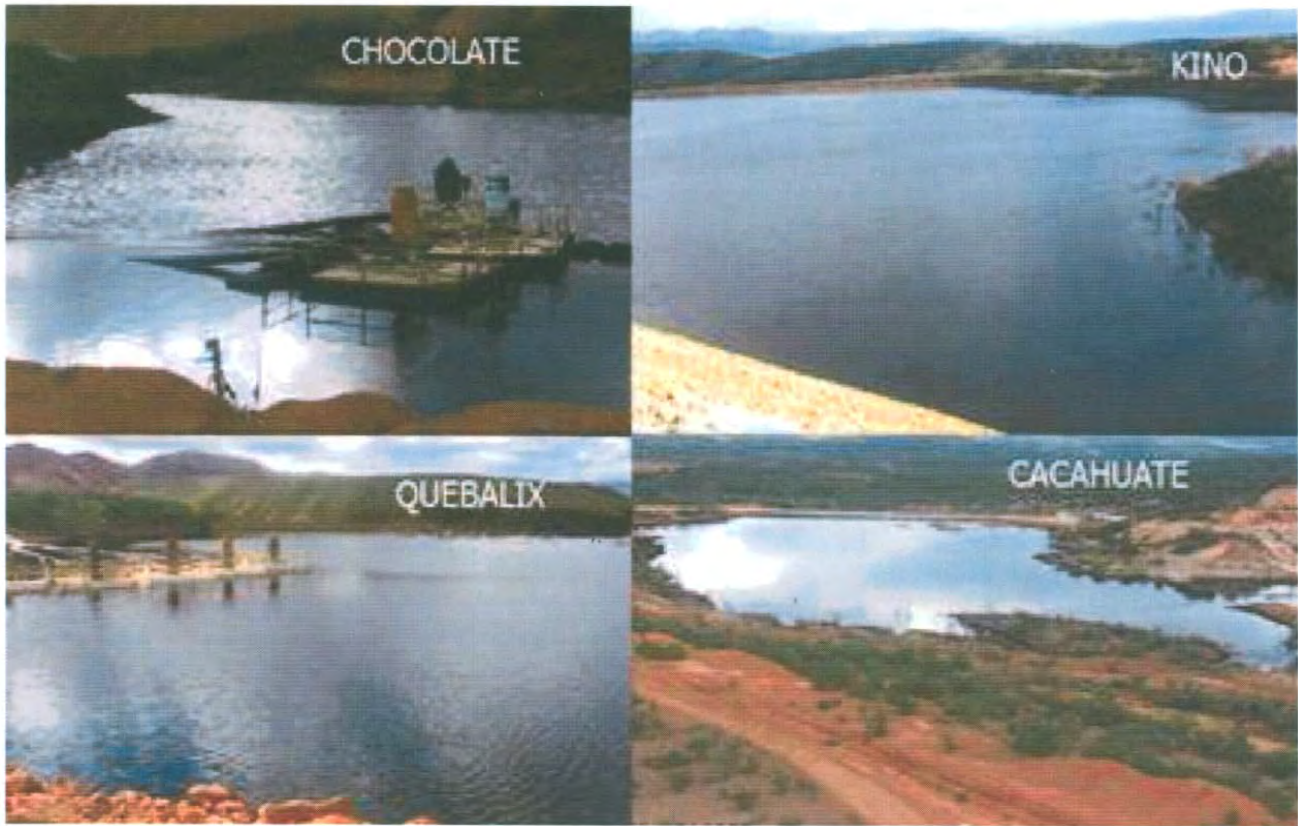


Figura 16. Represos de lixiviable.

6. Planta E.S.D.E.

La planta E.S.D.E. de BVC está diseñada para producir 32 toneladas diarias de cobre catódico, a partir de una solución denominada licor de lixiviación de bajo grado de cobre (concentración en gramos por litro). La parte de extracción por solventes de la planta consiste en un sistema simple mezclador-asentador, el líquido orgánico es una mezcla por el extractante y LIX-622 disuelto en queroseno, el extractante es patentado por HENKEL que teóricamente carga hasta 0.565 gr de cobre por 1% de reactivo en un litro de solución orgánica.

El cobre extraído es despojado del líquido orgánico para formar un electrolito purificado que es transportado a las celdas de deposición electrolíticas, y así recuperar el cobre en forma metálica.

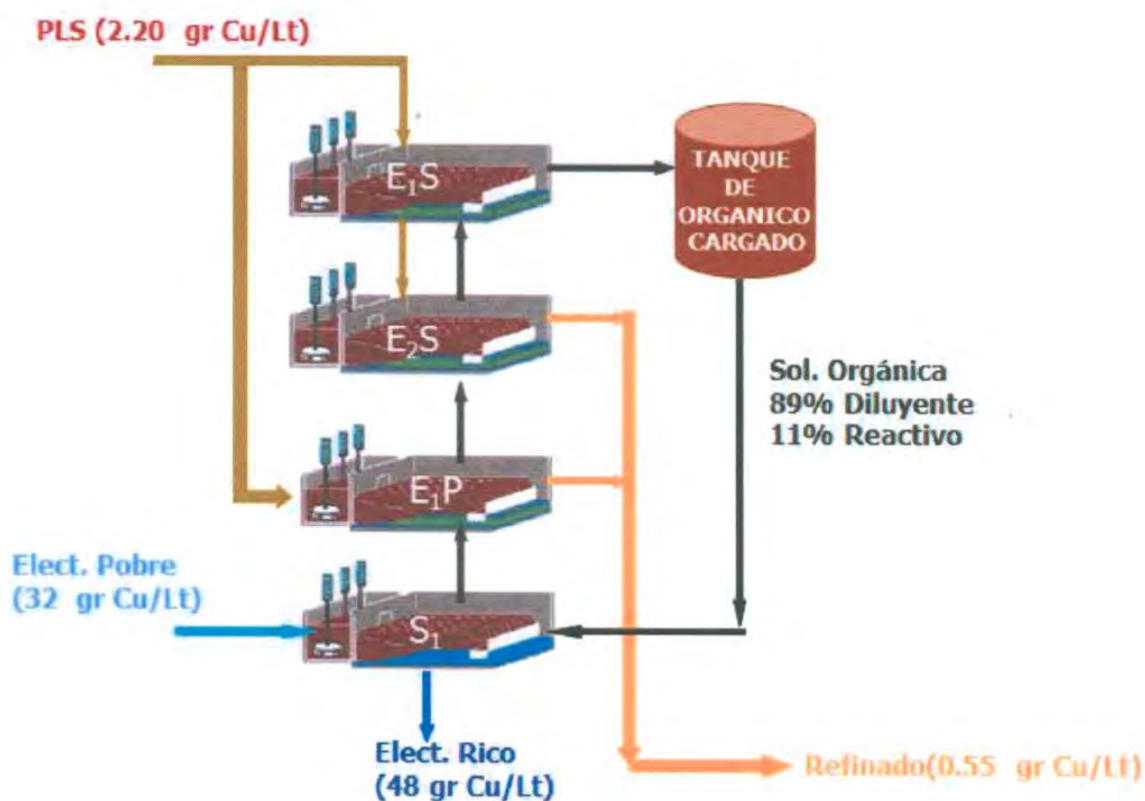


Figura 17. Esquema de extracción por solventes.

6.1. Deposición electrolítica.

La planta de deposición electrolítica produce cobre metálico (cobre catódico con 99.97% de pureza) a partir de una solución electrolítica que contiene sulfato de cobre (CuSO_4), ácido sulfúrico (H_2SO_4), agua H_2O y otras impurezas, en un reactor llamado celdas de electrodeposición o deposición electrolítica, el cual tiene los mismos elementos que una celda electroquímica convencional (sitio anódico, sitio catódico, conductor electrónico, conductor iónico o electrolítico y fuente de energía externa). El electrolito fluye continuamente por la celda donde se hace pasar una corriente externa que va desde un ánodo insoluble de plomo-calcio a un cátodo de acero inoxidable. En la superficie interfacial entre el cátodo y el electrolito, ocurre la reacción de media celda catódica (reducción de los iones de cobre que se encontraban en el electrolito a cobre metálico) para el cobre, que es depositado en la superficie de cátodo de acero inoxidable, formando una capa de cobre metálico, que gradualmente aumenta su espesor y peso, en tanto que en el ánodo, el agua se oxida en iones de hidrogeno (H^+) y oxígeno gaseoso (O_2). En BVC se cuenta con 52 celdas electrolíticas con 63 ánodos de plomo-calcio y 62 cátodos de acero inoxidable por celda, 46 celdas comerciales, 6 limpiadoras a una densidad de corriente de 190 amp/m^2 , el ciclo de cosecha es de 7 días y se extraen aproximadamente 32,000 Ton/día.



Figura 18. Celdas de electrodeposición.

Después de que pasan los 7 días en las celdas de electrodeposición las placas de cobre están ya en una pureza del 99.97%, listas para ser embarcadas a su destino, la mayoría del producto de mina (73%) se va a otros países principalmente China, y un porcentaje menor (27) se queda dentro del país.



Figura 19. Placas de cobre con 99.97% de pureza (impurezas menores de plomo, fierro y azufre).

7. Concentradora II. (Área en donde se llevaron a cabo las prácticas profesionales)

Gracias a los estudios geológicos realizados en la zona de interés en Buena Vista del cobre, los cuales arrojan datos que la mina cuenta aún con más de 50 años de vida en las operaciones de explotación del mineral (teniendo en cuenta el aumento de toneladas que se tendrá por la nueva concentradora), se hicieron evaluaciones y estudios para saber si la nueva ampliación sería costeable, la cual fue aprobada y empezó sus actividades en el año 2012. Dicha ampliación consta de 4 quebradoras de cono, 6 molinos de molienda, 3 molinos de remolienda, bandas transportadoras y celdas de flotación. La inversión que se hizo para la ampliación es estimada por más de 2000 millones de dólares y aumentará la producción 100 mil toneladas más por día. La empresa Metso Minerals es la encargada de la instalación mecánica de los equipos en concentradora II, la instalación requiere de procedimientos específicos para el armado correcto de los molinos y demás equipos, mismo que el proveedor hace entrega de un manual de instalación que se debe seguir estrictamente llenando reportes de cada uno de los movimientos que se hagan para la instalación de los equipos, dado que si no se lleva un procedimiento tal y como lo dice el manual al momento de una falla en cualquiera de los molinos, quebradoras o bandas transportadoras la garantía no se hará válida en estos equipos de millones de dólares. El departamento de control de calidad se encarga de todos los reportes y seguimiento de la instalación de los equipos (mismo departamento en que el practicante participó en el armado de los molinos de molienda).



Figura 20. Concentradora II areas 300, 220 y 310.

8. Instalación de un molino de bolas de 24'-0" x 42'-6"

8.1. Diseño del molino.

TAMAÑO DEL MOLINO:

24'-0" x 42'-6"

TIPO:

Molino de bolas

MOTORES DE ACCIONAMIENTO:

(2) 7000 kW, sincrónicos, 180 RPM

EMBRAGUE:

(2) embragues neumáticos de Wichita ATD-360 STV

ENGRANAJES:

Engranaje helicoidal – 284 dientes, Piñón (2) – 19 dientes, Relación 14,95: 1 Paso diametral (DP): 34 module

VELOCIDAD DEL MOLINO:

12,04 RPM a un 75.8% de la velocidad crítica (CS)

TAMAÑO DE LOS COJINETES DE LOS MUÑONES:

32" x 30" TIPO: Cojinetes de camisa hidrostática.

SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE LOS COJINETES DE LOS MUÑONES:

Sistema de lubricación hidrostática.

TAMAÑO DE LOS COJINETES DEL PIÑÓN:

SDAF23296 TIPO: Cojinetes de rodillo esférico

SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE LOS COJINETES DE LOS PIÑONES:

Sistema de lubricación automática del aceite como parte del sistema de lubricación de los cojinetes de los muñones

REVESTIMIENTO DEL MOLINO:

Conjunto de revestimientos metálicos de cromo molibdeno y respaldo del revestimiento de caucho

DISPOSITIVO DE CARGA:

Canaleta de carga con ruedas, revestimiento del muñón de carga y rueda reciclante con conjunto de sellos

DISPOSITIVO DE DESCARGA:

Revestimiento del muñón de descarga y conjunto de la criba

8.1.1. Cálculos de diseño.

Material procesado:	Concentrado de cobre
Capacidad:	100,000 toneladas métricas secas por día (6 molinos)
Tamaño de carga:	F100 = 1400 mm a F10 = 6 mm
Tamaño del producto:	105 micrones
Carga de bolas (por volumen):	35% de diseño

Tamaño de carga de bolas y distribución de peso recomendados:

A una carga nominal de las bolas del 33%:

Tamaño de las Bolas (pulg.)	Tamaño de las bolas (mm)	% de carga inicial	Peso (tm)
3.0 "	75 mm	29	240
2.5"	63 mm	39	319
2.0"	50 mm	20	165
1.5"	38 mm	9	70
1.0"	25 mm	3	24
		TOTAL	818 toneladas métricas

8.2. Instalación.

8.2.1. Preparación para el montaje.

Antes de comenzar el montaje de un molino, se deben planificar o proporcionar instalaciones adecuadas de manipulación, teniendo en cuenta los pesos y dimensiones de los diversos conjuntos y piezas, se deben reunir todas las herramientas y equipos apropiados requeridos para la instalación y alineación de bloques de nivelación, placas de fundación, cabezales, cascos, conjuntos de engranajes, cojinetes, etc.

8.2.2. Cimentación.

La cimentación es la colocación o construcción de los cimientos de una obra, y es de vital importancia dado que en este caso nuestros molinos descansaran sobre esta, el peso de cada molino es de 1759 toneladas, en base a esto debemos de fabricar la cimentación adecuada, misma que varía aun siendo el mismo peso, modelo y tipo de equipo, dado que la composición del terreno y clima cambia según la ubicación del molino, debe obtenerse un análisis completo de las condiciones del suelo, a fin de determinar el diseño apropiado. La cimentación debe ser de una (1) pieza y extenderse debajo de ambos cojinetes de los muñones y los componentes del tren de transmisión. El peso del equipo y las cargas de operación deben transferirse a la cimentación por medio de la lechada (columnas de concreto), y no por medio de los paquetes de calzos. En la siguiente tabla se muestran los datos que arrojo un estudio previo de las condiciones del clima en la región:

MINE SITE WEATHER DATA						
Month	Mean Minimum Temperature °C	Mean Maximum Temperature °C	Mean Average Temperature °C	Precipitation		
				Estimated Precipitation mm	Estimated Snowfall mm water	Pan Evaporation (mm)
January	2.8	15.7	8.52	45.27	100	85.27
February	3.8	16.47	9.57	37.02	75	108.9
March	6.1	19.36	12.16	29.0	50	183.85
April	9.13	23.10	16.43	20.18		277.97
May	14.3	28.10	21.30	10.81		341.78
June	18.36	33.40	25.50	24.35		373.83
July	18.80	33.83	25.36	129.91		289.91
August	17.30	30.20	22.65	124.76		184.88
September	16.25	28.35	21.50	50.19		179.69
October	11.80	24.55	17.55	37.42		169.12
November	8.75	22.75	14.80	28.35		106.63
December	3.70	18.50	9.95	49.27	75	69.38
Annual	10.92	24.53	17.11	583.56	300	2371.21

Note: Estimated precipitation includes estimated snowfall.

Figura 21. Tabla datos climáticos de la región.

Especificaciones y procedimientos de cimentación.

Para la instalación de los molinos se debe de seguir instrucciones y procedimientos del manual otorgado por la empresa proveedora de los equipos (Metso), procedimientos específicos que si no se llevan a cabo la garantía de los molinos no será posible en el caso de alguna falla. A continuación se enlista los materiales específicos a utilizarse para la cimentación y los procedimientos a seguir.

☐ Materiales.

Cemento:

Cemento Portland Tipo II se usa para el grout y será conforme a los requisitos de ASTM C150 (norma que indica el tipo de cemento a utilizar para las condiciones de terreno y tipo de estructura a construir).

Grouts y adhesivos epóxicos:

Tipo NSC: (Columnas de Acero Estructural, y Bases de Equipo Pequeño, Interior o Exterior) Grout no contraíble, no metálico.

Tipo EPG: (Para Bases de Equipo Grande) Grout epóxico deberá ser Brutem 19 como el fabricado por I.W. Industries o igual aprobado.

Tipo EPA: (Para Adherir Grout o Cemento al Concreto Existente) Adhesivo epóxico.

Agua.

El agua usada para mezclar el grout es potable. Cuando el agua potable no está disponible, las muestras de cubos de mortero se harán con agua no potable según los requisitos de ASTM C109 (norma que se basa en la determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico). Los cubos puestos a prueba tendrán una resistencia mínima de 90% de la resistencia de los cubos hechos con agua potable en 28 días.

Arena.

La arena usada en el grout es arena natural, limpia, dura, resistente, con granos sin recubrimiento y será libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, lutita, álcali o materia orgánica.

La arena tiene que ir de acuerdo con los requisitos de ASTM C33 (norma que define los requisitos para la granulometría y calidad de agregado fino y grueso de la arena para el concreto), con la excepción de que debe pasar el 100% el tamiz No. 8

Aditivos.

Los aditivos usados son de acuerdo con los requisitos de ASTM C494 (esta norma trata sobre materiales para ser utilizados como aditivos químicos a ser agregados a mezclas para concreto de cemento hidráulico en obra)

□ **Preparación.**

Las placas de cimentación son colocadas, alineadas, y firmemente ancladas antes de vaciar el grout.

Ningún tipo de grout se instala a temperaturas menores de 10°C (50°F), a menos que el sitio de trabajo se proteja y se aplique calor artificial durante y por tres (3) días después de vaciar el grout, para mantener la temperatura entre 10°C (50°F) y 21°C (70°F).

Humectación.

Cuando se usan grouts de cemento Portland fabricados, las superficies de concreto se deben de saturar con agua antes de vaciar el grout. El agua excesiva en la superficie se quita antes de tender el grout.

□ **Mezclado y colocación.**

El área e instalaciones para mezclar el grout se ubica tan cerca como sea posible al área donde se lleva a cabo el mismo.

En el caso de grouts mezclados en el sitio de trabajo, podrían ser requeridos procedimientos especiales tales como el enfriamiento o calentamiento del agua para la mezcla y de los materiales del grout para ajustar la temperatura del grout si no se puede obtener la temperatura óptima para su colocación bajo las condiciones ambientales.

El grout del tipo cemento Portland alcanza una resistencia a la compresión mínima de 350 kg/cm² (5000 psi) en siete (7) días. Se siguen estrictamente las recomendaciones del fabricante acerca del agua. No se permitirá agregar agua para el reacondicionado del grout

8.2.3. Bloques de nivelación para los cojinetes de los muñones.

Los bloques de nivelación nos sirven como ayuda para nivelar los cojinetes donde descansan los muñones, es muy importante tenerlos nivelados ya que de ello depende la correcta rotación del molino.

Todos los bloques de nivelación deben cementarse para fijarlos en posición.

La elevación superior de los bloques de nivelación debe permitir la colocación de calzos adicionales entre la parte superior del bloque de nivelación y la parte inferior de la placa de fundación, a fin de lograr la altura correcta del pedestal.

Las superficies superiores del bloque de nivelación deben estar niveladas en ambas direcciones. Se ajustan mediante un tornillo de izado hasta que los bloques individuales estén nivelados dentro de 0,010 pulgadas (0,26 mm).

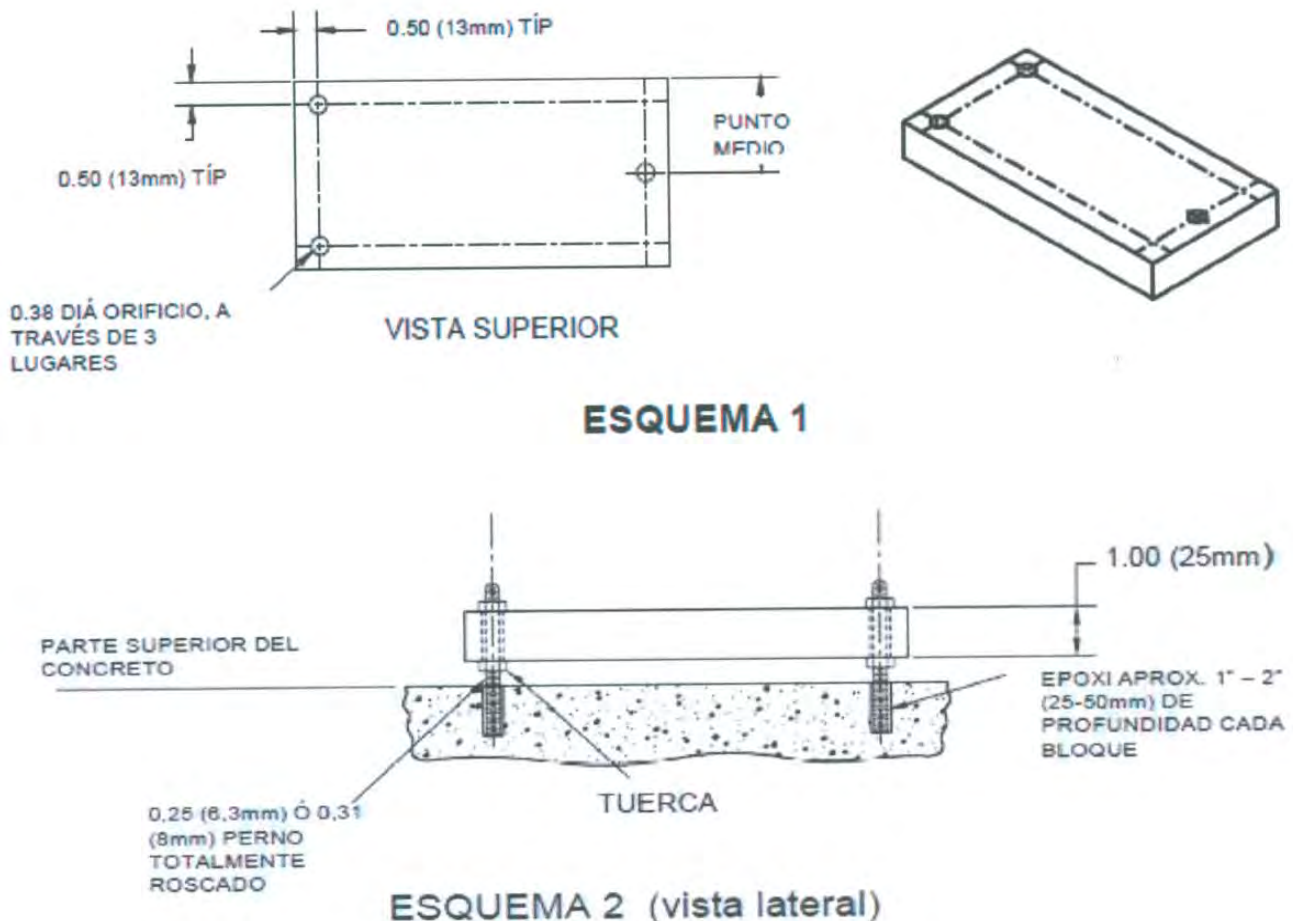


Figura 22. Bloques de nivelación para los cojinetes de los muñones.

