



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Proyecto para optimizar disparos con  
20 pies de profundidad, en los  
rebajes de la unidad Milpillas de la  
Cía. Minera La Parreña S.A de  
C.V., Mpio. de Santa Cruz, Estado de  
Sonora**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de

**Ingeniero de Minas y Metalurgista**

**P R E S E N T A**

Erick Delgado Corona

**ASESOR DE INFORME**

M.C Víctor Manuel López Aburto



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018

## **Agradecimientos**

Quiero agradecerle a mi madre por haberme dado la vida y su amor, sin ella nada de esto hubiera sido posible de lograr.

A mi padre le doy las gracias por haber impulsado mi carrera, sin su apoyo, comprensión, guía y sobre todo su amor, no habría podido terminar mi carrera.

A mi gran amor Yara Enguilo, con ella a mi lado todo es posible, tú fuiste la razón por la cual pude terminar este trabajo, me has dado la fortaleza para seguir creciendo en mí vida laboral y familiar.

Para mi hijo Erick espero que este trabajo sea una inspiración en tu vida, te amo mucho.

A mi hermano por estar presente en los buenos y malos momentos, siempre te voy a querer.

Al M.C Víctor Manuel López Aburto el cual con su guía y amistad, durante toda mi carrera siempre ha sido un modelo a seguir, espero poder ser tan gran ingeniero como lo ha sido usted durante todos estos años.

Licenciado Carlos Aurelio Bernal Esponda gracias por todo el apoyo que me brindo en forma incondicional y por su gran amistad.

Por último pero no menos importante a todos los ingenieros que he conocido a lo largo de estar trabajando en Peñoles, con los cuales reafirmo mis conocimientos para poder aplicarlos en mi vida profesional gracias.

## ÍNDICE:

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Introducción .....                                                         | 5  |
| I. Generalidades .....                                                     | 6  |
| I.1 Localización y vías de acceso .....                                    | 6  |
| II. Geología .....                                                         | 8  |
| II.1 Ubicación metalogénica regional .....                                 | 8  |
| II.2 Mineralización-alteración .....                                       | 9  |
| II.3 Mineralogía .....                                                     | 11 |
| II.4 Reservas .....                                                        | 13 |
| III. Operación minera actual .....                                         | 17 |
| III.1 Método de explotación .....                                          | 17 |
| III.2 Sistema de extracción .....                                          | 19 |
| III.3 Preparación .....                                                    | 24 |
| III.4 Secuencia de explotación corte y relleno con salones y pilares ..... | 25 |
| III.4.1 Barrenación .....                                                  | 25 |
| III.4.2 Relleno .....                                                      | 28 |
| III.4.3 Cargado de explosivos .....                                        | 30 |
| III.4.4 Voladura .....                                                     | 31 |
| III.4.5. Ventilación .....                                                 | 34 |
| III.4.6. Conceptos básicos de amacice de frentes, rampas y cruceros .....  | 37 |
| III.4.7. Anclaje .....                                                     | 39 |
| III.4.8 Enmallado .....                                                    | 42 |

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| III. 4.9 Método del “Paraguas” .....                                                             | 43 |
| III. 4.10 Instalación de cable .....                                                             | 46 |
| III.4.11 Acarreo de mineral .....                                                                | 48 |
| III. 4.12 Lanzado de concreto .....                                                              | 48 |
| III. 4.13 Sistema de bombeo .....                                                                | 50 |
| III.4.14. Infraestructura de la mina .....                                                       | 52 |
| III.4.9.1 Rampa de Acceso (rampa Guadalupe) .....                                                | 52 |
| III.4.9.2 Malacate de Producción (Tiro Santa Cruz) .....                                         | 55 |
| III.4.9.3 Rebajes de Producción .....                                                            | 60 |
| IV. Planta concentradora .....                                                                   | 63 |
| IV.1 Trituración secundaria .....                                                                | 63 |
| IV.2 Patios de Lixiviación .....                                                                 | 64 |
| IV. 3 Extracción por solventes .....                                                             | 65 |
| V. Variación del método de explotación, llamado en la Unidad Milpillas, tumble sobre carga ..... | 67 |
| V.1 Preparación del rebaje .....                                                                 | 71 |
| V.2 Comparación de resultados obtenidos entre los métodos .....                                  | 81 |
| VI Proyecto de mejora para disparos de 20 pies .....                                             | 83 |
| VI. 1 Proyectos estratégicos Milpillas profundo .....                                            | 83 |
| VI.2 Antecedentes .....                                                                          | 84 |
| VI.3 Procedimiento de cargado .....                                                              | 85 |
| VI.3.1 Definiciones .....                                                                        | 85 |

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| VI.3.2 Riesgos a la seguridad y la salud Cargado ....                               | 87  |
| VI.3.3 Actividades del proceso de cargado .....                                     | 89  |
| VI.3.4 Cargado de Barrenos .....                                                    | 90  |
| VI. 4 Puntos críticos en la barrenación y el cargado .....                          | 92  |
| VI. 4.1 Barrenación .....                                                           | 93  |
| VI. 4.2 Cargado .....                                                               | 94  |
| VI.5 Programa de trabajo para la corrección de los puntos críticos detectados ..... | 97  |
| VI. 6 Resultados obtenidos con las mejoras en la voladura .....                     | 110 |
| VII. Conclusiones y recomendaciones .....                                           | 114 |
| • Referencias bibliográficas .....                                                  | 118 |

## INTRODUCCIÓN

Minera Cuicuilco S.A. de C.V. exploró en el proyecto Milpillás y sus zonas aledañas, durante las décadas de los años 70 y 80, habiendo perforado alrededor de 36500 metros distribuidos en 66 barrenos.