8.2.4. Secuencia del armado del molino.

Debido a las limitaciones de embarque, los molinos grandes deben enviarse en secciones de tres (3) o más piezas principales. Durante la fabricación, las piezas se marcan de manera de coincidir durante el montaje en sitio. El personal montador debe prestar mucha atención a estas marcas de coincidencia y a los planos de montaje, a fin de garantizar el montaje correcto del molino.

Se incluyen soportes en las secciones del casco para evitar torsiones y distorsión durante el envío. No se retiran estos soportes hasta el momento de montar el casco, y hasta que éste no descansa sobre los cojinetes de los muñones.

Se requieren equipos compuestos por dos operarios.

No se deben quitar los bloques protectores de madera, los inhibidores de oxidación ni los calzos hasta no haber montado los componentes o hasta no haberse comenzado el montaje. Se construye un entramado provisional apropiado para el conjunto de las secciones de los cabezales y del casco. Las secciones de los molinos cuentan con orejas para facilitar el movimiento con la grúa y su instalación misma que es apoyado por el personal para darle dirección y un apriete de no más del 50 % indicado en la sección de torque.

En la siguiente figura se muestra como se facilita el movimiento por medio de las orejas provisionales:

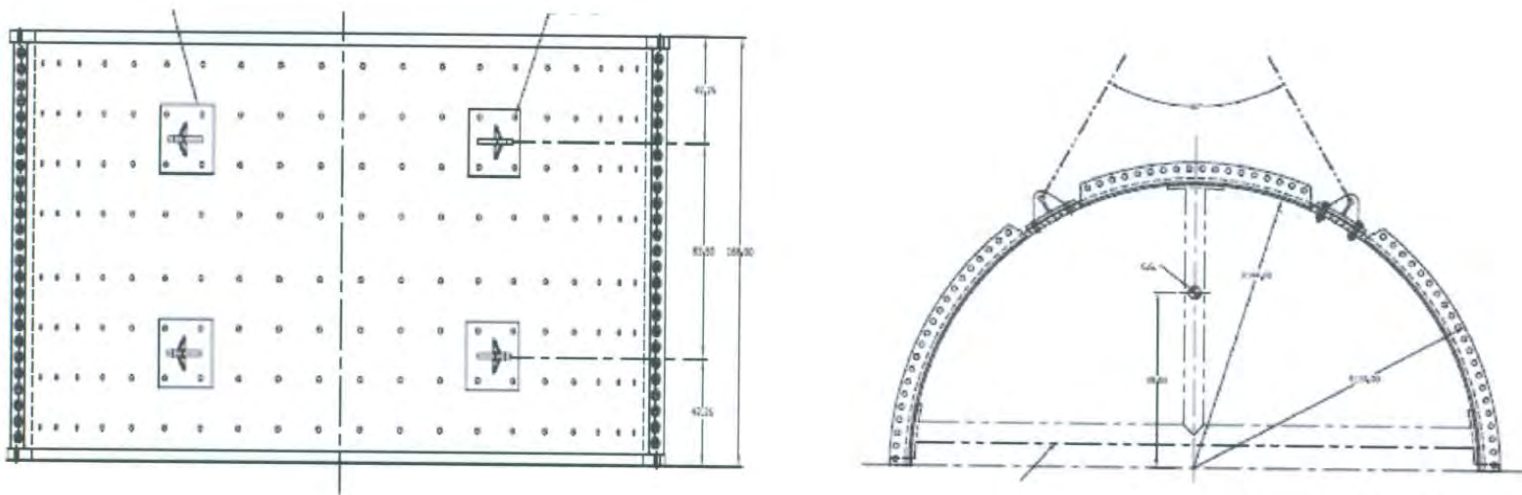
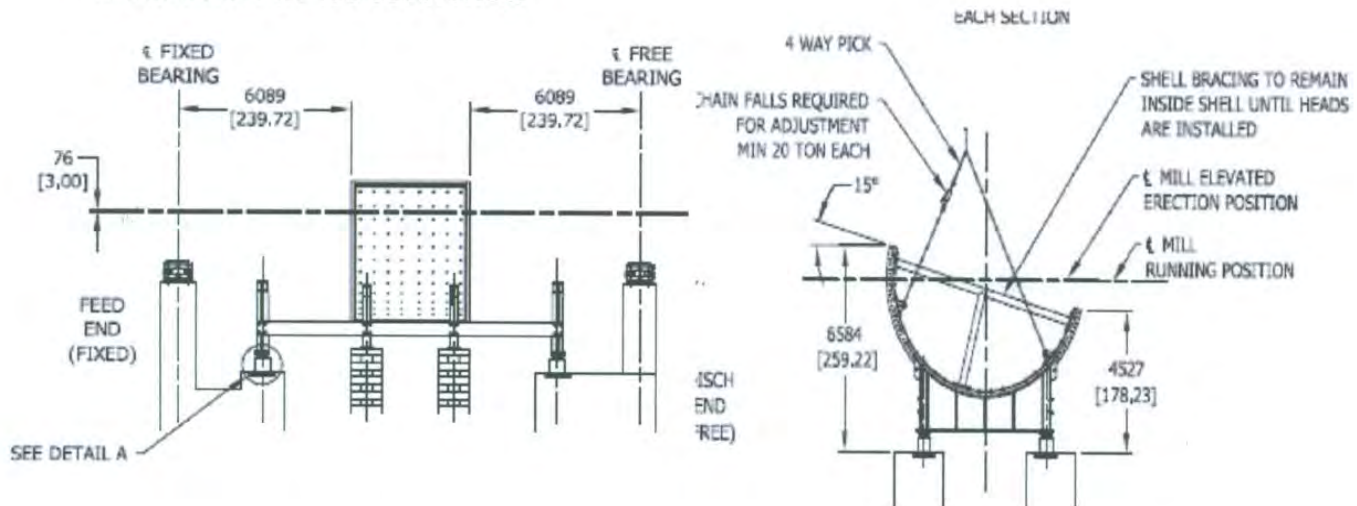


Figura 23. Orejas provisionales de las secciones del cilindro.

8.2.4.1. Ensamble del cilindro

Como anteriormente mencionamos para empezar la instalación del molino tenemos que construir un entramado provisional que nos ayudan a soportar el peso de los equipos desde el centro, que es donde se empieza a armar las secciones que cuenta el cilindro, estas secciones constan de 6 piezas o medios anillos que se unen mediante pernos, todas las partes de conexión deben estar limpias, libres de mellas y rebabas secas.

En la siguientes figura se muestra la secuencia que se debe de llevar para la correcta instalación de las secciones.



Primera sección.

Angulo de inclinación requerido.

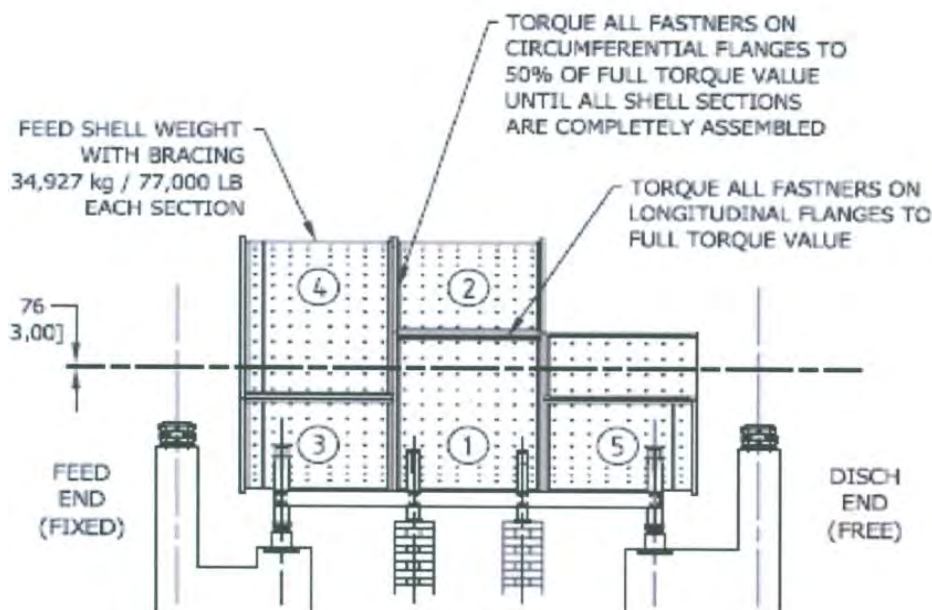


Figura 24. Secuencia de armado y la especificación del torque que deberá llevar las secciones.

Fotografías de la secuencia del armado del casco.



Figura 25. Montaje de Sección #2.



Figura 26. Montaje de sección #3.



Figura 27. Montaje de sección #4.



Figura 28. Montaje de sección #6.

El molino se debe montar a 3 pulgadas (75 mm) por encima del centro instalando calzos de 1 pulgada (25 mm) debajo de los gatos y levantando los gatos 5 pulgadas (127 mm) a partir de su posición plegada, esto facilitará el desmontaje de los calzos debajo de los gatos. Debido a la importancia de asegurar un apriete adecuado en los pernos de las bridas resulta imperativo disponer de plataformas robustas desde las cuales trabajar. Se requieren equipos compuestos por dos operarios como se muestra en la figura 28.

8.2.5. Instalación de los cojinetes de los muñones.

Los cojinetes de los muñones están diseñados para una operación hidrostática. El aceite a alta presión suministrado desde el sistema de lubricación de los cojinetes de los muñones permite que el molino flote continuamente sobre una película pesada de aceite durante la operación. La película de aceite entre el buje del cojinete y la chumacera del molino impide el contacto de metal con metal, eliminando de este modo el desgaste. Si se pierde esta película de aceite, se deberá apagar el molino inmediatamente, pues de no hacerlo, ocurrirá la falla del cojinete.

Cada conjunto de cojinete consta de una placa de fundación del cojinete, la cobertura del cojinete y de un pedestal con un asiento esférico a 120°, que aloja un conjunto de balancín reemplazable. El conjunto de balancín del cojinete consta de un balancín esférico y de un revestimiento de bronce a 120°, con cavidades hidrostáticas. Los revestimientos de bronce son idénticos en ambos cojinetes.

Instrumentación de los cojinetes de los muñones.

Cada cojinete cuenta con instrumentación que contiene los componentes de medición y control del suministro de aceite, tales como el divisor de flujo que divide el suministro de aceite en cuatro líneas iguales, un manómetro y un transmisor de presión para cada línea de suministro, un transmisor de flujo para cada línea de suministro y válvulas de aislamiento para los instrumentos empernados a los lados del pedestal de los cojinetes de los muñones.

Detectores de temperatura

Cada cojinete está equipado con detectores de temperatura por resistencia de contacto que se montan en soportes situados a los lados del conjunto del balancín del cojinete. Dichos instrumentos detectan la temperatura de la superficie del cojinete radial en el muñón libre, así como aquella en la superficie del cojinete radial y axial en el muñón fijo.

Los detectores de temperatura se cablean a una caja de terminales montada en el pedestal del cojinete. Sus señales se envían al PLC donde se utilizan para los parámetros de activación de la alarma y de parada del molino.

Montaje

Se colocan los pedestales de los cojinetes en las placas de fundación y se alinean con las marcas de referencias previamente realizadas, se monta el conjunto del balancín, que contiene el buje de bronce, en el pedestal del cojinete. Se alinean los ejes longitudinales del conjunto del balancín con el asiento del balancín, ajustando los bloques de alineación, y luego apretamos las abrazaderas del cojinete. Usando un nivel óptico, los cojinetes se deben mantener en la misma elevación usando el eje longitudinal horizontal del molino como referencia. En la siguiente figura podemos observar las partes del cojinete mencionadas anteriormente.

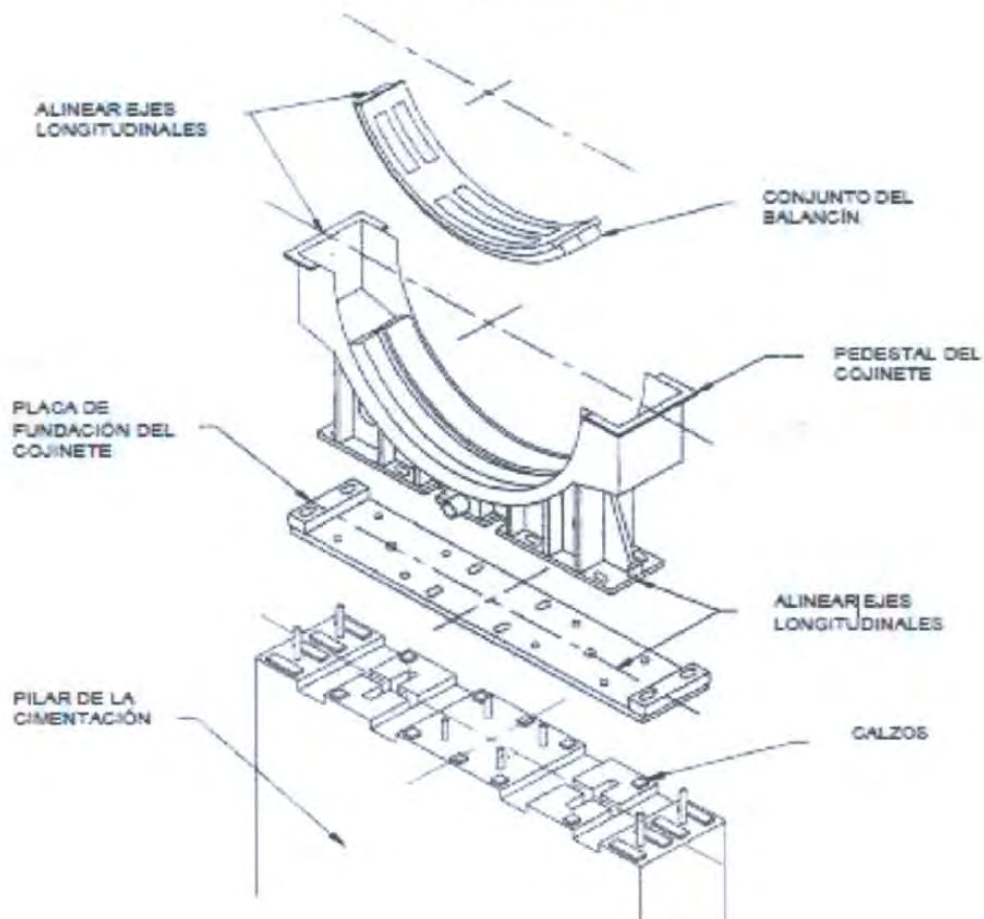
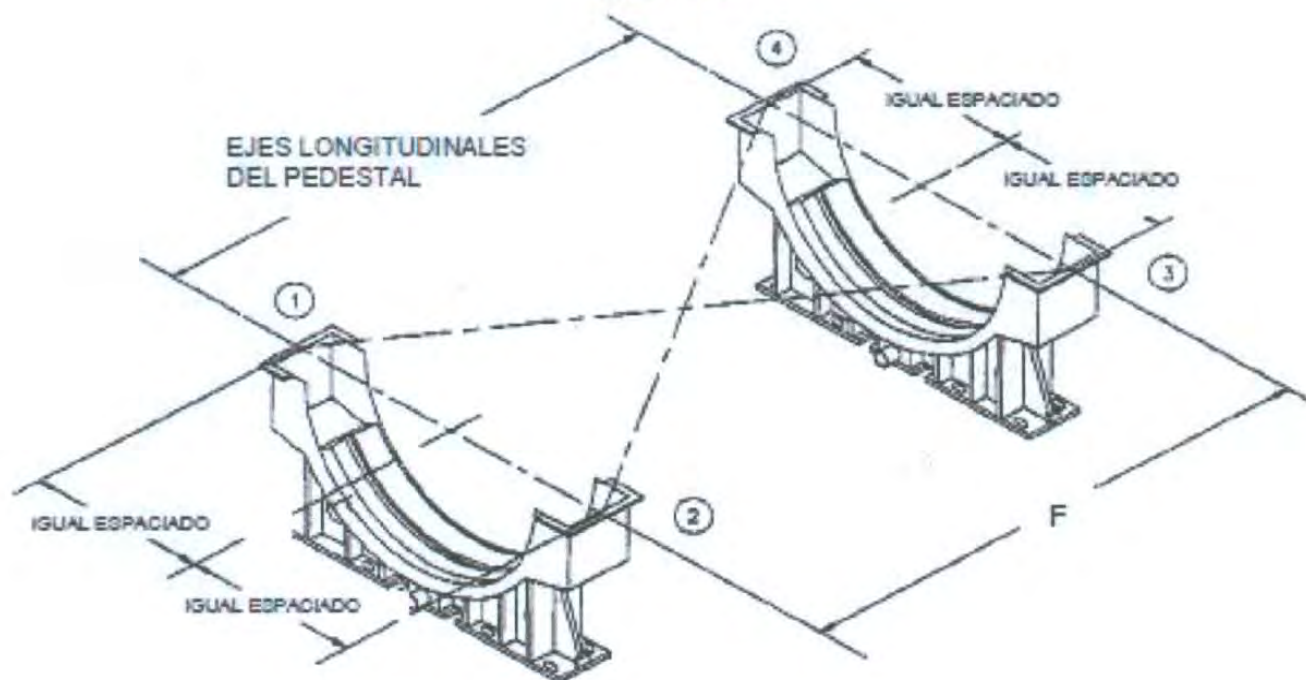


Figura29. Esquema de alineación cojinetes de los muñones.

Alineación gruesa.

Se deben ajustar los pedestales de modo que la distancia entre los ejes longitudinales de los pedestales coincide con aquella dada en el plano de montaje o cimentación. Alineamos los pedestales axialmente por medio de las líneas de referencia 1-2 y 3-4, que aparecen en cada una de las bridas acabadas de los cojinetes. Se ajustan los pedestales de modo que las distancias 1-2 y 3-4 sean iguales, así como la distancia 1-4 y 2-3. (Consulte el figura 27). Después de realizar estos ajustes, vuelva a verificar los ajustes anteriores, ya que es posible que hayan sufrido alguna alteración.

Después se aprietan los pernos que sujetan los pedestales a las placas de fundación.



F = Distancia de centro a centro de los pedestales y de la placa de fundación de los cojinetes de los muñones

Fijar la dimensión: (1 a 4) = (2 a 3) = $F \pm 1/64$ de pulg (0,38 mm) de tolerancia

Fijar la dimensión: (1 a 3) = (2 a 4) $\pm 1/64$ de pulg de tolerancia

Figura 30. Nivelación entre los dos cojinetes.

Alineación final.

La alineación final se completa una vez emplazado el molino. Con el molino instalado en el cojinete, medimos las separaciones entre el muñón y el buje, y entre el buje y el balancín. Tomamos nota de las separaciones a cada lado del cojinete y la diferencia de lado a lado entre los cuatro números totales debe estar dentro de un margen de 0,001 pulg/pie del diámetro del buje. Los números totales indican si el buje está montado relativo a los muñones del molino.

Si los números totales no resultan aceptables, se tendrá que levantar el molino, aflojar los pernos de sujeción del pedestal y volver a ajustar el pedestal según se requiera, de la misma manera que los pasos iniciales de montaje. Cuando los números totales resultan aceptables, proceda con la instalación del molino.

8.2.6. Instalación casco, cabezal y muñón

La sección del cabezal viene en 2 piezas, las cuales se ensamblan antes de ser colocadas a la brida casco y cabezal. Esta alineación y apriete provisional se hace en el terreno sobre plataformas de madera o en calzos para no dañar el equipo con el suelo. Después de ensamblar el cabezal se adhiere el muñón para así tener la pieza lista para su correcto ensamble con el casco.

Se incluyen soportes en las secciones del casco para evitar torsiones y distorsión durante el envío. No se debe quitar estos soportes hasta el momento de montar el casco, y hasta que éste no descansa sobre los cojinetes de los muñones

Limpieza.

Todas las juntas de conexión deben estar limpias, libres de mellas y rebabas secas, se elimina cualquier protuberancia que pudiera interferir con el montaje.

Todas las juntas de las bridas deben ser herméticas. Las juntas abiertas causarían la rotura de los pernos durante la operación del molino.

Procedimiento de precarga y apriete de los pernos.

Todos los pernos estructurales se deben apretar (precargar) a valores mostrados en el "Procedimiento de apriete de los pernos" que aparece posteriormente en este capítulo. Éste es un paso sumamente importante, que merece especial atención, dado que si llegáramos a tener un mal torque presentaría fallas difíciles de reparar.

Montaje.

Como mencionábamos anteriormente en la sección del montaje del casco, el cilindro tiene que estar levantado por medio de 4 gatos de levante y un calzo de 1 plg, para así facilitar el acomodo a la hora de bajar el cilindro y dejarlo montado sobre las chumaceras. Utilizaremos el sistema de gato hidráulico para bajar lentamente el conjunto del casco sobre los cojinetes. Podrían requerirse varios intentos para dirigir el casco a la posición correcta. Hay que tener sumo cuidado y paciencia durante este procedimiento. En la siguiente figura se muestra la forma de montar el cabezal y la indicación de los gatos de levante.

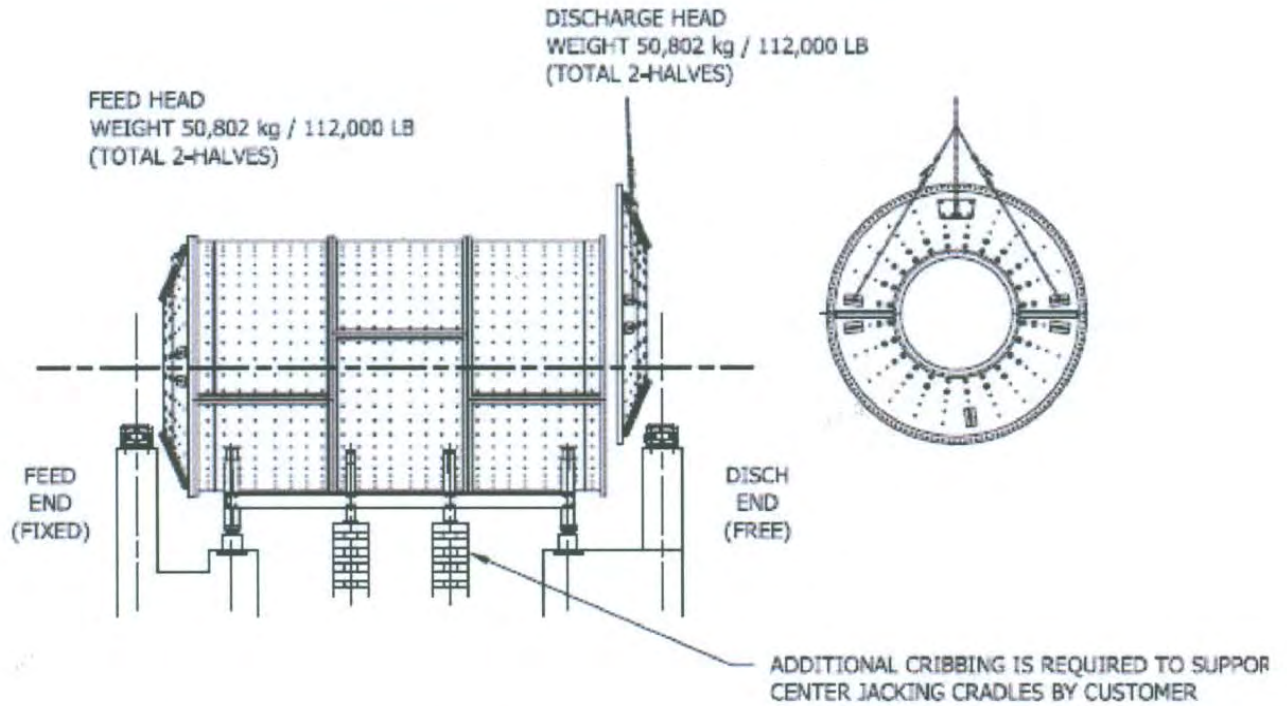


Figura 31. Montaje cabezal y señalado de gatos hidráulicos.



Figura 32. Cabezal muñón.

A diferencia de la secuencia que se tenía en el manual de instalación las piezas cabezal y muñón fueron instaladas en el piso antes de ser incorporadas al cilindro por cuestiones de facilidad de montaje, dado que se dedujo que sería más complicada la colocación de los pernos entre el muñón y cabezal en las alturas.



Figura 33. Ensamble de cabezal-muñón con el cilindro.

Quando el casco del molino quede descansando sobre los cojinetes de los muñones, se bajan los gatos y desmontan junto con los bastidores de izado.

Deben realizarse verificaciones relativas al eje longitudinal vertical del molino desde los pedestales hasta los muñones utilizando las líneas de referencia marcadas en las bridas superiores de los pedestales, midiendo la distancia horizontal hasta los muñones.

Después de haberse unido los componentes y una vez que el casco esté descansando sobre los cojinetes de los muñones, se retirara el soporte de acero en el interior del casco.

8.2.7. Instalación del engranaje.

El engranaje se envía en cuatro (4) segmentos de 90°. Las secciones han sido grabadas con marcas de coincidencia durante la fabricación. Debe montarse el engranaje después de que el casco descansa sobre los cojinetes de los muñones.

La vida útil y el rendimiento de un conjunto de engranajes del molino dependen tanto de la instalación y alineación iniciales como de la lubricación y el mantenimiento de rutina durante la operación. Nunca se debe de girar el molino con los cojinetes secos

Limpieza.

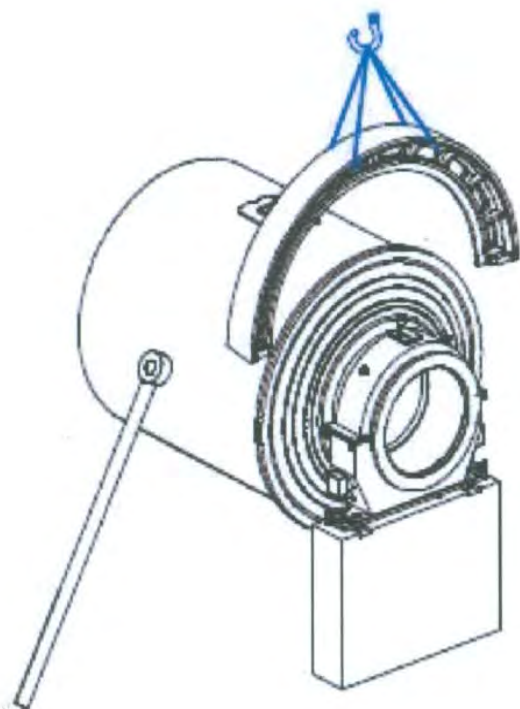
Todos los dientes y superficies de montaje deben limpiarse a fondo antes de la instalación. Eliminamos todas las rebabas y protuberancias que se hubieran producido como consecuencia de la manipulación.

Marcas de coincidencia.

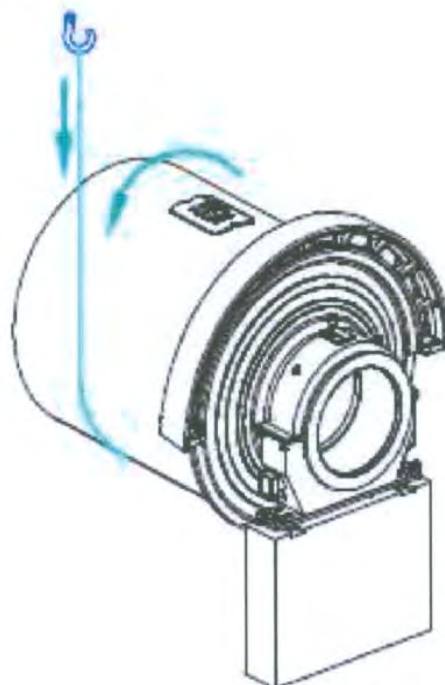
Se deben ensamblar los engranajes divididos con las superficies coincidentes, en la misma posición en que fueron cortados los dientes. Para garantizarlo, las mitades del engranaje tienen marcas de coincidencia. Cuando se ensamblan en la posición correcta de operación, las marcas de coincidencia se alinearán.

Montaje de las mitades del engranaje al molino.

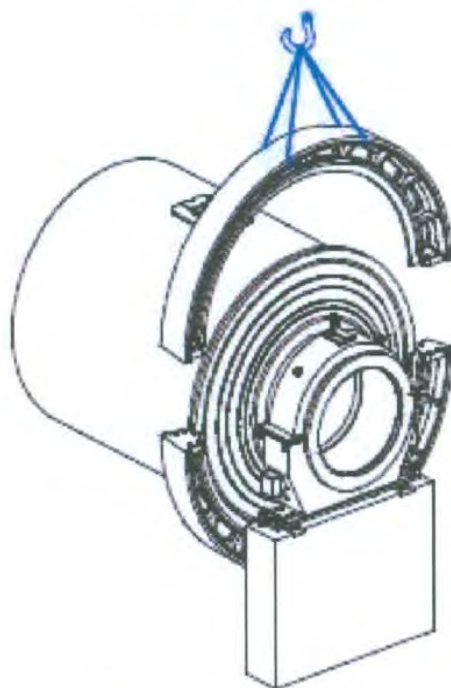
El molino debe fijarse para asegurarse de que no gire al montar la primera sección del engranaje. La mejor manera de fija el molino es con polipastos de cadena desde el casco al acero estructural o con placas de acero fabricadas sobre los pernos de anclaje o con placas ancladas a un piso de concreto.



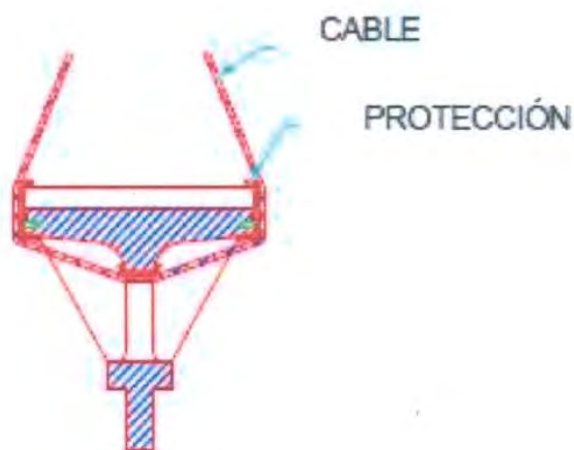
Paso 1: Soporte el casco desde ambos lados contra la cimentación para evitar la rotación, mientras se instala la parte superior del engranaje.



Paso 2: Usando la grúa suspendida, gire el casco con la mitad del engranaje instalada hasta la posición inferior.



Paso 3: Instale el segmento coincidente del engranaje.



NO UTILICE UN CABLE DE ESTRANGULAMIENTO

Figura34. Ensamble de la corona.

Después de tener instalada la corona sobre el molino, procedemos a instalar los dos piñones que le darán la fuerza para impulsar al molino.

Al igual que los muñones de carga y descarga, los piñones cuentan también con cojinetes para su recubrimiento y sistema de lubricación. Los piñones son impulsados por medio de dos motores de accionamiento de 7000 KW.

Los procedimientos a seguir para la instalación son los mismos que el de los cojinetes de los muñones, incluye limpieza de cualquier herrumbre o rebaba ocasionada mediante el envío, alineación con placa de nivelación etc.

Es de gran importancia que se coloque el detector de temperatura en los piñones dado que si el sistema llegara a sobre calentarse en esta operación el molino podría sufrir daños severos, el detector de temperatura manda las lecturas al sistema de instrumentación donde si se detecta algún sobrecalentamiento, automáticamente se para la operación del molino.



Figura 35. Prueba de ensamble entre el piñón y corona.

8.2.8. Torque de pernos.

Las conexiones empernadas en las estructuras de los molinos son de especial importancia porque ésta es un área donde se pueden producir fallas debido a una instalación o un mantenimiento defectuosos. Se debe de mantener las conexiones empernadas apretadas con la precarga correcta para asegurar al molino de posibles fallas. Si se permite el aflojamiento de las uniones, se causará una erosión grave y la degradación de las mismas, lo que puede desembocar en un problema permanente, reduciendo el tiempo de operación del equipo. Se debe revisar periódicamente el apriete de las uniones y de pernos aleatorios.

Limpieza preparación y lubricación.

Todos los pasadores y pernos se deben limpiar y verificar para determinar daños en las roscas. Las roscas de los pasadores y pernos, y las caras de las tuercas o de las cabezas, deben estar limpias antes de la instalación. Se debe eliminar toda suciedad, herrumbre, escombros sueltos y rebabas.

Al retirarse de la caja de envío, no es aceptable utilizar inmediatamente los herrajes. Los pernos y tuercas invariablemente tienen ligeros daños por envío o suciedad adherida al aceite conservante empleado en la preparación para el envío. Antes del uso, cada perno, pasador y tuerca debe inspeccionarse individualmente y prepararse para el montaje tal como sigue:

- 1 Limpiar con solvente
- 2 Verificar daños en las roscas
- 3 Reparar mellas y rebabas de las roscas
- 4 Poner y sacar una tuerca para asegurar la facilidad del montaje.

Llaves dinamométricas.

Metso recomienda encarecidamente llaves de apriete calibradas. Una llave dinamométrica calibrada es aquella a la que se ha ajustado la entrada para producir un apriete a fin de lograr la elongación correcta para un conjunto de uniones empernadas particulares.

Medición de la elongación del sujetador debido a la precarga.

Se utiliza un micrómetro o galga ultrasónica para pernos para medir la elongación de los pernos, tomando lecturas antes y después del apriete. El método del micrómetro no se puede usar a menos que ambos extremos del perno estén accesibles a un micrómetro calibrador. El método ultrasónico es capaz de medir la elongación de los pernos cuando sólo un extremo del perno está accesible. La exactitud de precarga del perno obtenido al controlar el alargamiento puede ser tan alta como de $\pm 3\%$.

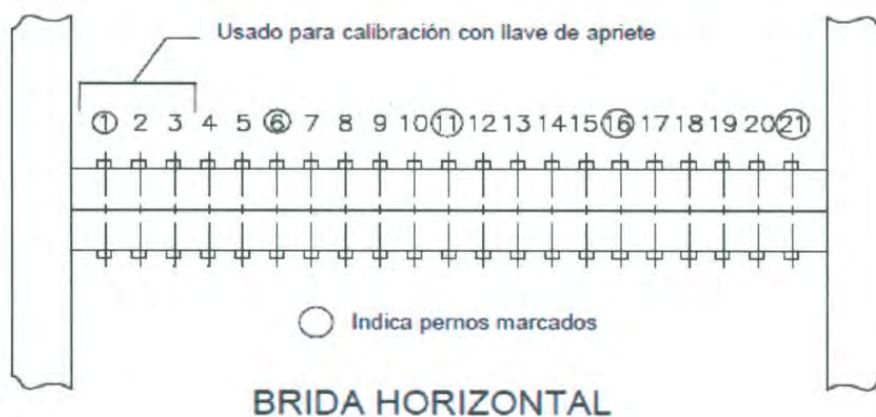


Figura 36. Calibrador ultrasónico de elongación.

El apriete del perno se debe llevar a cabo en tres etapas. La primera etapa debería ser apretar hasta la mitad del valor de apriete. La segunda etapa debería ser apretar hasta el valor completo de apriete, y la tercera etapa sería volver a verificar a un valor completo de apriete.

Selección del número apropiado de pernos marcados.

Una vez elegido el método y el equipo para verificar la elongación de los pernos, se deberá tomar una decisión con respecto al número de pernos a verificarse. Si se verifican todos los pernos, existirá muy poca posibilidad que cualquier perno en todo el conjunto se encuentre excesiva o deficientemente elongado. A medida que disminuye el porcentaje de pernos (pernos marcados), aumenta la posibilidad de pernos no detectados con una elongación incorrecta. Sin embargo, si se siguen todos los procedimientos de apriete, existe una posibilidad muy baja de que los pernos no verificados tengan un apriete excesivo o deficiente. Al decidir en el número de pernos marcados, elija cada 5to a 10mo perno. Utilice un número que daría un buen espaciado de pernos marcados en la brida. A continuación se presenta un esquema que se utilizó en Concentradora II para verificar la elongación de los pernos



Verificación de valores de apriete (después de la puesta en marcha del molino). Después de una a tres semanas de funcionamiento a plena carga, volvemos a verificar todos los herrajes giratorios del molino a pleno apriete. Se debe realizar una segunda verificación completa del apriete después de aproximadamente 6 meses de funcionamiento y, a partir de ese momento, se deben verificar los pernos aleatoriamente cada seis meses (algunos pernos en cada brida). Si se perdió una precarga excesiva en esos pocos pernos, entonces deberán volver a apretarse todos los pernos.

8.2.9. Procedimiento de aplicación para el revestimiento de caucho.

El molino cuenta con un revestimiento de caucho y lanas de acero inoxidable, para proteger el interior del molino de abolladuras o desgaste ocasionado por el impacto de bolas que se da durante la operación, antes de colocar el respaldo de caucho, la superficie del acero debe limpiarse con un cepillo de alambre para eliminar la herrumbre y los contaminantes, realizándose luego una limpieza a fondo con el solvente limpiador de acetona. Se debe cortar el caucho con las formas y/o tamaños correctos. Usando un cepillo o rodillo, se aplica un recubrimiento uniforme de adhesivo (adhesivo 3M No. FB10) al caucho de acero pulido y limpio. Dejando secar ambas superficies hasta que queden pegajosas.

Después se alinea correctamente y se aplique el caucho al acero, comenzando en el centro y desplazándolo sistemáticamente hacia los bordes. Después de adherirse el revestimiento de caucho al casco, se deberán perforar orificios para los pernos del revestimiento. Normalmente, éstos se cortan golpeando alrededor del borde del orificio con un martillo o una maza.



Figura 37. Aplicación de caucho para el revestimiento del molino.

8.2.9.1. Enlainado.

Después de colocar el caucho correctamente y asegurarse que no presenta ningún tipo de derrame de agua mediante los pernos, procedemos con la colocación de las laines arriba del caucho. Dichas laines tienen un grosor alrededor de 7 pulgadas, y son de acero inoxidable, la capa de este enlainado ayudara a proteger el casco del molino para que no sufra ninguna abolladura o desgaste de la parte interior, las laines se dejan por un tiempo de vida útil de alrededor de 6 meses y se vuelven a cambiar.



Figura 38. Colocación de laines para proteger al molino.

Finalización.

Después de haber instalado todos los revestimientos, y antes de colocar las laines dentro del molino, llene el casco con agua y apriete cualquier perno del revestimiento que tuviera fugas, hasta que se detengan dichas fugas. Esto es imprescindible, a fin de evitar fugas en los pernos del revestimiento.

8.2.10. Instalación del dispositivo de carga.

El dispositivo de carga consta del conjunto del extremo de carga y del conjunto de canaleta de carga. La canaleta de carga dirige el material alimentado hacia el interior del molino, consta de un carro y de un alimentador con canaleta revestido. El conjunto del extremo de carga consta del revestimiento del muñón de carga y la rueda reciclante con su conjunto de sellos.

Instalación del conjunto del extremo de carga.

Si se envió el revestimiento del muñón de carga sin haberse instalado el conjunto del revestimiento de 10 segmentos, se emperna los segmentos del revestimiento al revestimiento del muñón de carga antes de instalarse el revestimiento del muñón. Se proporcionan tapones estriados de caucho para cubrir la quincallería después de empernarse los segmentos en posición.

El conjunto de rueda reciclante puede fijarse al revestimiento del muñón de carga antes o después de instalar este último en dicho muñón. Se utilizan cuatro (4) segmentos de retención de la rueda reciclante para fijar dicha rueda.

Se corta el sello de caucho hasta la longitud deseada de modo que quepa en la circunferencia del revestimiento del muñón de carga. Se coloque el sello de caucho delante del reborde delantero del revestimiento del muñón de carga e insertamos este último en el muñón de carga. Se debe tener cuidado de no causar daños al sello de caucho mientras se instala el revestimiento del muñón de carga. Se fija un conjunto de anillo de goteo de 12 segmentos al revestimiento del Muñón de carga.

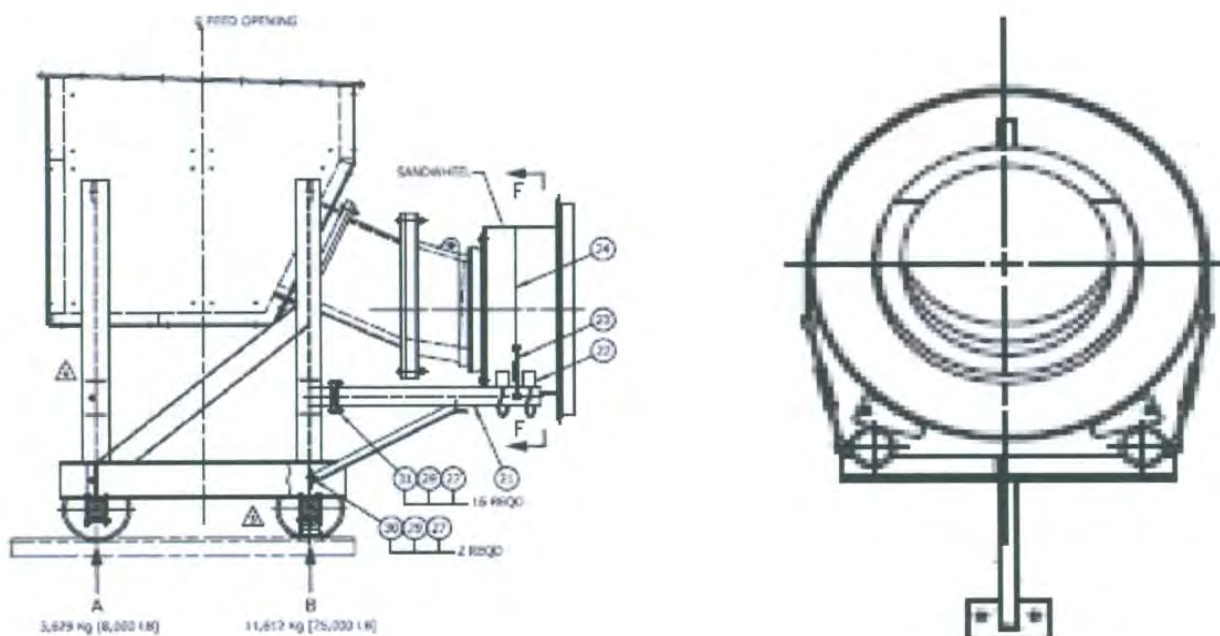


Figura 39. Canaleta de alimentación y seccion de carga.

Enjuague del sistema.

La tubería del sistema de lubricación de los cojinetes de los muñones y del sistema de lubricación de los cojinetes de los piñones debe enjuagarse antes de iniciar la operación propiamente dicha del molino.

Lubricación para el engranaje.

El conjunto del protector del engranaje proporciona una protección de 360° para el personal, evitando las lesiones debido a la rotación del engranaje.

También proporciona protección para el engranaje contra el polvo u otros contaminantes. El protector del engranaje está fabricado con varios segmentos, diseñado con un área de montaje para una lanceta de lubricación del engranaje y un pico de drenaje para el lubricante agotado del engranaje. Este pico de drenaje se debe mantener abierto para evitar la acumulación de lubricante en el protector. El monitor infrarrojo de la temperatura lee la temperatura del engranaje a medida que el molino realiza sus operaciones. Se debe montar el monitor de temperatura en el protector del engranaje y hacer las conexiones de cableado.

Operación del sistema de lubricación del engranaje por nebulización

El sistema de lubricación del engranaje por nebulización está diseñado para proporcionar una lubricación controlada y periódica al engranaje. La frecuencia y cantidad de lubricación aplicada es ajustable en el panel de control de lubricación del engranaje. La frecuencia de la lubricación, es decir, la frecuencia con que se lubrica el engranaje, se conoce como "ciclo de lubricación". La lubricación de grasa se aplica neumáticamente, usando una bomba de lubricación y lancetas de nebulización neumáticas. La cantidad de lubricación aplicada durante cada ciclo se conoce como "número de conteos".

La sincronización del ciclo de lubricación se establece dentro de los parámetros de programación de la instrumentación de control del PLC (controlador lógico programable). La frecuencia de lubricación, es decir, la cantidad de veces en un período determinado que funcionará el sistema de lubricación del engranaje, deberá estar programado.

El conjunto de la lanceta de lubricación del engranaje por nebulización está montado en el protector del engranaje.

9. Operación

Descripción del sistema.

El material de carga y el agua de proceso se introducen al sistema de molienda por medio del conjunto de la canaleta de carga. La canaleta de carga revestida dirige el material al interior del molino. El dispositivo de accionamiento doble, que cuenta con dos (2) motores de accionamiento del molino de 7000 kW suministrados por el cliente, acoplado con embragues neumáticos, impulsa la rotación de los ejes de piñón doble, que se engranan con un engranaje de anillo montado en el casco del molino para poder girar el casco del molino en los cojinetes de los muñones. El sistema de lubricación de los cojinetes de los muñones proporciona elevación y lubricación para dichos cojinetes. Un sistema automático de lubricación con grasa proporciona una lubricación continua al conjunto de engranajes.

La rotación del molino causa el movimiento de la carga. El impacto del material y de la carga de bolas reduce el material de carga hasta que sea lo suficientemente liviano como para desbordar en el extremo de descarga del molino. El conjunto del revestimiento del muñón de descarga ayuda a mantener la carga de bolas y el material de carga en el interior del molino hasta que se haya triturado correctamente. El material de descarga fluye a través del revestimiento del muñón de descarga a la criba. La configuración de la criba permite que el producto correctamente triturado atraviese la misma, mientras que el material de tamaño excesivo y parásito queda retenido, para proteger los componentes corriente abajo, tales como las bombas de producto.