En julio de 1998, Compañía Minera La Parreña S.A de C.V, firmó un contrato de exploración con opción a compra con Minera Cuicuilco (Cyprus) respecto a los lotes mineros que cubren el área.

En el año de 2003, se cierra la operación de compra-venta de Milpillás, después de varias campañas de exploración; en las que Peñoles perforó 110000 metros de barrenación combinada (circulación inversa y barrenación a diamante) con un total de 160 barrenos.

El yacimiento de Milpillás se originó por un proceso de “enriquecimiento secundario de un sistema tipo pórfido cuprífero”, en el que se depositó mineralización de cobre soluble.

Se tratan de mantos superpuestos ubicados entre los 250 y 700 metros de profundidad. Los cuerpos superiores o milpa somero son aportadores de óxidos que se ubican desde el nivel 992 hasta el 1280 y los cuerpos inferiores ubicados desde el nivel 890 hasta el nivel 770 pertenecientes a milpa profundo son aportadores de sulfuros secundarios.

La mayor parte del cobre en Milpillás, ocurre como calcosita en la zona de enriquecimiento supergénico o bien como óxidos de cobre (Cu) in situ y derivados de calcosita. El capote de oxidación que sobreyace y parcialmente disecta a las zonas con cobre es predominantemente hematítico.

Milpillás representa para el Grupo Peñoles la primera operación minera de cobre en un yacimiento tipo pórfido cuprífero. Se arrancó la operación a principios del año 2006 a un ritmo de 6000 toneladas por día (tpd), durante los primeros 4 años y de 9000 tpd los siguientes 10 años. Se estima producir en promedio unas 55600 toneladas de cobre catódico por año.

Las reservas de mineral han sido estimadas hasta el año 2012 en 23,498 millones de toneladas con una ley media de 1.20 % de Cobre.

Para explorar al menos 6 cuerpos mineralizados sensiblemente horizontales; tres someros (k-12, G-inferior, G-222) que consisten principalmente de óxidos verdes (brocantita, antlerita, malaquita, azurita, crisocola y calcantita), en menor cantidad óxidos rojos (cuprita, cobre nativo y delafosita) y óxidos negros (neotocita, Cu-pitch, Cu-wad, tenorita y melaconita). Hasta el año 2012 se desarrolló una rampa de un poco más de 5200 metros de longitud, además de 15700 metros de cruceros, contrapozos y otras obras mineras. También se construyó un tiro circular de 564 metros de profundidad y 7.1 metros de diámetro; se tiene dividido en tres áreas principales: área de producción, área de servicios y camino de emergencias. Se puede ingresar a interior mina por la calesa hasta 14 personas por viaje, cuenta con dos botes con una capacidad de 14.5 toneladas cada uno que se utilizan para el manto de mineral.

## II. GENERALIDADES

### II.1 Localización y vías de acceso

La Unidad Milpilllas se localiza a 20 kilómetros al NW de la ciudad de Cananea, a 100 kilómetros al NE en línea recta de la Ciudad de Magdalena de Kino y a 80 kilómetros al NE de la ciudad de Imuris. El camino es pavimentado y en la mayor parte del año se encuentra en buen estado. Los últimos 17 kilómetros al NE de Cuitaca se hace por un acceso de terracería (Figura 1).