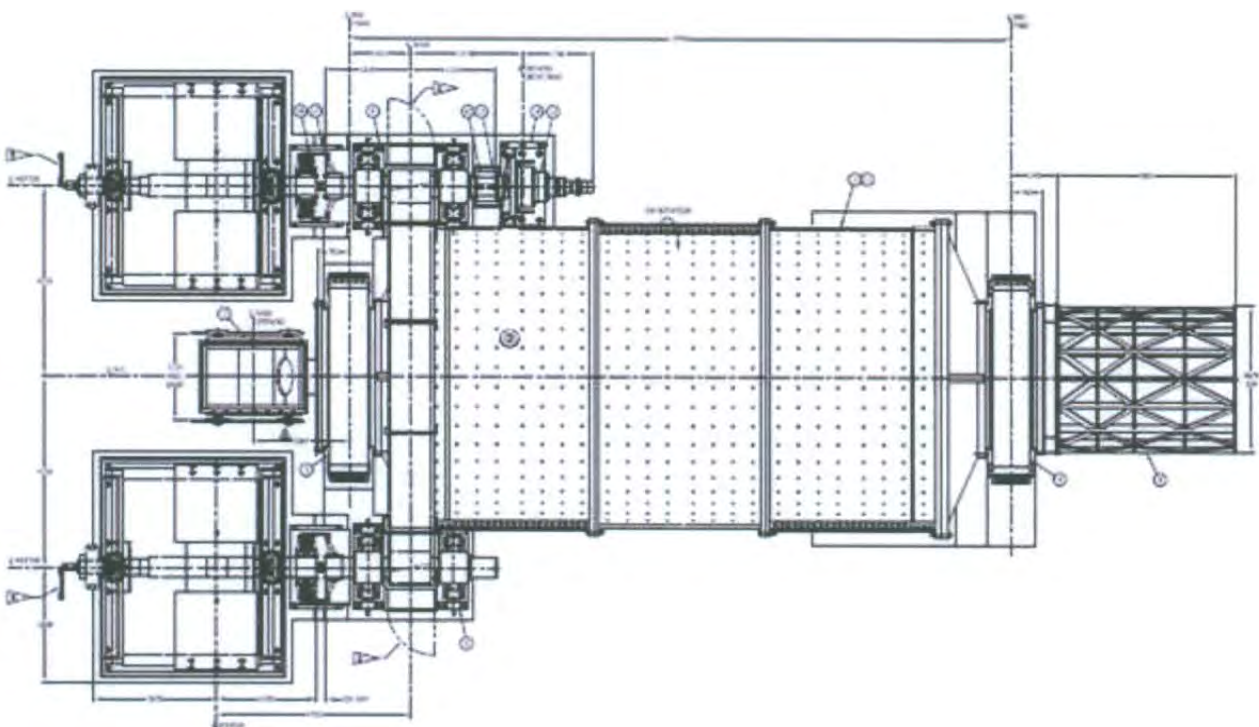


Figura 42. Vista del molino instalado correctamente.

10. Mantenimiento.

El mantenimiento es la clave para una operación exitosa del molino.

Establezca un programa que incluya inspecciones de mantenimiento, así como mantenimiento preventivo, para inspeccionar el sistema del molino de manera regular y realizar el mantenimiento requerido. En esta sección se incluyen programas recomendados de inspección de mantenimiento, así como de mantenimiento preventivo del molino.



Para aclarar la diferencia entre un procedimiento de mantenimiento preventivo y una inspección de mantenimiento, esta última determina la condición del elemento que se está inspeccionando mientras que el primero un procedimiento que cambia las condiciones del elemento sobre el cual se realiza la acción. Por ejemplo, una inspección de mantenimiento del sello de un cojinete del muñón sería para confirmar si el sello contenía grasa, mientras que el mantenimiento preventivo del mismo sería agregar grasa al cojinete.

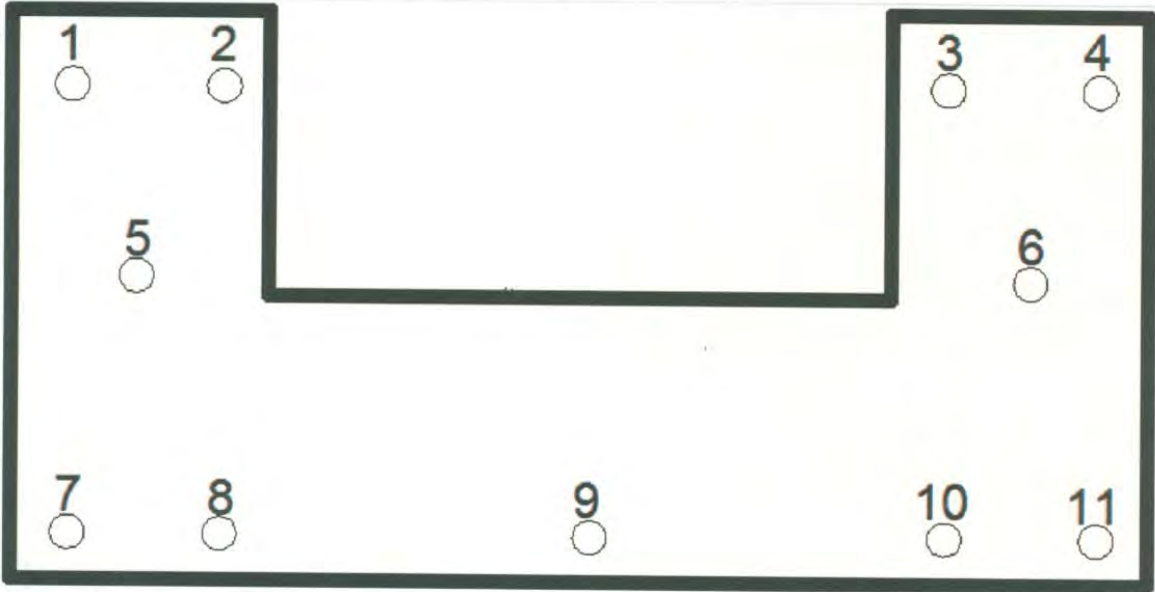
11. Trabajo y aportaciones del alumno.

Después de haber mostrado los pasos a seguir para la instalación correcta de un molino de bolas, se busca conocer más acerca de las actividades y aportaciones realizadas por el alumno.

Durante el mes de estadía en la mina el alumno participo en el área de Concentradora II (nueva ampliación), control de calidad fue el departamento que se le asignó al practicante, bajo la supervisión del jefe de departamento Ing. Carlos Peralta. Básicamente este departamento y las actividades realizadas por el alumno durante la practica consistieron en ir llevando una secuencia apropiada de instalación del molino, como se mostró en el capítulo anterior, hacer reportes de cada trabajo realizado tal y como se indica en el manual de instalación, salir a campo para ver las actividades que se llevaban a cabo y verificar que fueran de la manera indicada por el manual, dicho manual fue la herramienta de trabajo que desde el primer día se dio entrega al practicante, para saber ir interpretando los planos e indicaciones ahí mencionadas, otorgado por el proveedor del equipo que también es la compañía Metso Minerals, si llegara a presentar alguna falla en un futuro la garantía no pudiera tomar validez si no se muestran los reportes realizados por el departamento de control de calidad.

A continuación se muestran algunos de los reportes realizados por el alumno. Cada reporte tenía que estar firmado y aprobado por la empresa M3 Ingeniería, empresa encargada de la supervisión de nuevos proyectos, Metso Minerals, empresa encargada del montaje de los equipos y Grupo México. Los reportes con firmas son información confidencial de la empresa por lo que los siguientes documentos son una réplica solo sin las firmas y sellos de autorización.

	PROTOCOLO LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO ELEVACIÓN DE SOLEPLATE PIÑON LADO DERECHO EN MOLINO No. 3	
AREA : 300 MOLINO NO. 3		FECHA :
ACTIVIDAD : VERIFICACIÓN NIVEL SOLEPLATE		REPORTE NO. 5B
DIBUJO REF. 101535573DWK		Disciplina: MECANICO





Parte	Elevación real	Diferencia
1	1548.80397	-0.03
2	1548.804	0
3	1548.80398	-0.02
4	1548.80397	-0.03
5	1548.80397	-0.03
6	1548.80398	-0.02
7	1548.80397	-0.03
8	1548.80397	-0.03
9	1548.80402	0.02
10	1548.80397	-0.03
11	1548.80397	-0.03

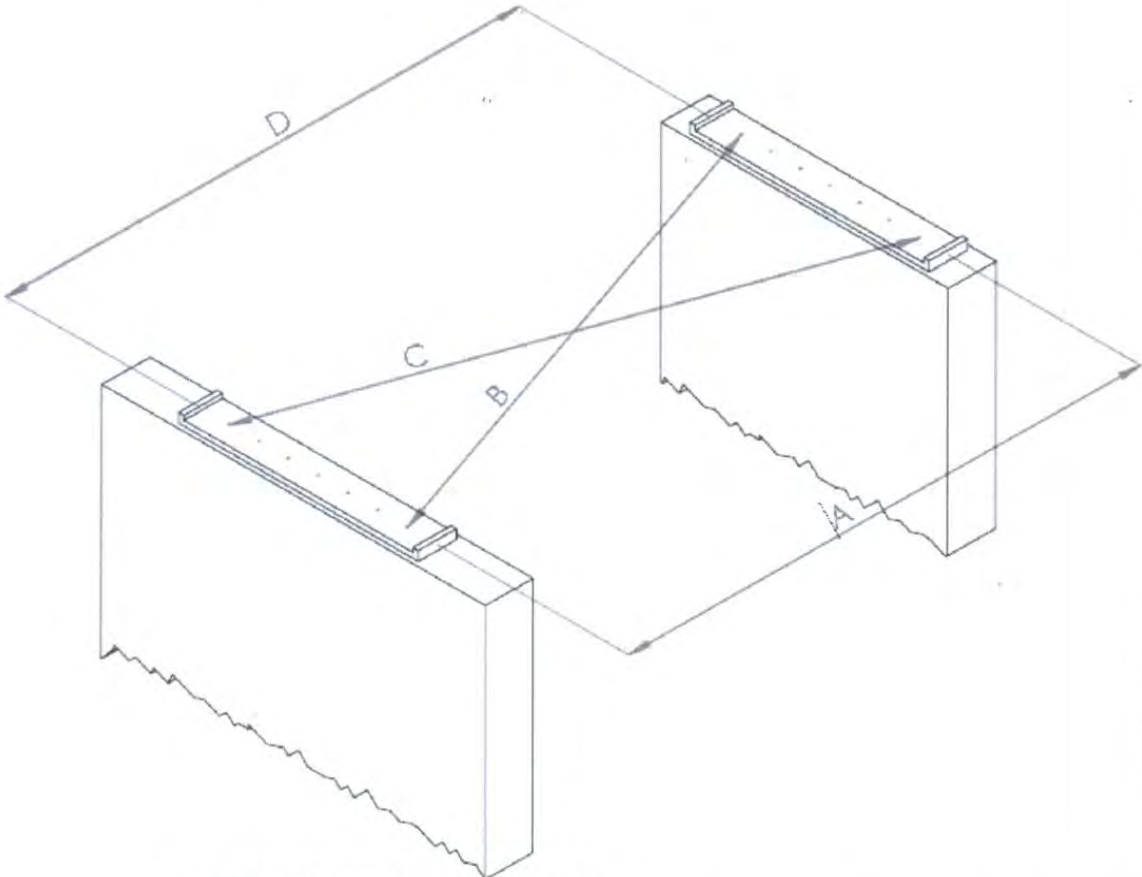
NIVEL DEL PROYECTO = 1548.804

INSPECCION DE CC POR: _____	FECHA: _____	CONTRATISTA: _____
REVISION DE AC POR: _____	FECHA: _____	M3
REP. DE CALIDAD DEL CLIENTE: _____	FECHA: _____	CLIENTE: _____
CUMPLIMIENTO: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	ARTICULOS QUE NO UMLPEN: _____	
ENCIERRE	FOLDER DE COMISIONAMIENTO: _____	

Hoja

Figura 43. Reporte de nivelación topográfica para placa de nivelación (soleplate).

	PROTOCOLO DE ALINEAMIENTOS MECANICOS ALINEACION DE SOLE PLATE EN MOLINO No. 1	
AREA : MOLINO NO.1		FECHA : 15-JUL-13
ACTIVIDAD : <u>verificacion de dimensiones indicadas (CON. EST. topografica)</u>		REPORTE NO. _____
DIBUJO REF. _____		Disciplina: MEC.



BASE DE CHUMACERA LADO DESCARGA

NOTAS : 1. SE UTILIZO Estacion Total mca. LEICA TS06PLUS	PARTE	PROYECTO	REAL
	A	16445	
	B	16846.9	
	C	16846.9	
	D	16445	

DIMENSIONES =mm

INSPECCION DE CC POR: _____	FECHA: _____	CONTRATISTA: _____
REVISION DE AC POR: _____	FECHA: _____	M3
REP. DE CALIDAD DEL CLIENTE: _____	FECHA: _____	CLIENTE: _____
CUMPLIMIENTO: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	ARTICULOS QUE NO UMPLEN: _____	
ENCIERRE	FOLDER DE COMISIONAMIENTO: _____	

Hoja /

Figura 44. Alineamientos y distancias de placas de nivelación con estación total.

12. Conclusión y recomendaciones.

Es de gran magnitud el trabajo que se está haciendo en la nueva ampliación de Buena Vista del cobre, puesto que las operaciones no solo se limitan a la instalación de los molinos, hay mucho trabajo por hacer a pesar de que se arrancó el proyecto desde el año 2012, al fin de mi estadía llegamos solo a completar la instalación de los 4 primeros molinos.

Acerca de las operaciones y la manera de trabajar en Buena Vista del cobre desde mi punto de vista han mejorado en cuanto a seguridad y calidad desde su arranque después de la huelga que paro alrededor de 5 años la explotación del mineral, con esto me refiero a que desde que tu ingresas a la mina hay un chequeo que incluye en algunos días alcoholímetro, revisión del equipo de seguridad personal el cual si no completas adecuadamente no es posible ingresar a las labores, al igual al salir hay otra revisión de mochilas dado que anteriormente algunos trabajadores sacaban material de cobre o herramientas pertenecientes a la compañía. En cuanto a los trabajos realizados dentro de BVC se hacen con supervisión constante, reportes de control de calidad que se tienen que entregar a la empresa M3 Mexicana, esta empresa es la encargada de la supervisión de los nuevos proyectos. Creo que después del arranque de la mina, la empresa hizo conciencia de empezar con más calidad sus operaciones, dado que no le conviene que por algún motivo llegaran a parar de nuevo las actividades en la mina ya que la inversión que se hizo para la rehabilitación de esta, fue de muchos millones de dólares.

En el caso de mi área de trabajo diariamente se daba una plática de seguridad antes de empezar con las labores para prevenir cualquier accidente, también hacer saber a los trabajadores que si no tenían las herramientas adecuadas se abstuvieran de realizar el trabajo, el departamento de ecología estaba siempre presente en el cuidado de residuos de aceite para su correcto almacenamiento, no es permitido fumar en ningún área de la mina entre otras restricciones.

El problema que vi durante mi mes en Buena Vista de cobre fue la manera con la que la mina está operando actualmente, se tiene demasiadas empresas terceras trabajando en las mismas actividades, con esto me refiero que hay compañías terceras dentro de otras compañías terceras, M3 Mexicana es la empresa encargado de la supervisión de los nuevas obras dentro de la mina, al momento de presentarse un problema digamos si a una empresa le dieron el área de las quebradoras pero esa empresa tercera tiene trabajando a otra y esa a otra, al momento de presentarse un problema se ven involucradas todas y la falla se queda sin responsable y crea

conflictos, porque una empresa culpa a otra quedando sin resolver la falla ni su origen, también veo como pérdida de tiempo en algunas áreas que unas empresas se frenen en actividades por que otra compañía no ha hecho su parte siendo que es la misma área de trabajo y no debería haber paro por estas razones, como recomendación hacia esto yo diría que hagan observaciones más a fondo en este punto de vista, para dar más responsabilidad a una sola empresa y no a varias para una sola actividad, porque se pierde el seguimiento del trabajo, también el conocimiento del mismo ya que si alguien hace un avance y otros avanzan en otra actividad no se conoce en total ni se le da seguimiento al proceso.

13. Experiencia adquirida.

Durante el mes en la mina el alumno se relacionó más que nada con el aspecto mecánico de instalación, interpretación de planos, maquinaria de carga, un poco acerca de cimentación y el saber llevar una coordinación de calidad para los trabajos realizados diariamente.

Se podría decir que la experiencia adquirida fue en el montaje y funcionamiento de un molino de bolas, en un futuro el alumno podrá realizar trabajos de montaje de equipos de estas magnitudes, el trato con operadores y trabajadores también fue una de las experiencias que se queda para un futuro, puesto que una de las cosas más difíciles es el tratar con la gente, muchas diferentes mentalidades están involucrados en una área de trabajo, se tiene que saber manejar a la gente para crear un buen trabajo en equipo, que nos dé como resultado operación de calidad.

PRACTICA 2

PRIMERO



Universidad de Sonora

División de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Civil y Minas

REPORTE DE PRACTICAS PROFESIONALES

Juan Antonio Moreno Clark

Distrito San Dimas, Tayoltita Durango

Mina Block Central

Junio, 2015

Índice

1. Introducción.	1
2. Objetivo General.	2
3. Acerca de PRIMERO MINING.	2
4. Generalidades.	3
4.1. Infraestructura.	3
4.2. Acceso y localización del área.....	4
4.3. Fisiografía regional.....	5
4.4. Vegetación.	5
4.6. Economía.	5
4.7. Antecedentes históricos	6
4.8. Geología.	7
4.8.1. Columna estratigráfica.	8
4.9.6. Mineralogía.....	9
5. Exploración.	10
5.1. Barrenación a diamante.....	10
6.1. Ventilación natural.....	12
6.2. Ventilación mecánica.....	12
7. Soporte.	14
8. Métodos de explotación.	17
8.1. Corte y relleno.	17
8.1.1. Aplicación.	17
8.1.2. Preparación.	18
8.1.3. Barrenación.	18
8.1.4. Rezagado y acarreo.	19
8.2. Barrenación larga (Long hole).....	20
9. Procesamiento del mineral.	24
10. Área de trabajo y aportaciones del alumno.....	26

10.1. Estudios y gráficas de Tiempos, movimientos y consumo de acero.....	29
10.2. Acero.....	30
10.2.1. Brocas.....	30
10.2.2. Barras y zancos.....	33
10.3. Tiempos y movimientos.....	34
11. Conclusión y recomendaciones.....	37
12. Experiencia adquirida.....	38

Figuras

Figura 1. Distrito minero San Dimas.	3
Figura 2. Localización del distrito San Dimas.....	4
Figura 3. Relieve de la unidad minera.....	5
Figura 4. Mapa geológico de la región.....	7
Figura 5. Columna estratigráfica.....	8
Figura 6. Barrenación a diamantes y muestras cilíndricas de un barreno.	10
Figura 7. Tabla del programa de barrenación a diamante.	11
Figura 8. Plano de barrenación a diamante vetas Robertita-Nancy.....	11
Figura 9. Contropozo-Robbin.....	13
Figura 10. Mangas de ventilación.	13
Figura 11. Colocación correcta de pernos.....	15
Figura 12. Pernos de anclaje con malla.	16
Figura 13. Esquema corte y relleno.	18
Figura 14. Esquema de Barrenación larga.	20
Figura 15. Esquema de los Métodos de explotación.....	22
Figura 16. Diagrama de flujo planta Tayoltita.	24
Figura 17. Diagrama general San Dimas.	25
Figura 18. Maquina CMAC-PLH y hoja de secciones de barrenación.....	27
Figura 19. Grafica de barras metros barrenados.....	30
Figura 20. Tabla de precios y almacenamiento de brocas.	32
Figura 21. Brocas boart.	32
Figura 22. Gráfica de barras y zancos.	33
Figura 23. Gráfica de tiempos y movimientos.....	34
Figura 24. Graficas de barras fallas de barrenación.	35
Figura 25. Formato de tiempos y movimientos.....	36

Distrito San Dimas-Mina "Block Central"

1. Introducción.

El siguiente documento corresponde al trabajo de memorias de prácticas profesionales para la obtención del título de la carrera ingeniero minero de la Universidad de Sonora, mismas prácticas realizadas en el periodo de Julio-Agosto del año 2014 por el alumno Juan Antonio Moreno Clark en el municipio de Tayoltita Durango en mina block central departamento de barrenación larga, bajo la supervisión del ingeniero Manuel Nevares jefe del departamento.

La llegada del alumno hacia al municipio de Tayoltita fue el día 2 de julio del 2014, para el siguiente día se impartió el curso de inducción y desde el día 4 de julio del 2014 hasta el siguiente 4 de agosto del mismo año apoyo en las operaciones de barrenación larga dentro de la mina Block Central.

Las minas de San Dimas constituyen operaciones subterráneas que utilizan métodos mecanizados de minería de corte y relleno. Después del fresado, la cianuración, la precipitación y la fundición, las barras doré se vierten y luego se transportan a refinerías en Estados Unidos. Actualmente el grupo que se encuentra a cargo de las operaciones de los diferentes bloques es el grupo canadiense Primero Mining Corp. Con operaciones en México y Canadá el cual empezó su desarrollo en el año de 2007 como una empresa de exploración de metales preciosos, después adquiriendo el distrito San Dimas en el 2010 así como otras propiedades.

2. Objetivo General.

El objetivo que se busca con las prácticas profesionales es que el alumno aplique el conocimiento teórico que ha adquirido a lo largo de su formación académica en la práctica dentro del campo de trabajo. También se busca que tenga noción de lo que es estar en el ámbito de la minería subterránea, puesto que las condiciones no siempre son favorables respecto a las temperaturas, poca ventilación, falta de oxígeno entre otras, visualizar las diferencias entre una mina a cielo abierto y una mina subterránea.

Otro de los objetivos de este reporte es dar a conocer el proceso que se lleva a cabo para la extracción del mineral en mina Block Central, y explicar las aportaciones realizadas por el alumno durante su mes de estadía.

3. Acerca de PRIMERO MINING.

PRIMERO MINING es un productor de metales preciosos con sede en Canadá, contando con sus operaciones en México y Canadá. Actualmente son propietarios del distrito San Dimas en el estado de Durango y mina Black Fox en Ontario Canadá, recientemente adquirió el 70 % de las acciones del proyecto cerro del gallo localizado en Guanajuato.

4. Generalidades.

4.1. Infraestructura.

La mina cuenta con una planta de beneficio, 5 diferentes bloques de producción que son San Antonio Occidental, Sinaloa Graben, Block Central, Tayoltita y Alto de Arana, colonia para los ingenieros y sus familias en el municipio Tayoltita, dentro de la colonia se tiene un comedor, cancha de tenis, alberca, bar restaurant, edificio de oficinas donde se realiza la planeación, oficinas administrativas y una pista de aterrizaje.



Figura 1. Distrito minero San Dimas.

4.2. Acceso y localización del área.

El distrito San Dimas está localizado en la parte Oeste de la Sierra Madre Occidental, 140 Km. al NE de la ciudad de Mazatlán, 150 Km. Al Oeste de Durango, en las fronteras de los Estados de Durango y Sinaloa.



Figura 2. Localización del distrito San Dimas.

El acceso al distrito es por aire en un vuelo regular programado que es privado cuando es por parte de la compañía o comercial. Por tierra es la otra vía de acceso desde la ciudad de Durango, por la carretera estatal hacia Mazatlán desviándose en el Km 90 siguiendo un camino de terracería de 160 Km. La mayoría del personal y materiales ligeros es transportado por aire, contando la empresa con una flota de aviones sencillos y bimotores así como también con un helicóptero los cuales se mantienen en los hangares de la pista aérea. Después de llegar al municipio de Tayoltita el personal es transportado por vía terrestre a cada uno de las diferentes unidades como lo es San Antonio, El Graben, Alto de Arana o como en el caso de estas prácticas en la unidad Block Central ubicada 3.5 Km al NE de Tayoltita. El equipo pesado, alimentos y demás suplementos diversos son transportados por tierra con un viaje que toma alrededor de 10 horas.

4.3. Fisiografía regional.

El área de San Dimas se encuentra en las barrancas de la Sierra Madre Occidental, se caracteriza por su topografía extremadamente rugosa, con elevaciones que van de 400 m.s.n.m. en el valle del río Piaxtla, elevándose hasta alcanzar los 2400 m.s.n.m. en los picos de los cerros que lo rodean.

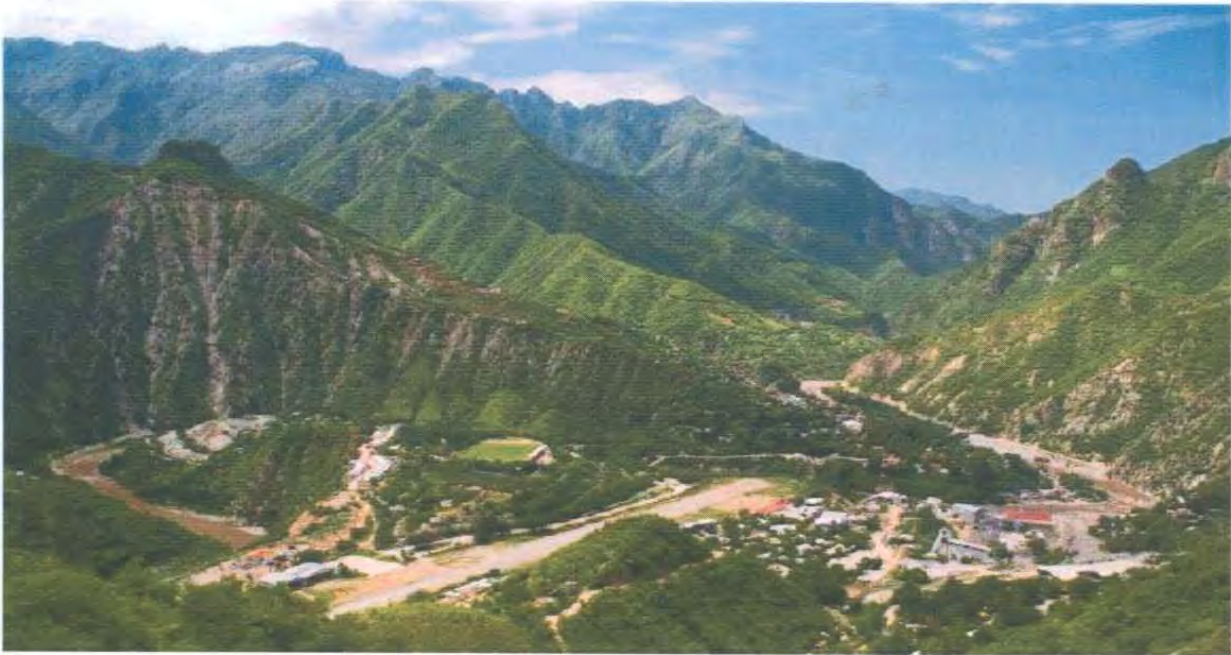


Figura 3. Relieve de la unidad minera.

4.4. Vegetación.

La vegetación es muy variada, arbustos delgados y pasto crecen en las partes bajas de la sierra, mientras que los pinos, cactus, encinos y cierta clase de robles se pueden encontrar en los grandes riscos. El crecimiento de los pinos es suficiente para mantener a la gran cantidad de aserradores, que forman la industria maderera de la región.

4.6. Economía.

La principal fuente de la economía en la región es la minería puesto que un 70 u 80 % de la población trabaja directa o indirectamente en esta actividad, la otra parte de la población se dedica a la agricultura en ranchos o viviendas cerca de las minas, así como a la tala de árboles.

4.7. Antecedentes históricos.

Las operaciones mineras en el distrito de San Dimas se pueden considerar desde 1757 cuando las familias Guisar, Rubio y Olano vivieron en Queleles, un lugar cerca de Tayoltita, ellos hicieron las primeras extracciones de Mena de Au y Ag de las minas aledañas al lugar donde Vivian. Periódicamente vendían sus metales preciosos en la ciudad de Victoria (hoy Durango). Después de muchos años de practicar este negocio la gente de Victoria se preguntó de donde provenían estos metales. En 1779, Fray José de la Luz Ángeles comando una expedición con el afán de seguir a los vendedores de metales a sus minas. Una segunda expedición fue resguardada por un destacamento del soldado del Rey, estableciendo un fuerte en Guarisamey en el flanco norte del rio Piaxtla. Acompañando a esta expedición, se encontraba un rico comerciante llamado Juan José Zambrano quien estableció e inicio exploración de minas propias y la compra de minerales a los clanes de los Queleles. En la siguiente tabla se muestran algunas de las fechas y hechos históricos más importantes.

Año	Hecho histórico
1795	Guarisamey aumenta su población a 10,000 habitantes gracias a la minería.
1807	Muere sambrano y decae la explotación del mineral.
1810-1821	La prosperidad del distrito termino con el comienzo de la guerra de Independencia.
1833	La cabecera municipal fue cambiada al pueblo de San Dimas, durante este periodo las operaciones mineras rindieron pocos frutos quedando a cargo de José Laveaga Curruchategui
1888	Se venden las minas a compañías extranjeras y se forma "The Candelaria Consolidated Mexican Mining Company".
1990	El distrito San Dimas fue de los principales productores de metales preciosos en México.
1940	Las reservas de la mina la candelaria escasearon y fue vendida a The San Luis Mining Company.
1962	El 51% del capital de inversión fue obtenido por inversionistas mexicanos, de acuerdo con la Ley Federal de Nacionalización de la Industria Minera, de 1959.
2010	Primero mining adquiere las propiedades de los 5 bloques San Dimas.

4.8. Geología.

El distrito de San Dimas está localizado en la sub provincia de Barrancas. Se caracteriza por tener una topografía de forma juvenil, con barrancas del orden de los 2500 m.s.n.m., hecho que pone al descubierto las rocas más antiguas, las cuales presentan horizontes mineralizados. Esto es el resultado de efectos tectónicos muy marcados que a la vez produjeron fallamientos en forma de fosas y pilares, aunado todo esto a una erosión muy intensa causada principalmente por los ríos Piaxtla y Presidio y muchos de los arroyos existentes los cuales fluyen hacia el Océano Pacífico. La geología regional se caracteriza por presentar una enorme cantidad de rocas volcánicas de composición principalmente acida, provocada probablemente por la subducción de la placa Farallón. Los rangos de elevación fluctúan entre los 300 y 3000 m.s.n.m. En este paquee se distinguen dos tipos de rocas: un calco alcalina (andesitas, riolitas y tobas acidas) del Eoceno-Oligoceno y otra bimodal de (andesita basáltica y riolita) del Oligoceno-Mioceno. El basamento de las rocas volcánicas de la Sierra Madre Occidental son series sedimentarias Mesozoicas que afloran como ventanas y entre otras partes como un complejo plutónico laramidico.

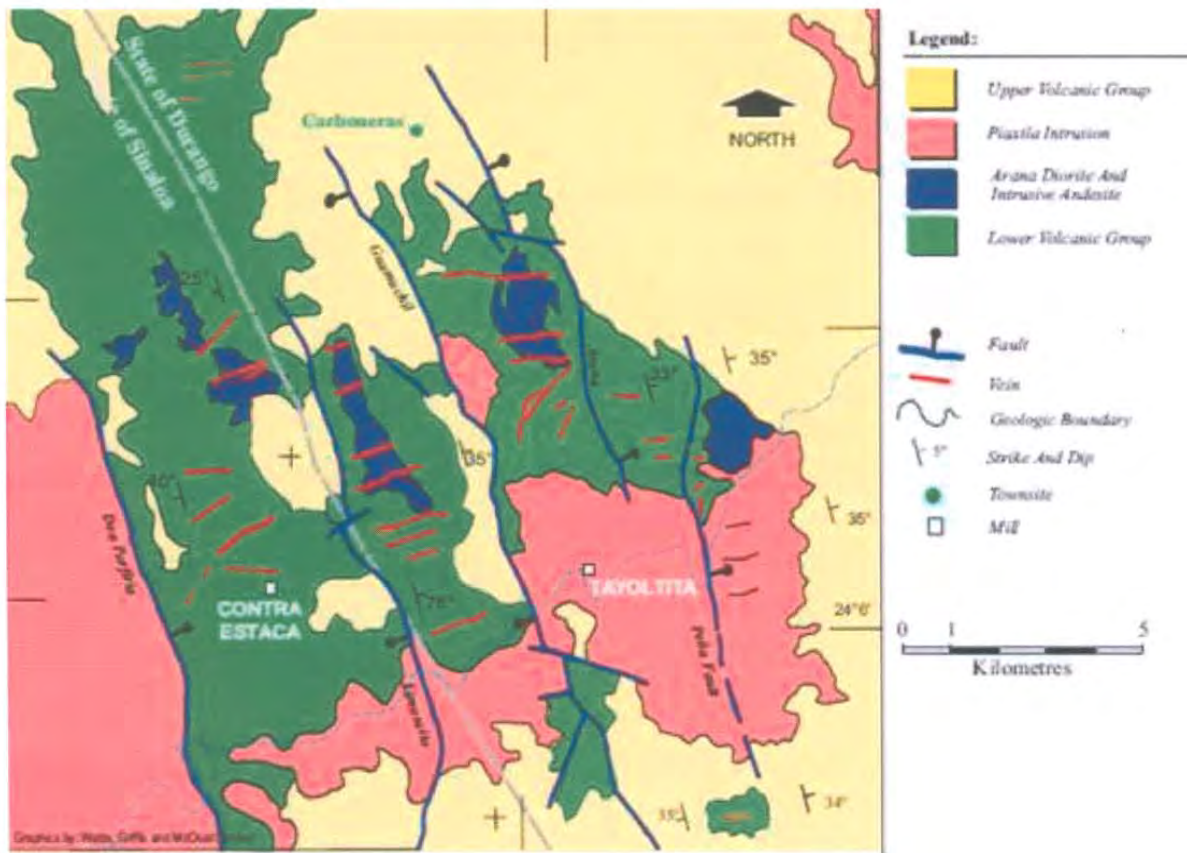


Figura 4. Mapa geológico de la región

4.8.1. Columna estratigráfica.

El distrito minero de San Dimas se divide estratigráficamente en dos grupos volcánicos diferentes, esto dependiendo de la edad de las rocas, composición etc. Los dos grupos en los que se divide son grupo volcánico inferior y superior.

1.- GRUPO VOLCANICO INFERIOR:

El grupo volcánico inferior, está compuesto principalmente de flujos de andesita, riolita, tobas y de cuerpos intrusivos asociados, en exposición desde alrededor de 50 Km. Al este de la costa del Pacífico. Estas rocas, se hallan expuestas en el drenaje principal formado por la provincia de la barranca. Estas rocas no se hallan expuestas hacia el este, pero se presume que continúan en esa dirección por cierta distancia, situadas bajo las rocas más jóvenes del grupo volcánico superior.

2.- GRUPO VOLCANICO SUPERIOR:

El grupo volcánico superior, descansa en forma discordante sobre una superficie erosionada del grupo volcánico inferior, y en rocas graníticas o meta-sedimentarias. Esta secuencia volcánica representa una fase limitada de la actividad ígnea, a lo largo de la Sierra Madre Occidental. En el distrito de San Dimas, las rocas de Volcánico Superior incluyen: una subordinada unidad inferior, compuesta mayormente de lavas intermedias principalmente andesíticas y una unidad superior compuesta en su mayor parte de tobas de flujos de ceniza riolítica. A la unidad inferior, le ha sido asignado el nombre de andesita Guarisamey, por su ubicación en el pueblo de Guarisamey a 2 Km. Al Este de Tayoltita.

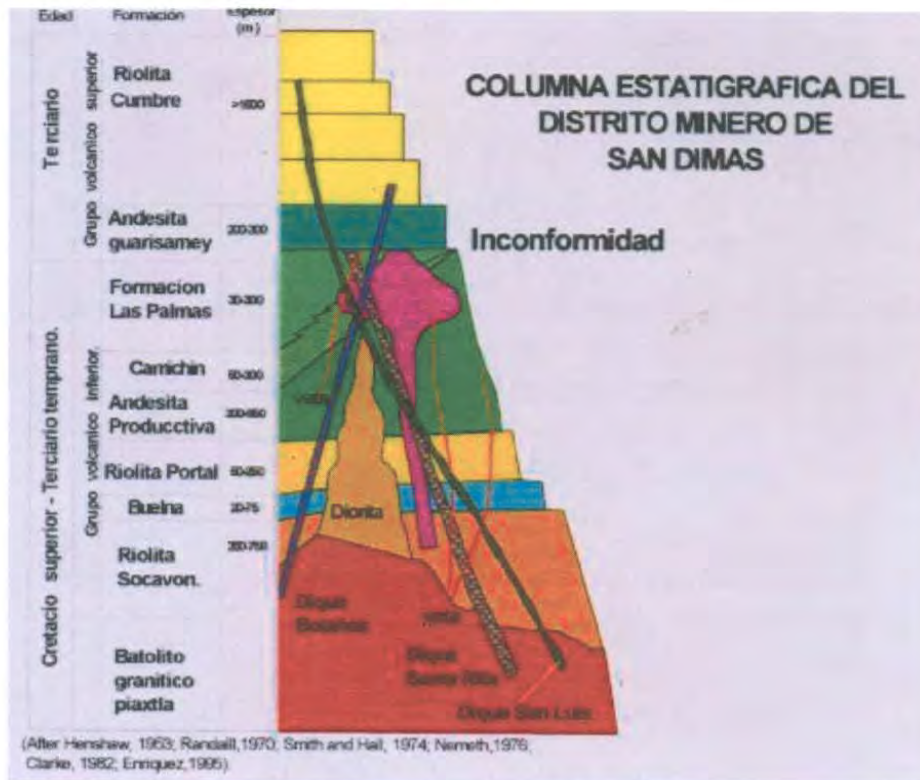


Figura 5. Columna estratigráfica.

4.9.6. Mineralogía

En este distrito se reconocen tres etapas principales de la mineralización:

1) Etapa primitiva, 2) etapa mineral, 3) postrera etapa de cuarzo. Se establecieron tres subetapas distintas en la etapa mineral, la de clorita-calcita, la de rodonita, y la de adularia. Las siguientes subetapas de la etapa mineral fueron registradas: 1) cuarzo-clorita-adularia, 2) cuarzo-rodonita, y 3) cuarzo-calcita.

Etapa primitiva de la mineralización.

Esta etapa consiste de cuarzo de grano fino, color cereza pálido a gris oscuro. Se registraron la presencia de esfalerita, calcopirita, y galena, asociados a metales preciosos, donde las concentraciones de plata y oro raramente excedían de 125 y 1 p.p.m., respectivamente.

Etapa mineral.

La etapa mineral contiene la mayoría de los valores de plata y oro, de atractivo económico del distrito. La etapa mineral se compone principalmente de cuarzo blanco a gris, de un cristalino medio a tosco. El intercrecimiento de esfalerita, calcopirita, y galena es muy común.

5. Exploración.

5.1. Barrenación a diamante.

Las obras de Exploración consisten en todos los trabajos necesarios encaminados a conocer la forma, tamaño, posición y ley media del depósito mineral, que puede ser por obra directa y/o barrenación.

La barrenación a diamante es muy popular para este tipo de actividades, (exploración) las perforadoras de diamante usan equipo y herramientas diseñadas para recuperar muestras de roca en forma de cilindros de las formaciones que va el barreno atravesando.



Figura 6. Barrenación a diamantes y muestras cilíndricas de un barreno.

En los últimos años la extensión de los cuerpos mineralizantes en las vetas San Antonio, Robertita, Castellana y Celia se han detectado con barrenación a diamante. El sistema de vetas Roberta fue cartografiado a finales de 1998 encontrándose que no se trataba de una sola veta si no de un sistema de vetas, hoy en día la barrenación a diamante es una actividad primordial para la exploración en el block central y en general para el distrito, por lo que su soporte, objetivos y cumplimiento, son los parámetros que permiten seguir asignando lugares.

No. Bno.	Rbo. Bno.	Incl. (grados)	Long. (mt)	Objetivo.	Cordenedas.
Cel.10-02.	N 20 E	0	200	Cortar veta Nancy.	8610 N,7410 E
Cel.10-03.	N 20 E	-15	200	Cortar veta Nancy.	8610 N,7410 E
Cel.10-04.	N 20 E	14	200	Cortar veta Nancy.	8610 N,7410 E
Cel.10-05.	N 28 E	-3	200	Cortar veta Nancy.	8610 N,7410 E
Cel.10-06.	N 28 E	-15	200	Cortar veta Nancy.	8610 N,7410 E
Rob.8-02.	S 21 E	-30	230	Cortar veta Robertita	8766 N, 7225 E
Rob.8-03.	S 21 E	-40	250	Cortar veta Robertita	8766 N, 7225 E
Rob.8-04.	S 38 E	-15	220	Cortar veta Robertita	8766 N, 7225 E
Rob.8-05.	S 38 E	-30	230	Cortar veta Robertita	8766 N, 7225 E
Rob.8-06.	S 38 E	-50	175	Cortar veta Robertita	8766 N, 7225 E
Rob.8-07.	S 50 E	-15	220	Cortar veta Robertita	8766 N, 7225 E
Rob.8-08.	S 50 E	-27	235	Cortar veta Robertita	8766 N, 7225 E
Rob.8-09.	S 50 E	-48	217	Cortar veta Robertita	8766 N, 7225 E

Figura 7. Tabla del programa de barrenación a diamante.

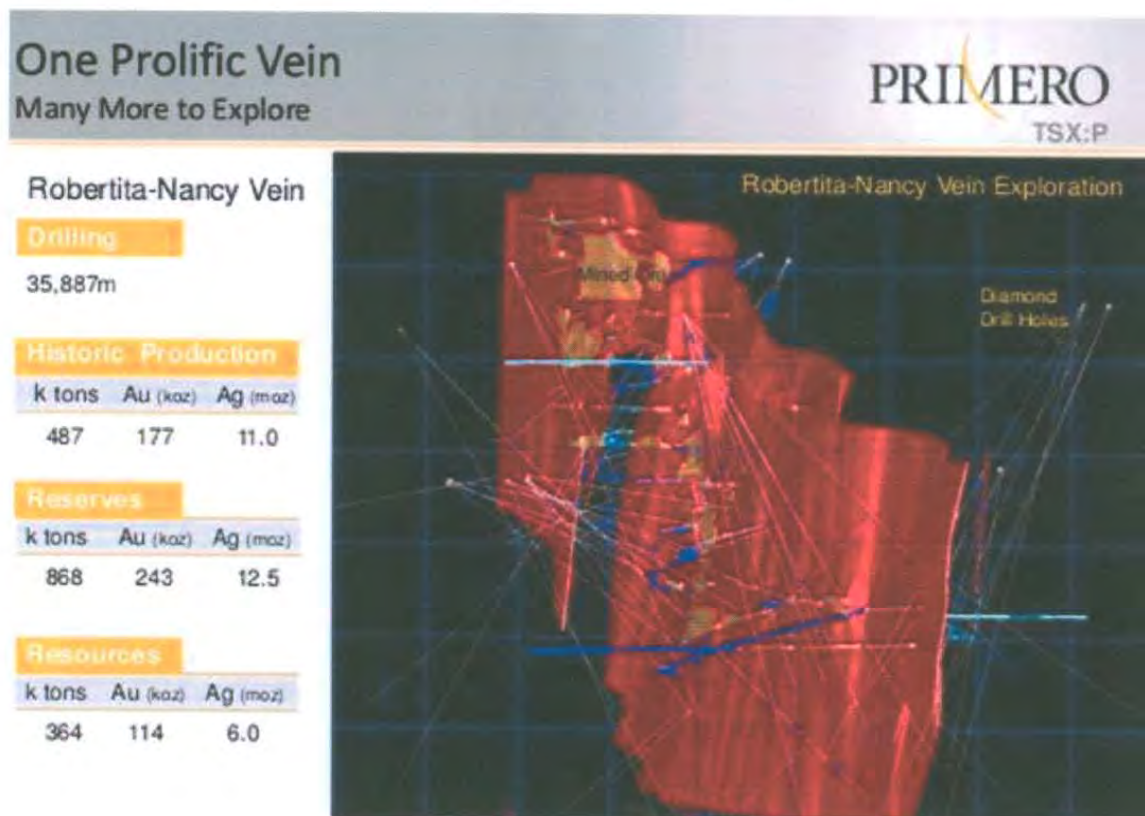


Figura 8. Plano de barrenacion a diamante vetas Robertita-Nancy.

Este programa de barrenación está diseñado para buscar los límites de la veta Robertita y Nancy, para así poder ubicar más bloques mineralizados en esta área y tener nuevas suficientes para continuar operando.

6. Ventilación.

En las obras de minería subterránea el aire y oxígeno es primordial para la realización de las obras de desarrollo y producción, puesto que las temperaturas que hay en algunos de los rebajes son muy elevadas, así como la presencia de polvo o gases ocasionados por voladuras, combustión de maquinaria etc. El objetivo principal de la ventilación es proporcionar a la mina un flujo de aire en cantidad y calidad suficiente para diluir contaminantes, a límites seguros en todos los lugares donde el personal este trabajando. En block central se cuenta con dos tipos de ventilación, que son la ventilación natural y mecánica.