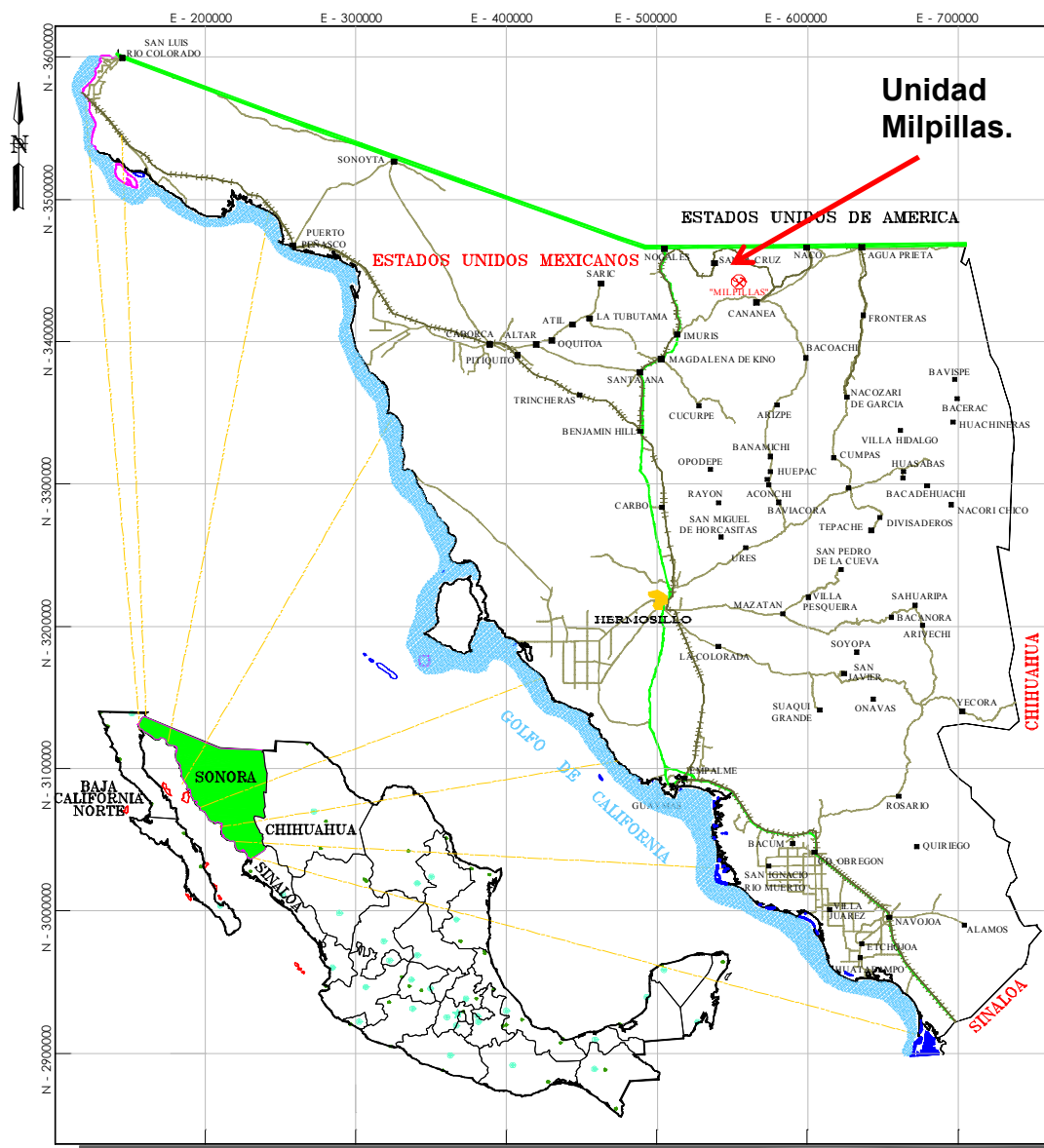


Figura 1. Localización y vías de comunicación Unidad Milpillas



Figura 2. Vías de comunicación saliendo de Hermosillo hacia la Unidad Milpillas.  
(Fuente google maps).

## II.- Geología.

### II.1 Ubicación metalogénica regional.

El yacimiento de milpillas se localiza dentro del conocido trend de pórfidos, en donde se ubican las minas de “La Caridad” y “Cananea”, en México; Sierrita, Mission y Twin Buttes, en Arizona, EUA. (Figura 3)

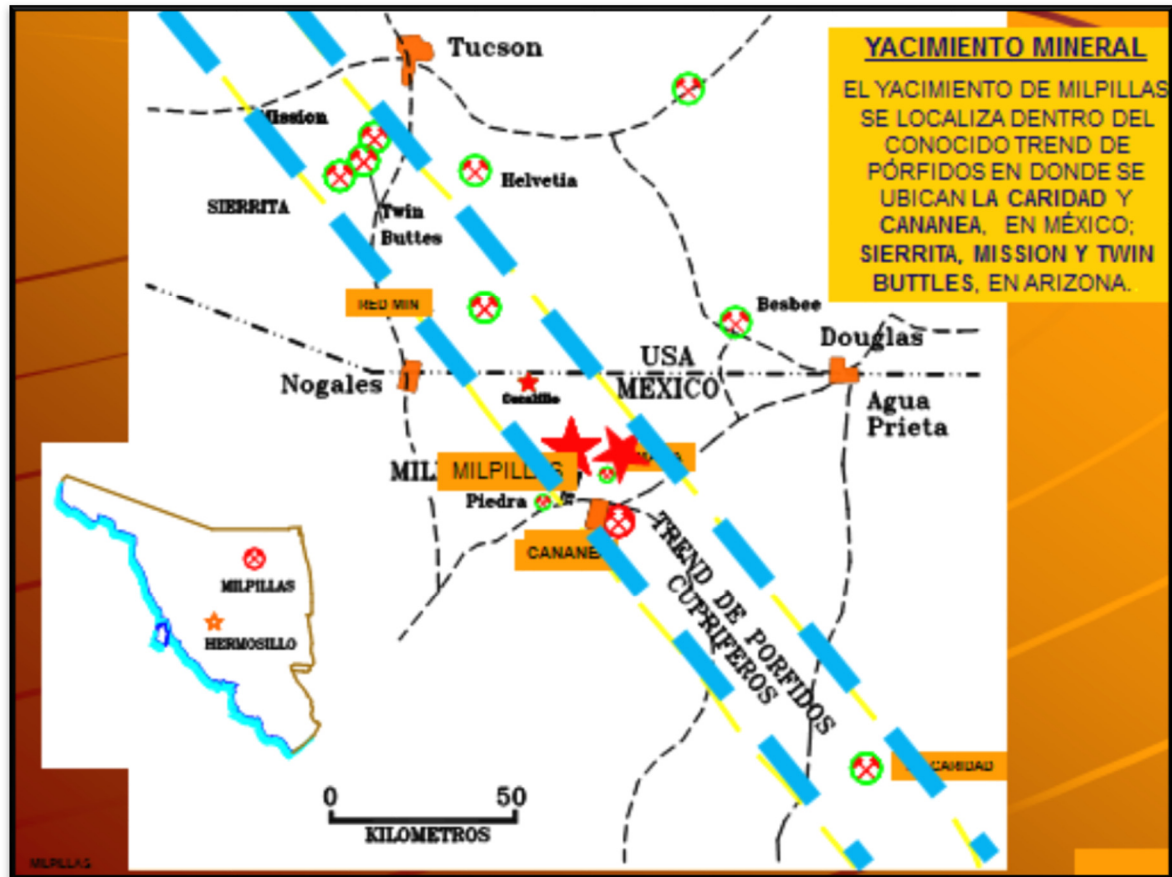


Figura 3. Trend de mineralización de los grandes yacimientos de Cobre en México.

## II.2 Mineralización-Alteración

El modelo de alteración es el típico zoneamiento vertical de los capotes lixiviados relacionados a pórfidos. La zona superior de lixiviación ácida, con abundantes arcillas y óxidos de hierro ("capping" hematítico - goethítico). La zona intermedia de óxidos de hierro y sulfatos, carbonatos y óxidos de cobre. Debajo de la anterior, se tiene una zona de enriquecimiento supergénico con sulfuros secundarios, y por último, una zona profunda con sulfuros primarios y alteración hipogénica.

Se reconocen al menos 6 cuerpos mineralizados, sensiblemente horizontales; tres someros que consisten principalmente de óxidos verdes (brocantita  $\text{Cu}(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$ , antlerita  $\text{Cu}_3(\text{SO}_4)(\text{OH})_4$ , malaquita  $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$ , azurita  $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$  crisocola  $(\text{Cu}, \text{Al})_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4n\text{H}_2\text{O}$  y calcantita  $\text{Cu}(\text{SO}_4) \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,

y en menor cantidad óxidos rojos (cuprita  $\text{Cu}_2\text{O}$ , cobre nativo y delafossita  $\text{Cu}^{+1}\text{Fe}^{+3}\text{O}_2$ ) y óxidos negros (neotocita cuprífera, Cu-pitch, Cu-wad es una especie de cobre que se encuentra en las zonas de óxido cuya fórmula química es  $\text{CuMnO}_3\cdot 7\text{H}_2\text{O}$  tenorita ( $\text{CuO}$ ) y melaconita ( $\text{CuO}$ ) la diferencia entre estas últimas es que la melaconita es ferrosa ).

Ocasionalmente se observan en la zona de óxidos, minerales tales como chenevixita  $[(\text{Cu}_2\text{Fe}_2^{+3}(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_4\text{H}_2\text{O})]$  y torvernita  $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4) \cdot 8-12 \text{H}_2\text{O}$ . Debajo de los mantos de óxidos, existe un cuerpo mixto óxidos-sulfuros secundarios, y al menos 2 supergénicos profundos con calcosita y escasa covelita. Finalmente abajo tenemos la zona de mineralización primaria constituida principalmente por pirita finamente diseminada con pequeñísimas cantidades de bornita ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ) y calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), sin interés económico.