6.1. Ventilación natural.

Es el flujo natural de aire fresco al interior de la mina sin necesidad de equipos de ventilación. En una galería horizontal o en labores de desarrollo en un plano horizontal no se produce movimiento de aire. En minas profundas, la dirección y el movimiento del flujo de aire, se produce debido a las siguientes causas: diferencias de presiones, entre la entrada y salida. Diferencia de temperaturas durante las estaciones. En block central se tiene dos contrapozos tipo Robbins que nos ayudan a la ventilación natural, como anteriormente mencionamos la ventilación natural no es suficiente para abastecer a toda la mina ya que en lugares de desarrollo o de mucha profundidad las temperaturas y falta de aire están presentes, es en estas actividades donde entra en la ventilación artificial mecánica.

6.2. Ventilación mecánica.

Es la ventilación auxiliar o secundaria y son aquellos sistemas que, haciendo uso de ductos y ventiladores auxiliares, ventilan áreas restringidas de las minas subterráneas, empleando para ello los circuitos de alimentación de aire fresco y de evacuación del aire viciado que le proporcione el sistema de ventilación general. El objetivo de la ventilación auxiliar es mantener las galerías en desarrollo, con un ambiente adecuado para el buen desempeño de hombres y maquinarias, esto es con un nivel de contaminación ambiental bajo las concentraciones máximas permitidas, y con una alimentación de aire fresco suficiente para cubrir los requerimientos de las maquinarias utilizadas en el desarrollo y preparación de nuevas labores. En block central se utilizan ventiladores axiales con manga, el diámetro del ventilador es de 1000mm con una potencia de 35 Hp, el rendimiento máximo de ventilación es de 55800 m³/h.



Figura 9. Contropozo-Robbin.



Figura 10. Mangas de ventilación.

7. Soporte.

El uso de elementos para el soporte del macizo rocoso ha llevado al hombre a ir perfeccionando cada vez más las técnicas de fortificación debido al desprendimiento de roca y accidentes que presentan en la minería subterránea. A lo largo de los años se han ido probando diferentes elementos y métodos de sostenimiento que cada vez se adecuan más conforme a la necesidad que se presenta, estos elementos son cada vez más livianos, resistentes y fáciles de usar. El sostenimiento adecuado del terreno es esencial para la seguridad de las personas que están laborando en el área así como también para los equipos con los que se esté operando. Es esencial conocer las condiciones del terreno para saber el tipo de fortificación a utilizar, entre los parámetros más importantes a conocer tenemos:

- Peso máximo de los bloques del lugar.
- Proximidad de las fallas.
- Tamaño y dirección de las fuerzas (presiones) In situ.
- Fracturas en la roca.
- Filtración de agua.

Las clases de los terrenos que tenemos es fundamental para decidir qué tipo de revestimiento utilizar, desde el punto de vista práctico se puede medir en 4 clases:

- 1 Terreno compacto:** Es el formado por cristales o por partículas bien cementadas, generalmente su revestimiento no es necesario, con una buena bóveda autosostenida podemos tener seguridad, (sin revestimiento o revestimiento muy ligero)
- 2 Terreno fracturado:** Muestra una serie de planos paralelos de discontinuidades como los planos de estratificación en la roca sedimentaria. exige solo un sostenimiento ligero esta clase de terrenos es más resistente en dirección perpendicular a las rajaduras o planos de discontinuidad que en dirección paralela a los mismos, (revestimiento ligero, pernos de roca).
- 3 Terreno arcilloso:** Constituido por rocas casi elásticas que se deforman bajo la presión. exige un sostenimiento extremadamente resistente o estructuras flexibles capaces de adaptarse a las presiones que se desarrollan, (revestimiento muy pesado, se necesita extremadamente resistente como concreto armado)
- 4 Terreno suave:** El cual está formado por fragmentos gruesos o finos o una mezcla de ambos tamaños. requiere de tipo pesado. En esta clase de terrenos las presiones son mayores cuando más fino es el tamaño de los fragmentos, (revestimiento pesado, cuadros de madera o pernos de anclaje con malla)

Dado a las clases de terreno mencionadas anteriormente podemos decir que en block central contamos con un terreno arcillosos-suave, puesto que la fortificación que tenemos en la mina es con pernos de anclaje con malla y en muy poco terreno se observa el concreto lanzado, terrenos con mucha arcilla o también lo podemos ver en los almacenes de explosivos esto más bien es por seguridad de que no haya ningún derrumbe y pueda ocasionar alguna explosión. Un perno de anclaje, consiste en una varilla de acero de 16 mm de diámetro o más, dotado en su extremo de un anclaje mecánico de expansión que va al fondo del taladro, esta expansión nos ayuda a la estabilidad de los bloques. Su extremo opuesto puede ser de cabeza forjada o con rosca, en donde va una placa de base que es plana o cóncava y una tuerca, para presionar la roca. La inclinación del perno es muy importante para su efectividad, en lo posible debe ser colocado perpendicularmente a las fracturas o fractura y a la cara de la roca.

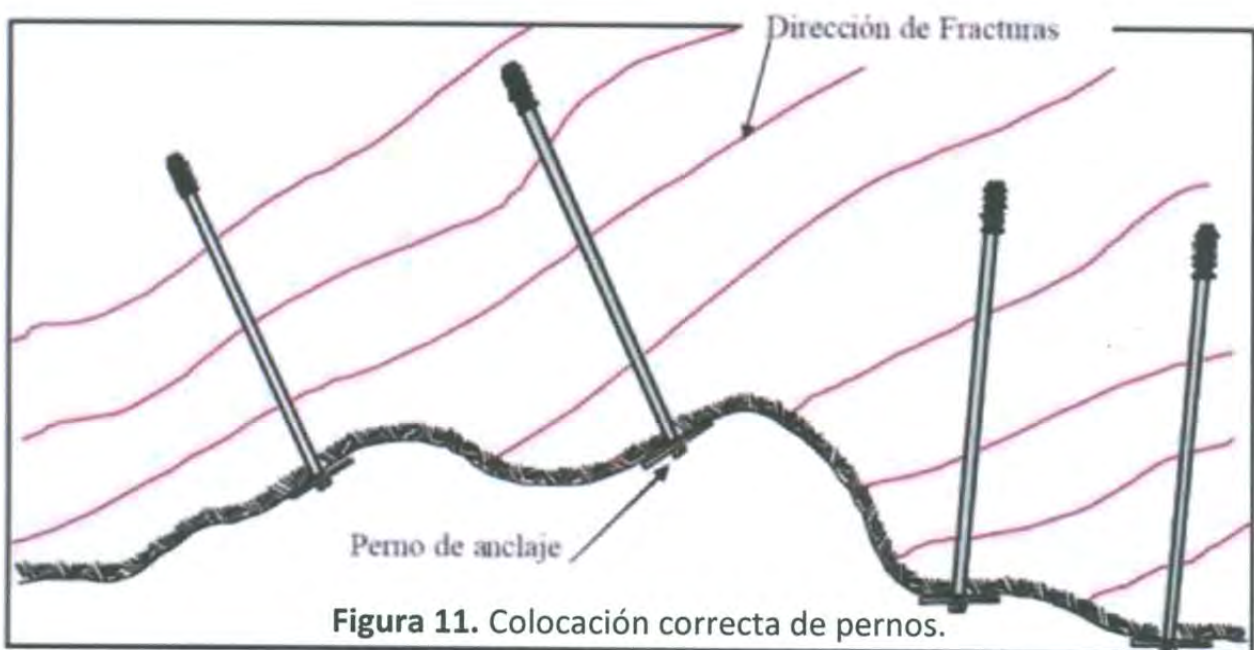


Figura 11. Colocación correcta de pernos.

El número de pernos a anclar depende del tamaño de la roca y asegurarse del grado de caída de la misma, cada perno tiene una capacidad específica de soporte hay que tomar parámetros de seguridad al momento de las distancias que vamos a colocar uno u otro, en block central la distancia promedio entre un perno u otro es de 1.20m y el tipo de anclaje es dependiendo del sostenimiento que queramos en las diferentes áreas, en el caso de esta mina se utiliza Split set en terrenos que se requiere un anclaje provisional como en obras a explotar o donde se necesite el soporte por un menor tiempo, mientras que las barras helicoidales las utilizamos en zonas que necesitaremos sostenimiento por más tiempo o permanentemente. Para definir las distancias entre un perno u otro y diseñar el soporte más adecuado el departamento de geología utiliza sistemas de clasificación geotécnica para macizos rocosos tales como el RMR y Q de Burton.

Una vez instalados los pernos es vital que el trabajador al llegar a la zona de trabajo identifique un lugar no seguro o terreno peligroso debido a un sostenimiento en mal estado para evitar accidentes o daños en los equipos de trabajo, es vital revisar los siguientes puntos ya que estos nos indican las condiciones del terreno:

- Pernos deformados o doblados.
- Pernos cortados.
- Las mallas que se pandean debido a la gran cantidad de roca o material que cuelga sobre ella.
- Aparición repentina de rocas en el área de trabajo.
- La aparición de agua en la fortificación.
- Nuevas fisuras o fracturas en los bloques.
- Se debe amacizar el área diariamente.



Figura 12. Pernos de anclaje con malla.

8. Métodos de explotación.

El método de explotación que se lleva a cabo en las 5 unidades del distrito es prácticamente el mismo corte y relleno, pero en el caso de la unidad Block central también se aplica recientemente el método de barrenación larga, método que se piensa aplicar en las demás unidades en un futuro. A continuación se describen los dos métodos utilizados para la extracción del mineral:

8.1. Corte y relleno.

La aplicación de este método se efectúa en las secciones más anchas de la estructura, siendo generalmente la parte de la estructura con mayores contenidos metálicos, de esta manera se elimina la dilución en todo lo posible. Aunque el costo por tonelada aumenta con respecto al tumbado sobre carga, ya que en cada corte que es efectuado se agrega un costo adicional del relleno y de las obras de preparación (pivoteos, desbordes, instalación de servicios de agua y aire, etc.).

En este sistema de explotación el mineral es tumbado en capas horizontales empezando por la parte inferior del rebaje o bloque mineralizado hacia arriba. El mineral tumbado es rezagado, posteriormente el block es relleno con tepetate sirviendo este relleno como soporte de las tablas y como piso para comenzar otro nuevo corte. El material de relleno es tepetate (material de ley mineral baja) que proviene de las obras de preparación para los rebajes como: rampas, cruceros, contrapozos, desbordes, túneles de exploración etc.

El sistema consta de 3 etapas de que son por su orden:

- * Barrenación y tumbado.
- * Rezagado del mineral.
- * Rellenado.

8.1.1. Aplicación.

El sistema de corte y relleno con tepetate puede aplicarse a vetas con inclinación mayor de 50 grados y con mineral razonable firme. Una de las grandes ventajas de este sistema es la flexibilidad y el alto grado de extracción, siendo este el motivo de ser usado en minerales con leyes irregularmente distribuidas y minerales de alta ley. El mineral en block central se encuentra con una ley de Au de 4.6 g/T y 220 g/T de Ag.

8.1.2. Preparación.

La preparación del sistema después de concluir es limitar la longitud y el echado de la zona económica de una estructura consiste en:

1. Desarrollo de un nivel de acarreo a lo largo del bloque delimitado, o rampa de servicios al bajo de la veta.
2. Desarrollo de cruceros para acceder a la estructura, a partir de la rampa de servicios.
3. Desarrollo de contrapozos de servicios y contrapozo metalero.
4. Colado de una loza de concreto de un metro de espesor, la cual es fabricada con tepetate y cemento en relación (30-1), para el agua aún no se tiene estimada su relación, la cual nos ayuda al sostenimiento del rebaje y a la vez nos ayuda a recuperar 100% el bloque mineralizado por lo tanto se paga la relación de esta.

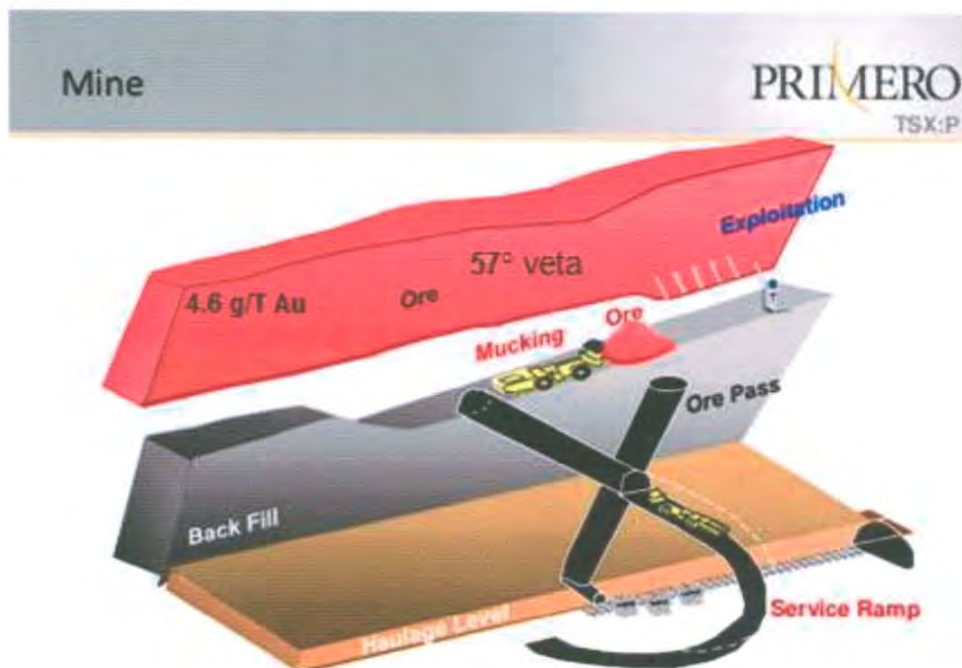


Figura 13. Esquema corte y relleno.

8.1.3. Barrenación.

En este sistema de explotación se pueden llevar a cabo distintas formas de barrenación, los más comunes son, la horizontal y la vertical, dependiendo de las condiciones del mineral.

La diferencia que existe en los diferentes tipos de barrenación, es que cuando se inician los barrenos verticales, se tiene un mayor aprovechamiento del mineral, ya que el

perforista puede meter más barrenos en menos tiempo, el inconveniente sería, que al hacerlo de este modo, implica que el cielo del rebaje no quede parejo. El barrenar horizontalmente produce un menor aprovechamiento del mineral, por lo que el perforista tiene espacio solo para determinados barrenos, la ventaja es que el cielo del rebaje queda parejo, al momento de la pegada.

Antes de que la cuadrilla perforadora empiece a trabajar, el supervisor de turno tendrá que marcar una línea de rezagado, esta línea se marca a partir del piso, hasta un metro de altura, esto indica al operador del cargado frontal (scoop-tram), que a partir de esa línea hasta un metro de profundidad todo el material que se encuentre será mineral, después de ese metro de material que se encuentra será tepetate por lo que no deberá extraer dicho material.

8.1.4. Rezagado y acarreo.

Una vez que la barrenación y explotación se haya llevado a cabo, es hora de que el equipo de rezagado entren en operación, los cuales se guían por medio de la línea de rezagado anteriormente mencionada, para así poder sacar el mineral y llevarlo a sus respectivos cargaderos. El rezagado se realiza mediante scoop-tram, el mineral es extraído de los rebajes y llevados hasta los contrapozos metaleros los cuales van a dar a las tolvas ubicadas en la contrafrente general de acarreo (niveles inferiores), en donde el mineral es acarreado por medio de camiones de volteo con capacidad de 7 m³, hacia planta Tayoltita, la distancia de acarreo desde interior mina hacia la planta es de 9.5 kilómetros. Una vez terminado el rezagado, viene la parte final del ciclo del sistema Corte y Relleno, la cual consiste en rellenar con tepetate el espacio vacío por el mineral extraído. El tepetate es el mineral sin ley, o bien mineral de poco interés, que se utiliza para subir el nivel del piso del rebaje, para el siguiente corte, además de que el relleno sirve como soporte de las tablas. Este material también es obtenido también de las obras de preparación, siendo el caso de desarrollo de rampas, cruceros, etc. El tamaño de partícula para el relleno varía de 11''-5'' o hasta de menor, dado que el material es obtenido de voladuras, lo que hace heterogéneo el material de relleno.

El supervisor de cada turno tendrá que marcar la línea de relleno, la cual estará ubicada a 2 m. Partiendo del piso del rebaje, esta le servirá al operador del cargador frontal, para una vez que se haya rezagado, se pueda empezar a rellenar con tepetate, y así comenzar de nuevo con el ciclo

8.2. Barrenación larga (Long Hole).

El método de tumba por subniveles por barrenación larga se clasifica dentro de los rebajes naturales soportados. Este se aplica a depósitos de tipo:

- Tubular (chimeneas)
- Estratiformes (Mantos de gran potencia)
- Tabulares (Vetas anchas y angostas)
- El ángulo de buzamiento debe de ser mayor a 45° o superior al ángulo de reposo del mineral fragmentado.

En este método el mineral se tumba a partir de los subniveles, realizando cortes de piso en forma de bancos por medio de barrenos largos colados de arriba hacia abajo y de subnivel a subnivel por medio de abanicos de barrenación o anillos de barrenación colados de abajo hacia arriba y de subnivel a subnivel. El mineral debe caer o rodar por gravead hasta las tolvas de captación (drawpoint), de ahí a los cruceros de extracción colados estratégicamente a la altura del nivel inferior de acarreo y perpendiculares a este. Los pilares de piso en el nivel de tolvas, normalmente se diseñan en forma regular, ya que estos formaran en la parte superior, el piso del rebaje, y por la parte inferior el techo del nivel principal de acarreo.

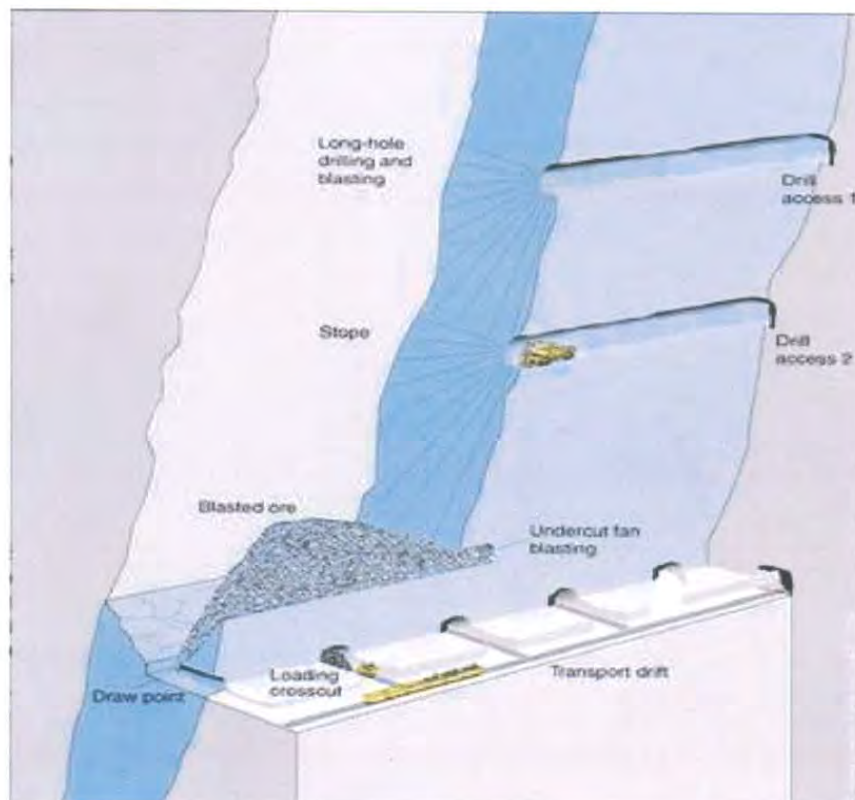


Figura 14. Esquema de Barrenación larga.

El método es aplicable a cuerpos minerales con características de alta competencia y con echados mayores a 45° con objeto de que dicho ángulo resulte mayor al de reposo del mineral fragmentado. Con lo anterior se logran resultados eficientes en las operaciones de rezagado, ya que de esta manera el flujo del mineral se hace por acción de la fuerza de gravedad hacia la zona de extracción. La preparación de los rebajes se inicia en la parte inferior del cuerpo con un acceso de rebaje comunicado a la rampa principal. Se cuelan contrapozos dentro del cuerpo para delimitar el rebaje y posteriormente se procede a colar los cruceros de extracción en el nivel principal, así como la apertura del primer subnivel inmediato superior o subnivel de conos. Se comunican los cruceros de extracción a dicho subnivel y se deja listo para formar los conos. Se continúa el cuele de los subniveles superiores y la profundización de la rampa principal.

En algunos de los casos es necesario llenar los pilares después de ser extraído el mineral esto va a depender de la estabilidad que se tenga en el terreno si tenemos una buena estabilidad no es necesario volverlo a rellenar.

La producción por barrenación larga es considerada como la más eficiente de todos los métodos de minado a gran escala usados hoy en día en el distrito San Dimas dado que las estadísticas de producción normalmente muestran bajos costos con extracción grande y eficiente de mineral.

La supervisión de barrenación y voladuras es fundamental, ya que por este método se puede tener un buen control para evitar el fracturamiento de tablas y respaldos por efecto de sobre barrenaciones indeseables que darían índices de dilución muy altos.

En block central se cuentan con parámetros que se deben de supervisar al estar barrenando entre los cuales tenemos:

- La sección marcada en la obra debe ser la que se indica en la hoja de sección.
- La máquina tiene que estar alineada con las líneas de sección y perpendicular a la veta.
- El ángulo de inclinación debe corresponder al que está planeado en la hoja de sección.
- Respetar el ángulo de salida que generalmente es de 85° este punto es muy importante para guardar el paralelismo entre líneas.
- Llegar la barrenación a los metros planeados de acuerdo al barreno y sección correspondiente.

Equipo de rezagado, acarreo, barrenación y anclaje.



Scooptram



jumbo anclador



Jumbo barrenador



camiones de acarreo

9. Procesamiento del mineral.

Después de haber explotado el mineral y acarreado mediante camiones de volteo hacia la planta Tayoltita el mineral extraído de la mina entra en el etapa de trituración primaria que se realiza con una quebradora cono reduciendo el material a un tamaño de 8" a 6" la planta de Tayoltita procesa minerales de todo el distrito y su capacidad de producción actual es de 2,500 toneladas por día. Las instalaciones de la planta son una operación ordinaria que utiliza cianuración y precipitación con zinc, para la extracción de oro y plata. La planta de Tayoltita utiliza minería con molino de bolas de una sola etapa y trituración fina antes del circuito de lixiviación. La lixiviación se completa en un conjunto de tanques que brindan 72 horas de tiempo de permanencia en el fluido de lixiviación. La solución imprégnate se recupera en un circuito de decantación contra corriente método para la separación sólido-líquido (CCD, por sus siglas en inglés) del el oro y la plata que se recuperaron de la solución del circuito de precipitación con zinc. Los residuos se bombean mediante una estación de bombeo de una sola etapa recientemente instalada hasta el área de embalse de residuos en un cañón encajonado ubicado al este de la planta. El precipitado de oro y plata se refina mediante la utilización de un horno de inducción para producir barras de dore de 1,000 onzas, después las barras son enviadas a refinerías en Estados Unidos.