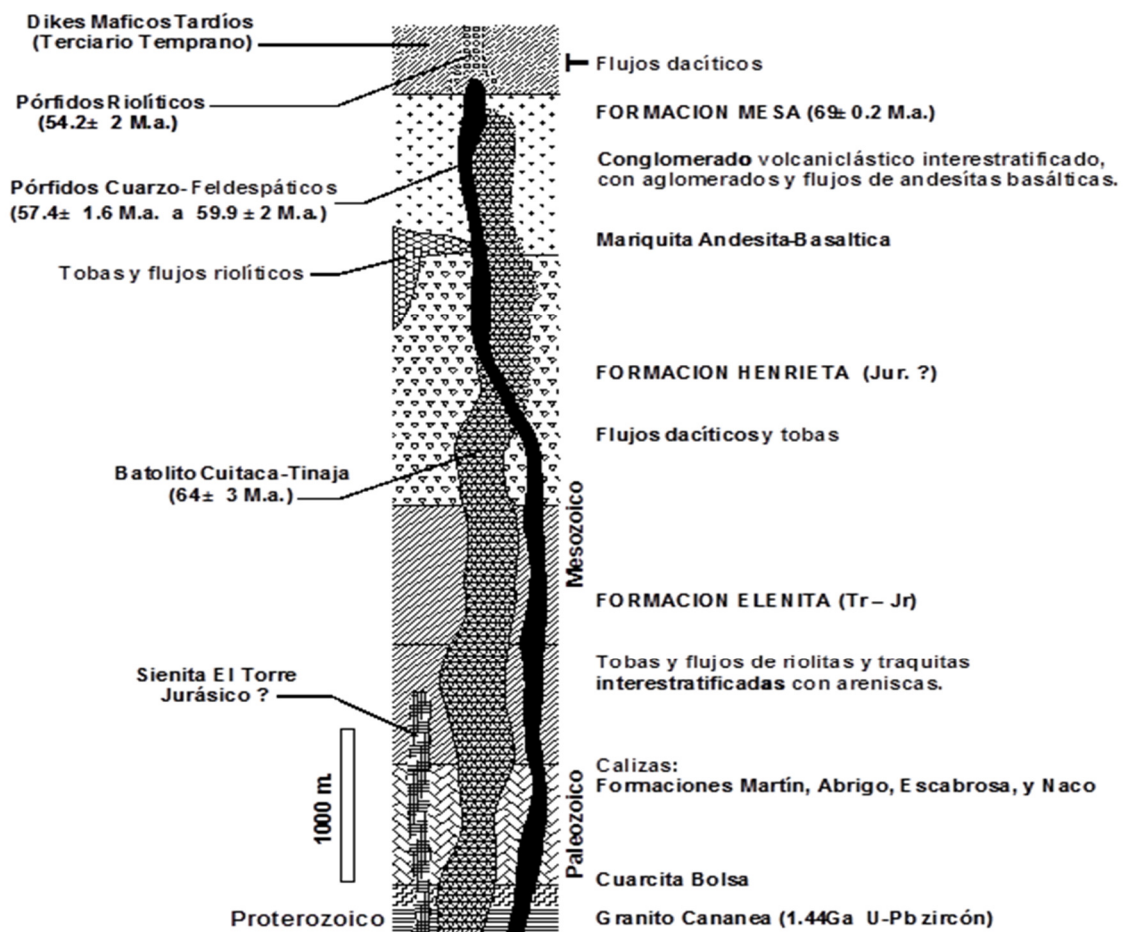


Figura 4. Columna Estratigráfica Distrito Cananea. (Alexander Wortzicki, 1995.)

### II.3 Mineralogía

La mineralogía del yacimiento se distribuye en las siguientes zonas de la más somera a la más profunda.

#### Lixiviación (LIX)

Hematita, goethita y jarosita.

#### Óxidos (ox)

Óxidos verdes: brocantita, antlerita, malaquita, azurita y crisocola;

Óxidos rojos: cuprita y cobre nativo;

Óxidos negros: tenorita y neotocita.

### **Sulfuros secundarios (suls)**

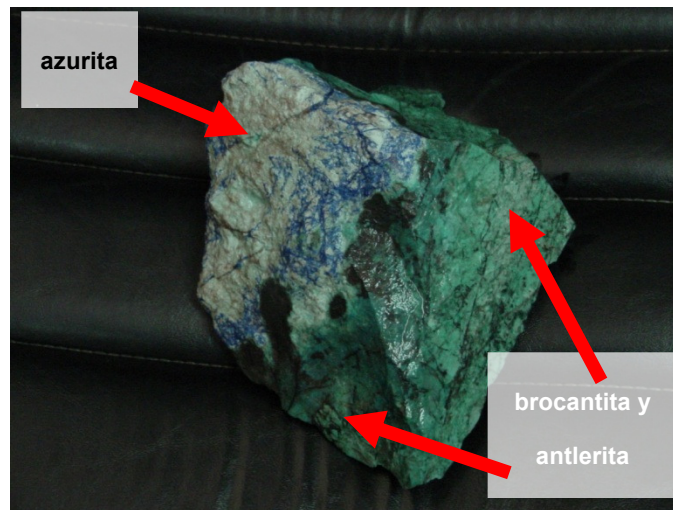
calcocita y covelita.

### **Mixtos (mix)**

Óxidos verdes, óxidos rojos, óxidos negros + suls.

### **Sulfuros primarios (sulp)**

Pirita, calcopirita, bornita y molibdenita.



Fotografía 1. Muestra de óxidos verdes del rebaje K-12.