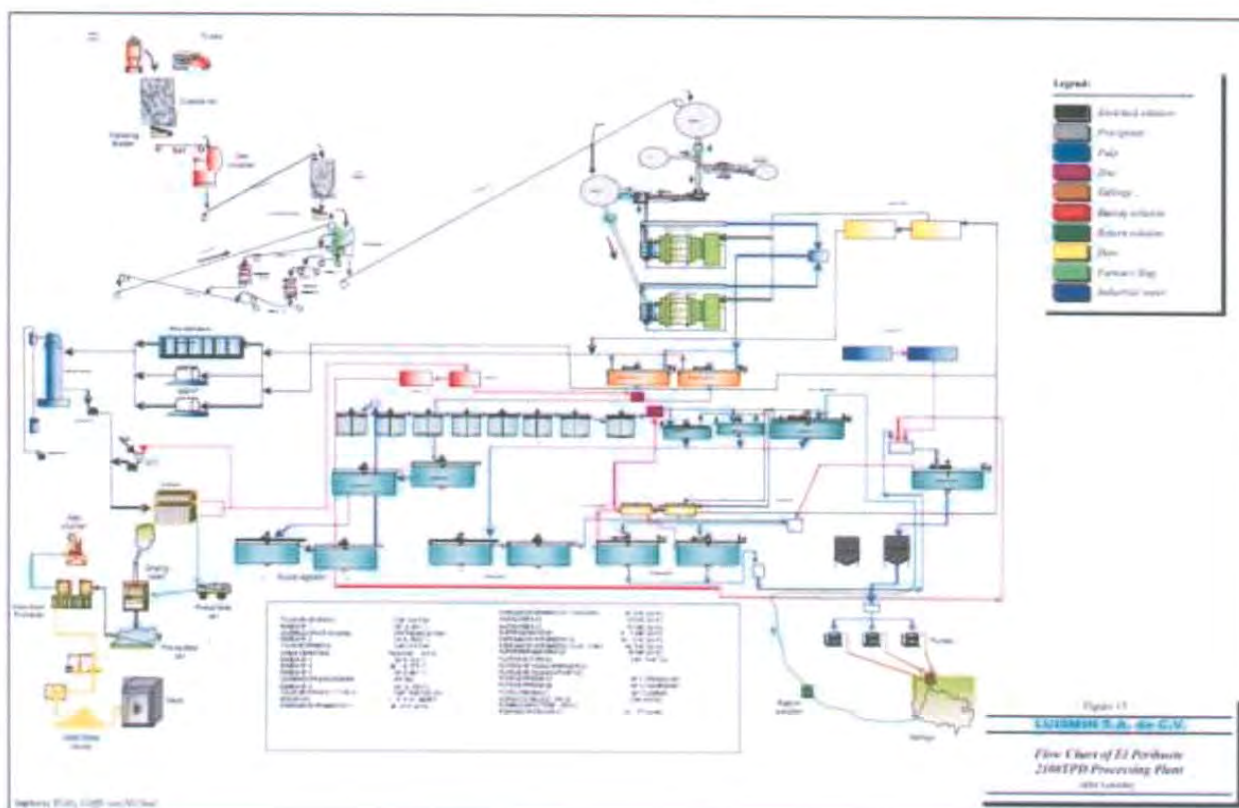


Figura 16. Diagrama de flujo planta Tayoltita.



Figura 17. Diagrama general San Dimas.

10. Área de trabajo y aportaciones del alumno.

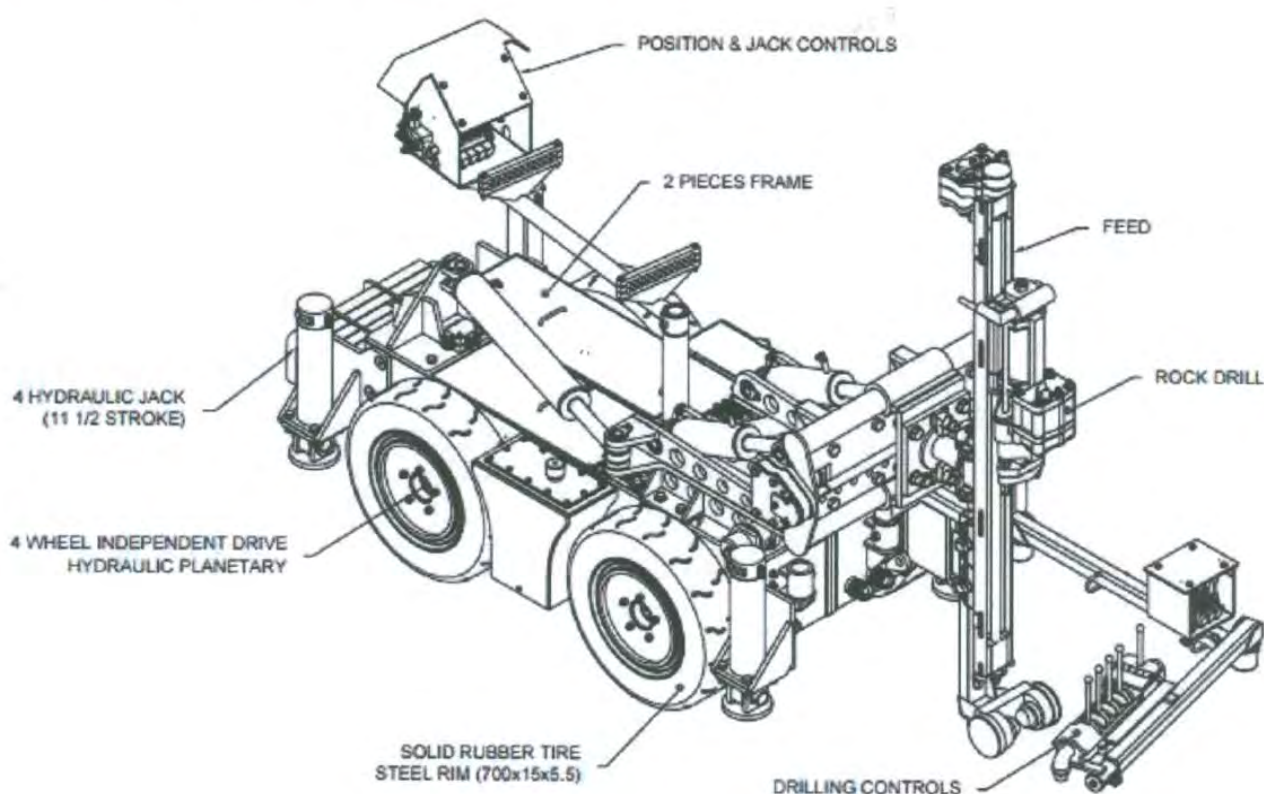
Después de explicar las generalidades, métodos de barrenación y en general como funciona la mina, se hace un espacio para conocer más del trabajo diario que realizaba el alumno y también mostrar las gráficas de los estudios hechos como aportación para la mina.

El departamento de barrenación larga es una de las áreas más recientes dentro de la mina, una de las actividades con más producción en toneladas para ayudar a completar la cuota requerida mensualmente. En este departamento fue donde el alumno apoyó y llevó a cabo las prácticas profesionales.

Para conocer más a fondo las actividades que se realizaron durante las prácticas se describe a continuación un día de trabajo desde el inicio del turno hasta el final.

La transportación hacia la mina es de las oficinas ubicadas en el municipio Tayoltita alrededor de las 6:30 a.m., desde ese momento se empieza a tomar el tiempo para llevar un control de todas y cada una de las demoras o posibles problemas que se puedan presentar en el día para la actividad de barrenar, la distancia hacia la oficina de barrenación larga ubicada dentro de la mina es aproximadamente de unos 7 kilómetros y nos lleva de 20 a 25 minutos llegar, una vez que está todo el personal, supervisores y el jefe del departamento se da inicio a él pueblo de cada cuadrilla de trabajo, se cuentan con 3 máquinas barrenadoras en el departamento puesto que son 3 cuadrillas de trabajadores las que se deben de poblar y proveer de las herramientas necesarias para la barrenación como lo son los láser de doble punta, nivelador, hojas de las secciones de los barrenos, brocas, agua y un vehículo de transporte para dirigirse al sitio de barrenación esto seguido de una plática de seguridad impartida por el Ing. Manuel Nevares jefe del departamento o ya sea por alguno de los supervisores, para las 8:00 a.m. las cuadrillas van en camino a su área de trabajo, el alumno se dirige a su máquina perforadora donde está realizando el estudio con una de las cuadrillas, al llegar se tiene que hacer un chequeo general de la maquina MTI, el cual consiste en checar los niveles de aceite que ésta requiere, si hace falta es necesario llenar hasta los niveles indicados, checar también un posible daño por caída de roca en el sitio a la maquinaria, atoros de las barras del turno anterior extraerlas si es el caso. Una vez realizado el chequeo se procede a amacizar el terreno con una barra de acero, esto se debe hacer diariamente en cada área de trabajo como se nos informa en la plática de seguridad, ya amacizado y realizado el chequeo de maquinaria procedemos a revisar las hojas de las secciones a Barrenar, una vez identificado el próximo barreno de la hoja de sección en el terreno procedemos a nivelar la máquina, misma que cuenta con

cuatro gatos de levante para no quedar desnivelada en los terrenos imperfectos de los lugares de trabajo, el láser doble nos indica que estamos ubicados correctamente cuando los dos puntos están en la línea de sección marcada por el supervisor, la máquina trabaja con 5 palancas con diferentes funciones, una para la percusión, el avance y retroceso de barras, una para el inyector de agua, inyector de aire y otro para la rotación. A continuación se muestra una figura de la máquina barrenadora y la hoja de secciones para barrenar utilizadas en el sitio.



Maquina: T-22							
Ubicacion superior	Num. Barreno	Inclinacion DIP	Long. Barreno	Referencia Linea Offset	DUMP	Long. Maxima	Observaciones
			m	m		m	
A	1	74'	7.9	2.75	85'	7.9	NBT
B	2	73'	7.6	1.85	85'	7.6	NBT
C	3	73'	7.4	0.95	85'	7.4	NBT
	3		22.9	3			

Figura 18. Maquina CMAC-PLH y hoja de secciones de barrenación.

Generalmente la barrenación empezaba entre 9:00 a.m. y 10:00 a.m. esto con excepciones por falta de agua, electricidad o de acero que se presentaron en algunos casos e impedían realizar el trabajo hasta horas más tarde, la cuota diaria por turno para cada cuadrilla es de 90 metros, los barrenos que realizábamos eran alrededor de 15-11 metros con barras de 1.21 metros de longitud, lo que nos llevaba a utilizar de 12-10 barras por barreno según la sección indicada, el tiempo aproximado para cada barreno era alrededor de 1 hora 20 minutos claro que esto variaba gracias a los diferentes factores que se presentaran como lo era el terreno donde nos encontrábamos barrenando, problemas a la hora de estar barrenando como el atoro de barras, falta de agua, electricidad, habilidad del operador, entre otros. Para lograr la cuota por turno era necesario hacer por lo menos 6 barrenos lo cual en la mayoría de los casos no se lograba debido a los factores anteriormente mencionados. Al final del día se procedía a guardar las herramientas y hacer un lavado de la maquina MTI.

Ese fue en si un ciclo del trabajo diario realizado durante las prácticas, ahora procedo a decir la función del practicante en ese ciclo. Desde el inicio se tomaban los tiempos de cada actividad que se lleva a cabo para la barrenación, desde el momento que se tomaba el transporte a la mina hasta el momento que se tomaba el mismo de vuelta a Toyoltita, la supervisión dentro del área de barrenación era una de las tareas que el jefe del departamento y los otros supervisores nos otorgaron puesto que el practicante estaba el 100% del tiempo en el área de trabajo con los operadores y ayudantes, actividad que ellos no podían realizar ya que están en otras áreas apoyando o con otras actividades, supervisión que complementaba checar todas las normas que lleva una barrenación adecuada como lo es: chequeo de maquinaria, nivelación correcta, cuidado del equipo, lavado al final del ciclo, utilización de brocas al 100% ésta actividad fue donde se tenía problemas dado que recientemente se le paga al operador por metro barrenado durante su trabajo y constantemente los operadores tomaban brocas nuevas al empezar su turno y si ésta les presentaba problemas la tiraban y tomaban otra nueva para barrenar más fácilmente, al principio fue difícil puesto que a las cuadrillas no les parecía que los estuvieran supervisando el turno completo pero con el tiempo se llegó a un ambiente agradable de trabajo, haciéndoles saber que ese era el labor del alumno, llegar a conocer los problemas que se tenían para no completar la cuota diaria asi como supervisar las labores para que se concretaran correctamente.

10.1. Estudios y gráficas de Tiempos, movimientos y consumo de acero.

La finalidad de este estudio es el conocer la cantidad de acero que estamos gastando al momento de llevar acabo la barrenación por día, turno, semana y mes, puesto que la empresa adquirirá las dos máquinas que la empresa Taurus rentaba para sus servicios así como la máquina nueva (MTI) y se tiene planeado adquirir otra más, anteriormente esta misma empresa contratista nos proveía el acero necesario. En un futuro se piensa llevar el control adecuado para que no se frenen las operaciones de Long Hole por escases de material de acero.

Se busca también tener un control y conocimiento más específico de los tiempos y movimientos que se estén presentando en la máquina barrenadora, estar familiarizado con las fallas más comunes que se tenga, paros y tiempos muertos que se estén generando y hacer todo lo posible por eliminarlos o reducir todo lo que este obstruyendo la barrenación, en base a los datos que obtuvimos dentro de la estancia de nuestras prácticas profesionales.

El estudio fue realizado en la máquina más reciente adquirida (MTI) con un período pensado de un mes, el cual no se pudo terminar dado que la máquina presentó problemas del sistema hidráulico. Aun así con los datos que obtuvimos pudimos sacar una relación aproximada del acero que se gasta por metro barrenado, problemas más comunes que se presentan, y una estimado del material que se necesitará para llevar adecuadamente la operación. Cabe mencionar que puede variar el tiempo de vida útil que tiene el acero al momento de barrenar, esto depende de varios factores, como la destreza para maniobrar la máquina de cada trabajador y las decisiones que se tomen al momento de presentarse problemas como el atoro de barras, uno de los más frecuentes, las condiciones de terreno que se tengan como es la dureza de la roca, presencia de cuarzos entre otras.

10.2. Acero.

10.2.1. Brocas.

El consumo de brocas en block central se tenía sin control, por esto se decidió realizar el estudio de consumos, en el cual podemos llegar a las índices de insumos del acero en brocas utilizadas. En los últimos meses los metros barrenados no alcanzaban la cuota mensual de producción asignada al departamento, se optó por dar un bono de producción a los barrenadores que alcanzaran más metros en el mes, esto ocasionando un problema también en cuanto a la vida útil de las brocas ya que en el inicio del barreno (broca nueva) es más fácil la perforación y los operadores no estaban haciendo el uso de la broca al 100%, cuando empezaba a dificultarse la barrenación hacían cambio de broca dejando desperdicio en brocas a medio usarse. Esto sumado a la destreza del operador para barrenar ocasionaba que la broca no cumpliera su vida útil, en muchos de los casos se atoraban las barras perdiéndose la broca dentro del barreno. En la siguiente gráfica se muestra los metros barrenados por 7 brocas en la máquina recién adquirida de MTI TMAC-LPH en un periodo de 14 días.

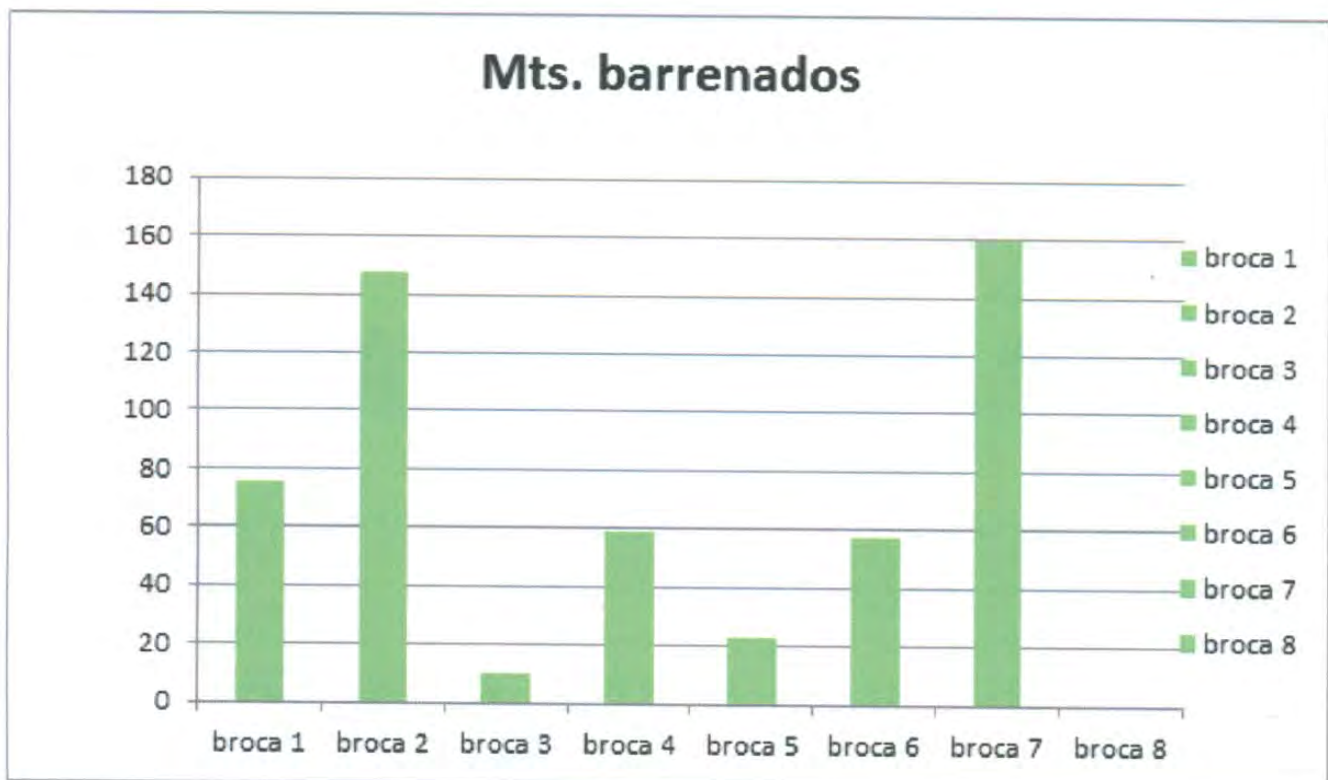


Figura 19. Grafica de barras metros barrenados.

Si sacamos un promedio tenemos que una broca de 64mm tiene una vida útil de aprovechamiento de 150 metros en una zona donde la dureza de la roca es promedio (ni muy dura ni muy blanda) podemos realizar una tabla que nos diga cuánto dinero se desperdicia debido al atoro de barras y brocas así como su vida útil que se ha tenido durante el estudio que realizamos, en este caso utilizamos las broca del proveedor Boart.

Descripción	Precio Unit.		Cantidad	Costo		Dif.
	Boart	Atlas		Boart	Atlas	
Zanco	187	228	1	187	228	-41
Barra 4ft	271.14	339	1	271.14	339	-67.86
Broca 115	288.72	356	1	288.72	356	-67.28
Broca 152	496.2	515	1	496.2	515	-18.8
Broca 64	134.7	217	1	134.7	217	-82.3
				1377.76	1655	-277.2

BROCAS	PRECIO UNITARIO P/BROCA	%VIDA UTIL	PERDIDA \$ DLLS
Broca 1	134.7 Dlls	50.4%	66.88
Broca 2	134.7 Dlls	98.4%	2.16
Broca 3	134.7 Dlls	7.2%	125.01
Broca 4	134.7 Dlls	39.2%	81.9
Broca 5	134.7 Dlls	15.46%	113.88
Broca 6	134.7 Dlls	38.4%	82.98
Broca 7	134.7 Dlls	106.4%	0
Broca 8	134.7 Dlls	62.4%	50.65

TOTAL: 532.38
(14dias)

Teniendo estos datos se hizo la relación de cuantas brocas se deben de tener almacenadas para la operación de Long hole en las 3 máquinas barrenadoras con las que se cuentan hoy en día, teniendo así la noción de cuánto nos costará el consumo de Brocas aproximadamente en períodos de turno, día, semana, mes y hasta por un año. Se utilizaron los dos proveedores para tomar una decisión de cual será más costeaible la compra, el precio aumenta en cuanto a calidad del acero. La tabla se muestra en la siguiente página.

TIEMPO	Metros barrenados	# DE BROCAS	COSTO EN DLLS BOART	COSTO EN DLLS ATLAS
Por turno	270m	2	269.4	434
Por día	540m	7	942.9	1,519
Por semana	3,780m	25	3367.5	5,425
Por mes	16,200m	108	14,547.6	23,463
Por año	194,400m	1296	174,571.2	281,232

Figura 20. Tabla de precios y almacenamiento de brocas.

El estimado de brocas que estamos dando en este reporte es en base a la cuota diaria por turno que se tiene, la cual son 90 Mts. Cuota que se cumple pero no en todos los casos debido a las diferentes situaciones que se presentan para barrenar adecuadamente. Sin embargo es esencial tener en nuestro almacenamiento el número de brocas aquí indicadas para no frenar la operación por falta de acero como se ha visto en algunos casos.