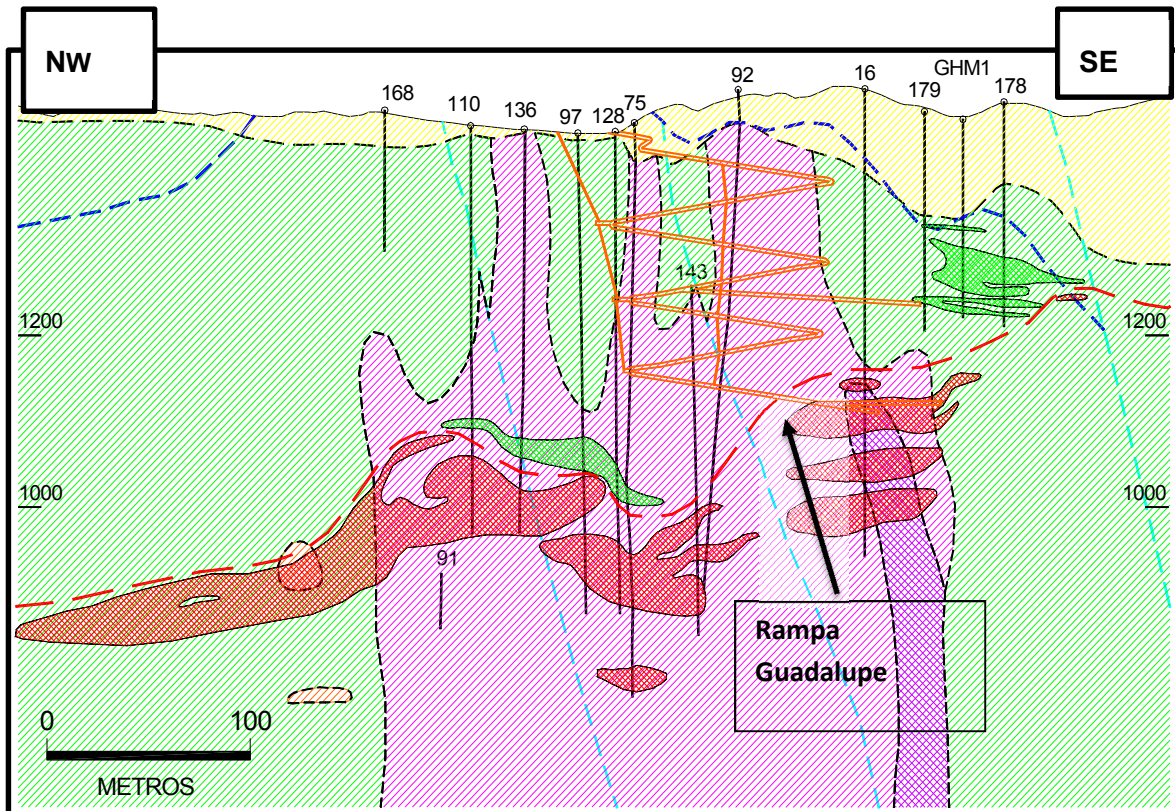


Figura 5. Presencia de sulfuros en los cuerpos de Milpa Profundo (sección longitudinal NW-SE viendo al Norte). Compañía minera La Parreña S.A de C.V Unidad Milpillas.

#### II.4 Reservas

La estimación de recursos de mineral se llevó a cabo por métodos geoestadísticos utilizando el software Datamine y con el apoyo de personal de la Gerencia Divisional de Geología, utilizando información topográfica, mapeos, muestreos y datos de barrenación a diamante tanto en interior mina como de superficie.

Los recursos minerales totales actuales ascienden a un total de 45.642 millones de toneladas con una ley media de 1.33 % de cobre. Para la estimación de las reservas de mineral se llevó a cabo utilizando la metodología MRO (Minable Reserves Optimizer) de Datamine, analizando el modelo geológico y, utilizando

restricciones prácticas mineras tales como las unidades mínimas de minado, determinando las reservas minables.

Las reservas estimadas actuales suman un total de 23.498 millones de toneladas con una ley media de 1.20% de cobre, con un valor de mineral de 84.90 dólares por tonelada, para este cálculo las premisas que se utilizaron fue de 300 centavos de dólar por libra. Por categoría corresponden a mineral probado 13.189 millones de toneladas con una ley media de 1.25 % de cobre y mineral probable 10.310 millones de toneladas con una ley media de 1.14% de cobre el valor de mineral es de 88.0 dólares por tonelada y 80.8 dólares por tonelada respectivamente.

|                          | <b>Toneladas</b> | <b>%Cu / tonelada</b> |
|--------------------------|------------------|-----------------------|
| Reservas diciembre 2014  | 29662050         | 1.412                 |
|                          |                  |                       |
| Reservas mayo 2015       | 20063492         | 1.175                 |
|                          |                  |                       |
| Disminución/Aumento      | -9598558         | -0.237                |
|                          |                  |                       |
| Producción en el periodo | 897004           | 1.117                 |
|                          |                  |                       |
| Total ganado o perdido   | -8701554         |                       |

Figura 6. Comparación de reservas diciembre 2014 / mayo 2015 (actualización de recursos y reservas de mineral mayo 2012 Unidad Milpillas).

Comentarios relevantes:

- a) La diferencia a favor en tonelaje se debe a las ley de corte utilizada de acuerdo a los parámetros económicos considerados y la mayor información obtenida, tanto de la barrenación a diamante en interior mina como la barrenación a diamante en superficie, en términos generales mayor a un 10% a la utilizada en mayo del 2014.
- b) La barrenación con diamante es superficie intersectó la continuidad del cuerpo de Milpa Profundo hacia la parte SW del depósito, con lo que se encuentran abiertas las expectativas de crecimiento tanto hacia esa zona, como en otras áreas donde se tiene el mineral indicado.
- c) Se utilizó una unidad mínima de minado de 30X30X12 metros para los cuerpos con mayor tonelaje, con menor densidad de información de barrenación con diamante y de 10X10X6 metros para los cuerpos mejor conocidos, tanto con obras directa como con barrenación con diamante.
- d) *La ley de cabeza* utilizada es de 0.90 % Cu y una *ley de corte* de 0.70% Cu.
- e) Se utilizaron radios cortos obtenidos del variograma, para controlar el impacto de las leyes altas a distancias muy grandes.
- f) La categorización se hizo con radios largos (2da estructura del variograma) para suavizar el impacto en la clasificación de los recursos minerales y su posterior conversión a reservas.
- g) El criterio de recorte de atípicos fue la media +2 veces la desviación estándar, a diferencia del histograma, permitiendo controlar las leyes altas en el proceso de interpolación.