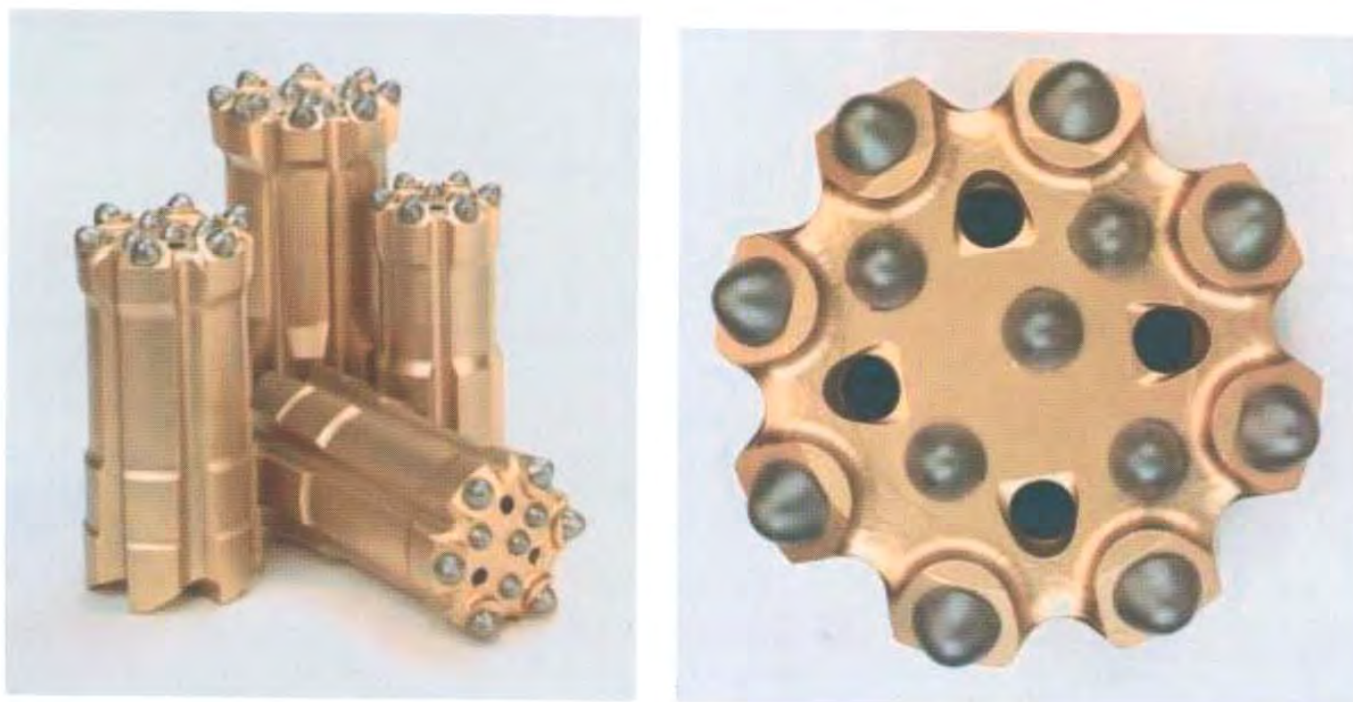


Figura 21. Brocas boart.

10.2.2. Barras y zancos.

En el caso de las barras y los sancos es difícil o casi nunca se logra que cumplan su vida útil a diferencia de las brocas, puesto que al momento de cambiar una pieza u otra se hace por alguna falla o la habilidad de cada operador para maniobrar la máquina, el cambio de barras que observamos siempre se dió por el atoro de estas o se quebraban en el proceso extracción, nunca se cambió ninguna barra solo porque ya había completado su vida útil, aunque según los operadores si ay casos donde la barra empieza a perder su figura hexagonal y es necesario cambiarla. Al igual los sancos se cambian por alguna falla o forcejeo de la maquina lo cual lo lleva a que se quiebre. En la siguiente gráfica se presenta la pérdida de barras y zancos durante el período de 3 semanas.

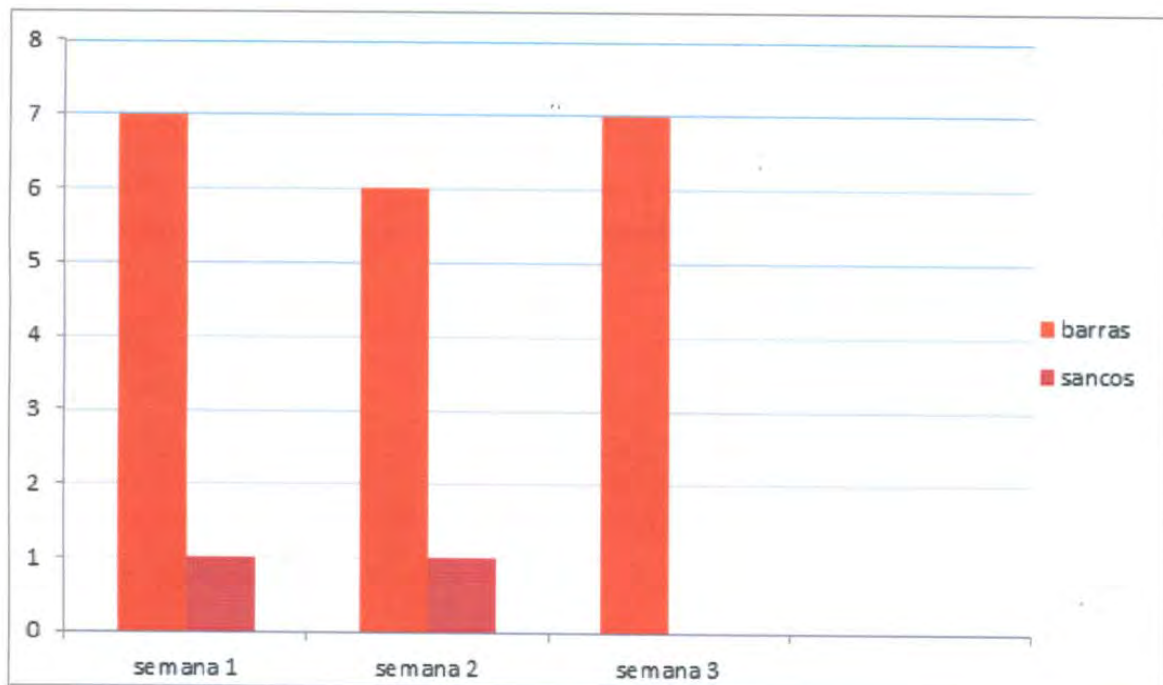


Figura 22. Gráfica de barras y zancos.



10.3. Tiempos y movimientos.

Como anteriormente mencionamos el departamento de barrenación larga no estaba cumpliendo con la cuota mensual de metros barrenados necesarios para la producción de la mina, en base a esto se realizó el estudio de tiempos y movimientos en la barrenadora CMAC-PLH (nueva) para conocer las primeras causas que estaban frenando las operación e impidiendo la cuota mensual.

Los problemas que se presentaron fueron detectados antes y después del ciclo de barrenación, en base a estos datos se elaboraron las siguientes graficas de barras.

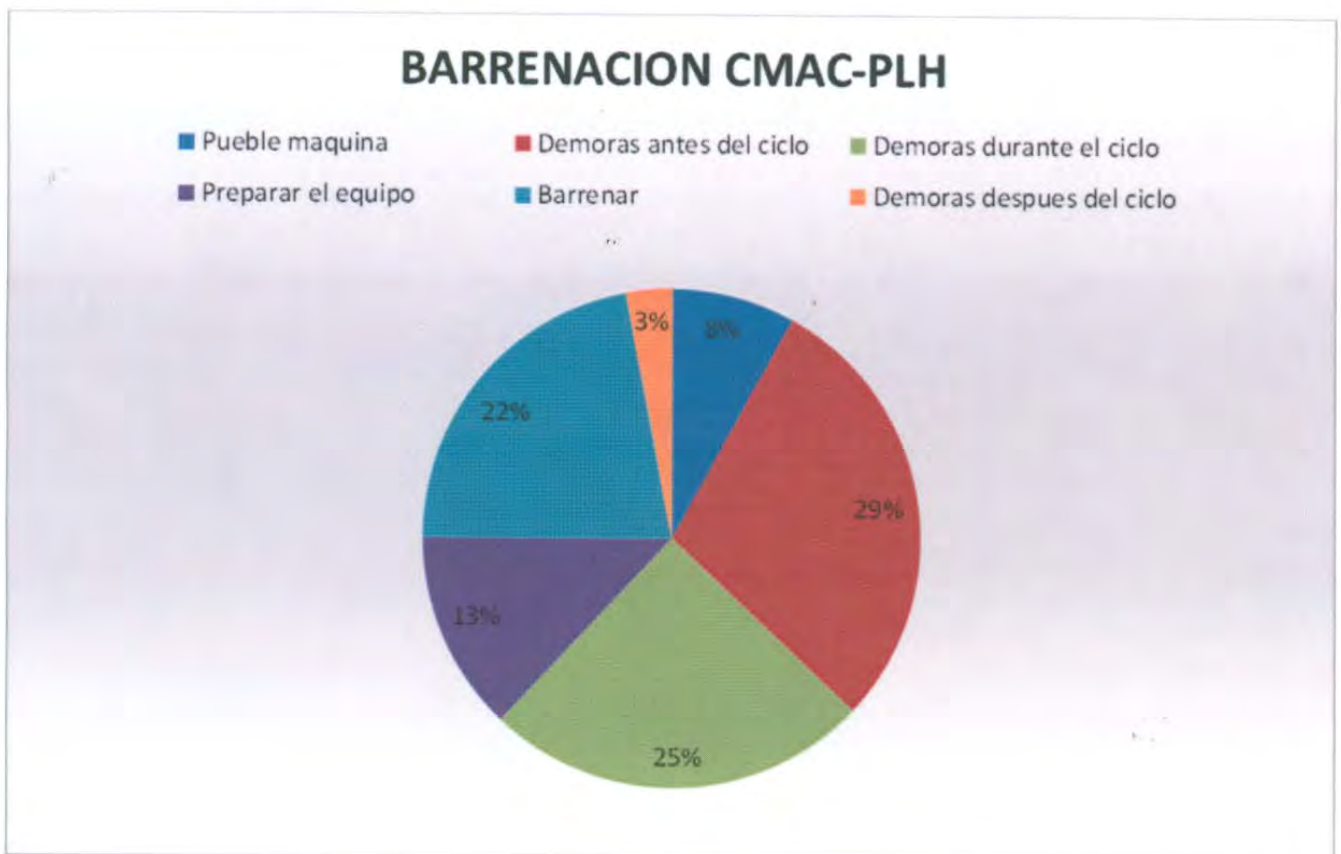


Figura 23. Gráfica de tiempos y movimientos.

Debido a la gran pérdida de tiempo durante la estancia de trabajo fue necesario desglosar más graficas enfocadas en las demoras entrando en detalles de las fallas más comunes para así determinar el mayor factor que impide realizar más barrenos durante el turno laboral. En las siguientes gráficas se desglosan los problemas comunes ocurridos antes y durante el ciclo de barrenación, con el fin de analizar a detalle el problema que impide iniciar la operación a tiempo en el inicio del turno.

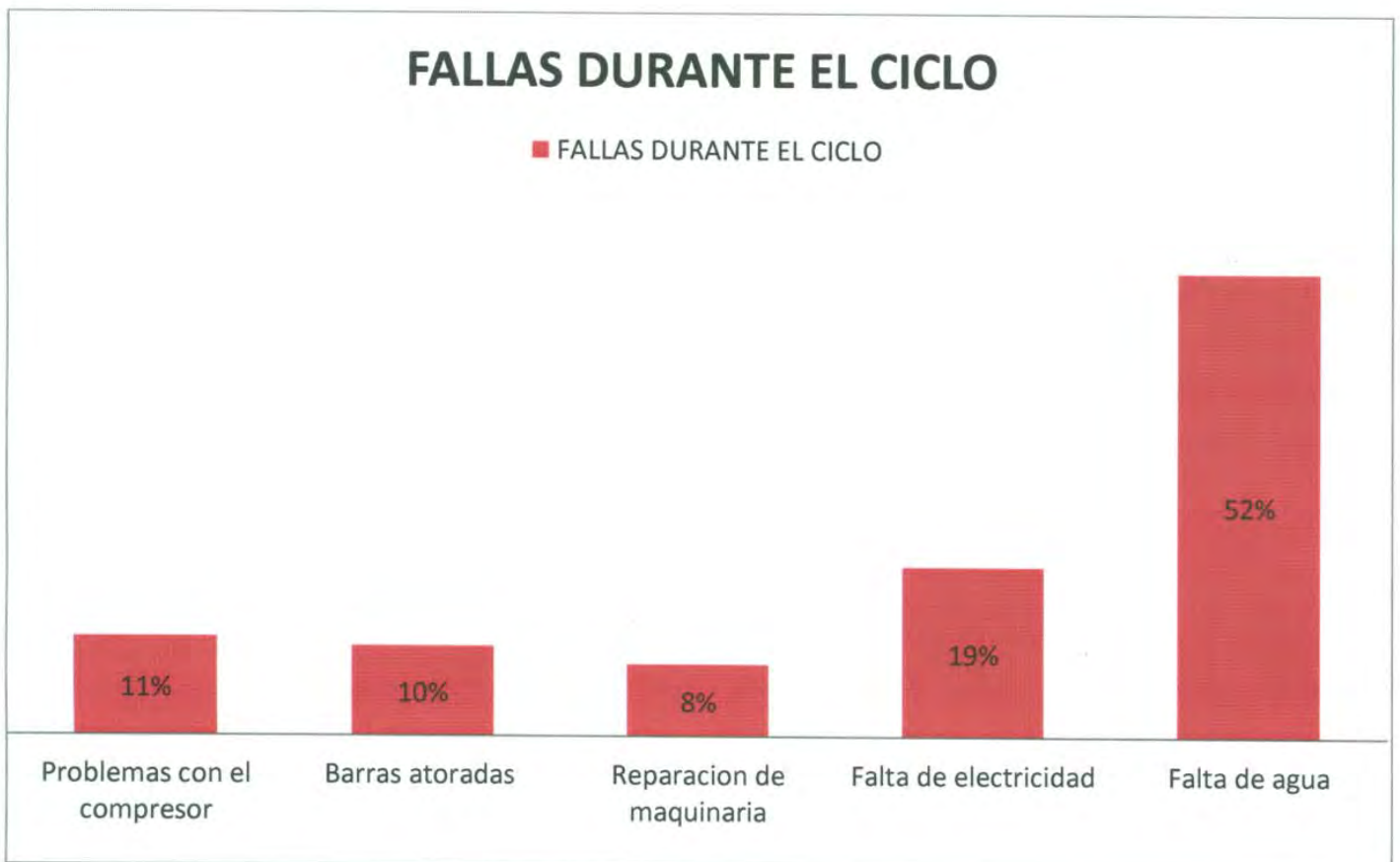
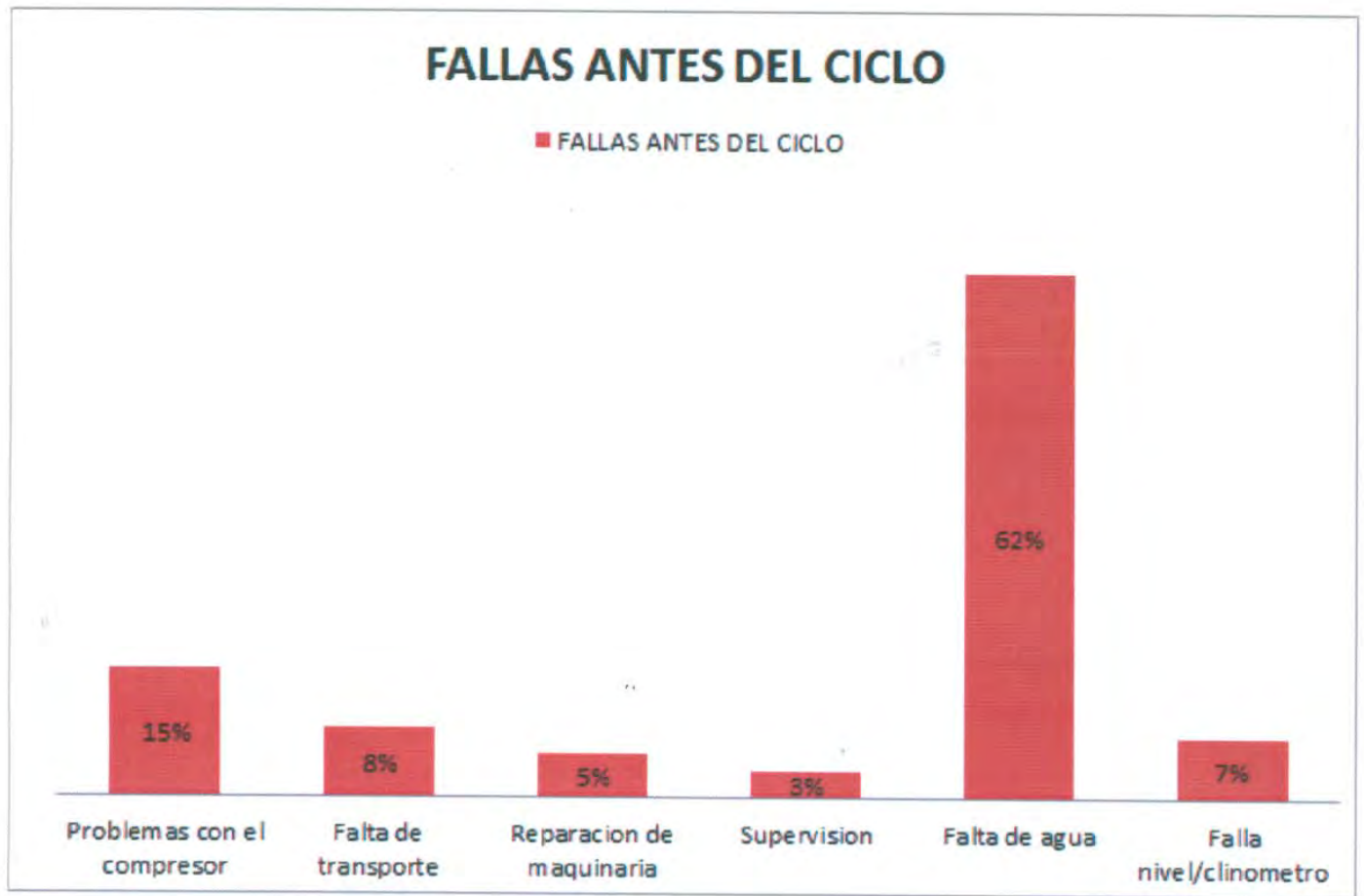


Figura 24. Graficas de barras fallas de barrenación.

Estos análisis fueron datos obtenidos del formato elaborado para tomar nota diariamente de los problemas para barrenar. El formato se muestra en la siguiente figura.

No. Barreno	Broca	Actividad Productiva	Hora de Inicio	Hora de Termino	Tiempo Activo (Min)	Actividad No Productiva	Hora de Inicio	Hora de Termino	Tiempo Muerto (Min)	Tiempo Parcial (Min)	Tiempo Total (Min)
2	2.5IN	Traslado al sitio	23:35	23:55	20					20	
		Recarga de aceite	23:55	23:57	2					2	
		Perforación con Barra #5	23:57	23:59	2					2	
		Perforación con Barra #6	23:59	00:02	3					3	
		Perforación con Barra #7	00:02	00:04	2					2	
		Perforación con Barra #8	00:04	00:05	1					1	
		Perforación con Barra #9	00:05	00:07	2					2	
		Perforación con Barra #10	00:07	00:09	2					2	
		Perforación con Barra #11	00:09	00:11	2					2	
		Perforación con Barra #12	00:11	00:13	2					2	
		extraccion de barras	00:13	00:18	5					5	
3	2.5 IN	Reubicación, nivelacion	00:18	01:18	60	falla del laser	12:20	01:11	51	60	
		Perforación con Barra #1	01:18	01:26	8					8	
		Perforación con Barra #2	01:26	01:28	2					2	
		Perforación con Barra #3	01:28	01:29	1					1	
		Perforación con Barra #4	01:29	01:31	2					2	
		Perforación con Barra #5	01:31	01:33	2					2	
		Perforación con Barra #6	01:33	01:34	1					1	
		Perforación con Barra #7	01:34	01:36	2					2	
		Perforación con Barra #8	01:36	01:38							
		Perforación con Barra #9	01:38	01:41	3					3	
		Perforación con Barra #10	01:41	01:43	2					2	
		Perforación con Barra #11	01:43	01:45	2					2	
		Perforación con Barra #12	01:45	01:47	2					2	
		Recuperacion de Barras	01:47	01:52	5					5	
										94	
4	2.5 IN	Reubicacion, nivelacion	01:52	01:56	60					60	
		Engrasado de maquinaria	01:56	02:09	13						
		Perforación con Barra #1	02:09	02:11	2					2	
		Perforación con Barra #2	02:11	02:13	2						
		Perforación con Barra #3	02:13	02:14	1					2	
		Perforación con Barra #4	02:14	02:16	2					3	
		Perforación con Barra #5	02:16	02:18	2					1	
		Perforación con Barra #6	02:18	02:20	2					2	
		Perforación con Barra #7	02:20	02:22	2					2	
		Perforación con Barra #8	02:22	02:24							
		Perforación con Barra #9	02:24	02:26	2					2	
		Perforación con Barra #10	02:26	02:29	3					2	
		Perforación con Barra #11	02:29	02:31	2					2	
		Perforación con Barra #12	02:31	02:34	3					2	
Recuperacion de Barras	02:34	02:40	6					6			
										38	

Figura 25. Formato de tiempos y movimientos.

11. Conclusión y recomendaciones.

Son muchos los factores que evitan realizar el trabajo con la máxima eficiencia. Los problemas son inesperados, no depende solo de la supervisión del área y los trabajadores, sino también de la falta de recursos indispensables como lo es el agua y electricidad que la mina debería proveer para que no haya paros en las actividades realizadas para la explotación del mineral como lo son las actividades de Long Hole, en lo personal creo que falta más organización dentro de la mina para llevar a cabo la extracción del mineral.

Gracias al estudio realizado se podrá tener más claro de ahora en adelante los puntos clave en los cuales se está fallando o bien por los cuales se obstruye la barrenación así como identificar a fondo los tiempos muertos y sus causas, tomándole importancia y así tratar de reducir todos esos tiempos para aumentar la producción. Sin duda alguna los equipos son muy eficientes, solo falta un poco más de cuidado y organización en su operación.

Según mi punto de vista las posibles soluciones para prevenir averías en máquinas son:

- *Capacitación continua tanto de operadores como ayudantes.
- *Chequeo preventivo de los equipos por supervisores.
- *Condición de trabajo seguro.

En el tiempo compartido con los trabajadores he concluido que la actitud del personal influye mucho en un lugar de trabajo y en la productividad. Posibles soluciones para evitar personal inconforme:

- *Ventilación adecuada en el área que se esté laborando.
- *Incentivar al equipó de trabajadores sobresalientes.
- *Mayor atención con supervisión constante a equipos o cuadrillas conflictivas y negativas.
- *Herramientas de trabajo (nivel/clinómetro) funcionando al 100%, para evitar disgustos en el personal.

12. Experiencia adquirida.

El alumno conoció al ámbito de una mina subterránea, los diferentes equipos que se utilizan para las operaciones como también los métodos de explotación que se tiene en el sitio. Conforme a eso en un futuro le será útil y podrá tomar decisiones frente a problemas que se puedan presentar en un trabajo de minería subterránea.

También se adquirió experiencia en barrenación, dado que en esta área de trabajo participo la mayoría de las prácticas profesionales, se logró identificar un problema dentro de la mina y realizar un estudio acerca de las razones y posibles soluciones acerca de este, esto será útil para los trabajos a realizar en alguna otra compañía minera.

El trato con la gente y la supervisión no es nada fácil, tienes que aprender a tratar con los trabajadores y juntos llegar a tener un área de trabajo comfortable para que la producción se logre satisfactoriamente, durante el mes de estar en las prácticas se logró adquirir ese conocimiento.