Los criterios geoestadísticos y estadísticos utilizados son los más conservadores, por la experiencia que se está obteniendo en la operación y la variabilidad que el enriquecimiento de cobre tiene por afectaciones de tipo estructural y oxidación profunda; por lo que se trata de evitar proyectar recursos o reservas a distancias muy grandes sin ningún barreno que los soporte.

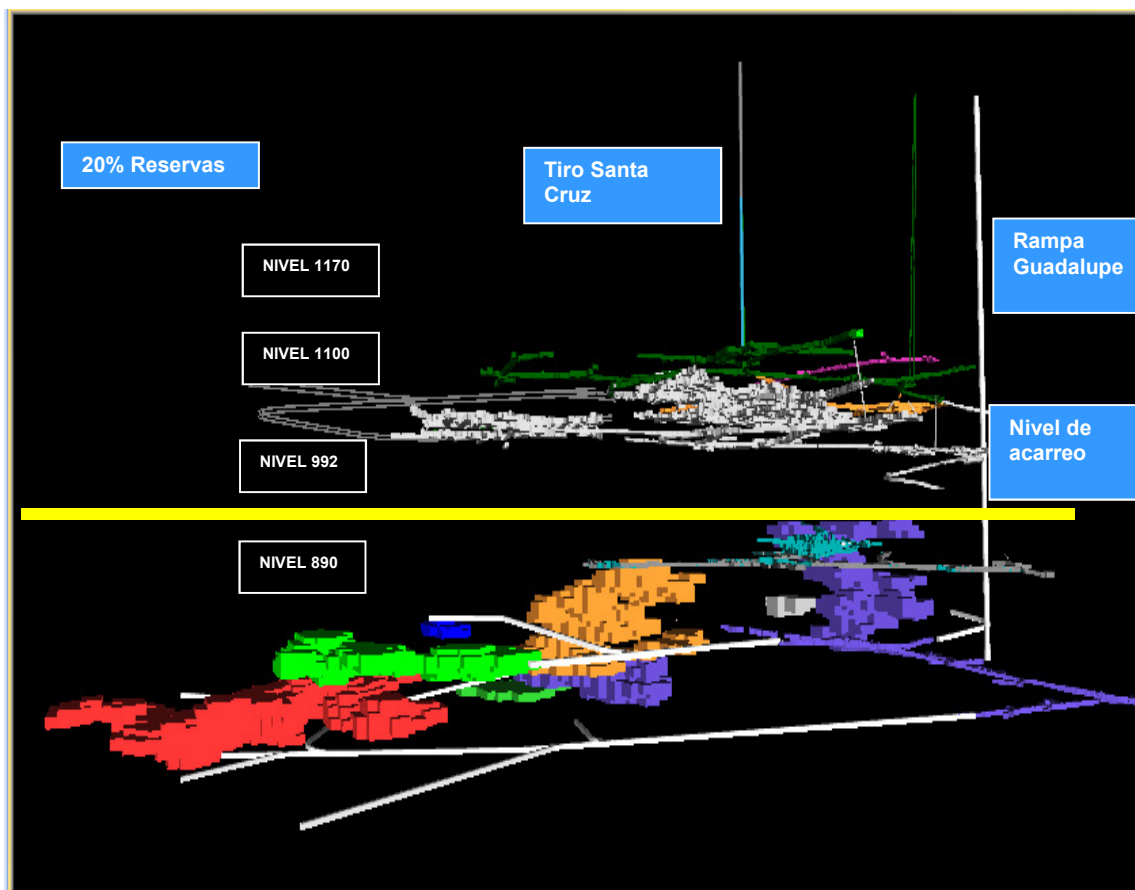


Figura 7. Distribución de reservas en donde se identifica que el 80% de las mismas se encuentran en los cuerpos de Milpa Profundo (actualización de recursos y reservas de mineral mayo 2015 Unidad Milpillás).

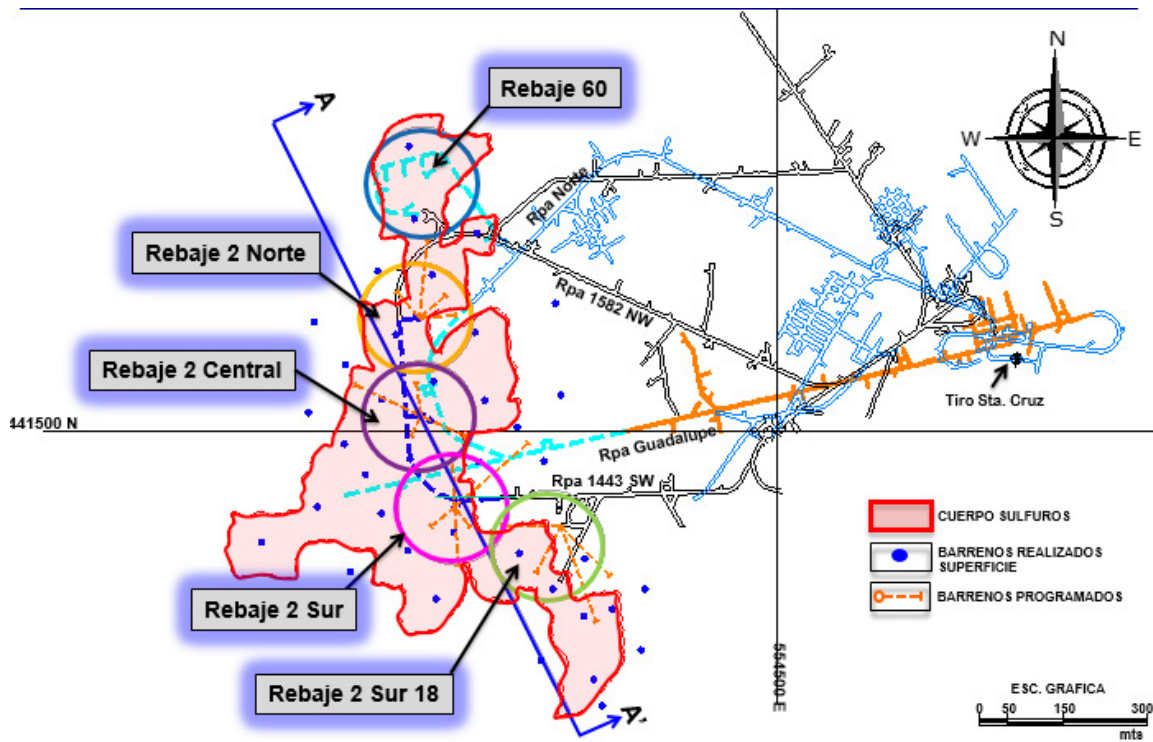


Figura 8. Modelos en planta a la elevación 780 obtenidos de Datamine de los cuerpos de Milpa Profundo.

### III. Operación minera actual:

#### III.1 Método de explotación

En el año 2005 INGEROC (Ingeniería en rocas), realizó el estudio del modelo geotécnico para definir y recomendar el sistema de explotación del yacimiento “*post room and pillar mining*” (corte y relleno con pilares) con barrenación horizontal por la calidad de la roca de regular a mala y muy mala, los resultados se muestran en la (figura 9) de acuerdo al RMR “rock mass ranking” (clasificación del macizo rocoso), se puede observar que la mina se encuentra en el cuarto grupo IV, por lo cual se determinaron los patrones de pilares de 8 metros de sección cuadrada con calles de 8 metros obteniéndose una relación de recuperación del 86%.

| DOMINIO | MIN | LITOLOGIA |       | RMR L | AJUSTE  |          |             |           | MRMR |
|---------|-----|-----------|-------|-------|---------|----------|-------------|-----------|------|
|         |     |           |       |       | INTEMP. | VOLADURA | ORIENTACION | ESFUERZOS |      |
| 1       | LIX | 2         | RVOL  | 47    | 85      | 94       | 95          | 94        | 34   |
| 1       |     | 5         | PORF  | 52    | 95      | 94       | 95          | 94        | 41   |
| 1       |     | 8         | FALLA | 35    | 85      | 94       | 95          | 94        | 25   |
| 2       | OX  | 2         | RVOL  | 52    | 90      | 94       | 95          | 94        | 39   |
|         |     |           | max   | 57    | 90      | 94       | 95          | 94        | 43   |
|         |     |           | min   | 46    | 90      | 94       | 95          | 94        | 35   |
| 2       |     | 5         | PORF  | 50    | 95      | 94       | 95          | 94        | 40   |
| 2       |     |           | min   | 42    | 95      | 94       | 95          | 94        | 33   |
| 3       |     | 8         | FALLA | 32    | 85      | 94       | 95          | 94        | 23   |
| 3       |     | 8         | FALLA | 50    | 85      | 94       | 95          | 94        | 36   |
| 4       |     | 2         | RVOLC | 46    | 90      | 94       | 95          | 94        | 35   |
| 4       |     | 5         | PORF  | 47    | 95      | 94       | 95          | 94        | 37   |
| 4       |     | 8         | FALLA | 26    | 85      | 94       | 95          | 94        | 18   |

| Clasificación del macizo rocoso | Descripción    | RMR      |
|---------------------------------|----------------|----------|
| I                               | Roca muy buena | 81 - 100 |
| II                              | Roca buena     | 61 - 80  |
| III                             | Roca regular   | 41 - 60  |
| IV                              | Roca mala      | 21 - 40  |
| V                               | Roca muy mala  | 0 - 21   |

Figura 9. Estudio del modelo geotécnico, obtenido del reporte de INGEROC.

Este método es aplicable a mantos o cuerpos lenticulares de potencia variable, la calidad de la roca mineralizada debe ser tal que los claros generados del minado puedan sostener el cielo.

El relleno seco es necesario para la explotación de los rebajes, se obtendrá de los desarrollos en tepetate que se genere de la profundización de la rampa Guadalupe y en superficie por medio de contrapozos tepetateros desarrollados con máquinas Robbins, los cuales se localizan fuera de los rebajes; el tepetate es y será movido por medio de camiones convencionales.

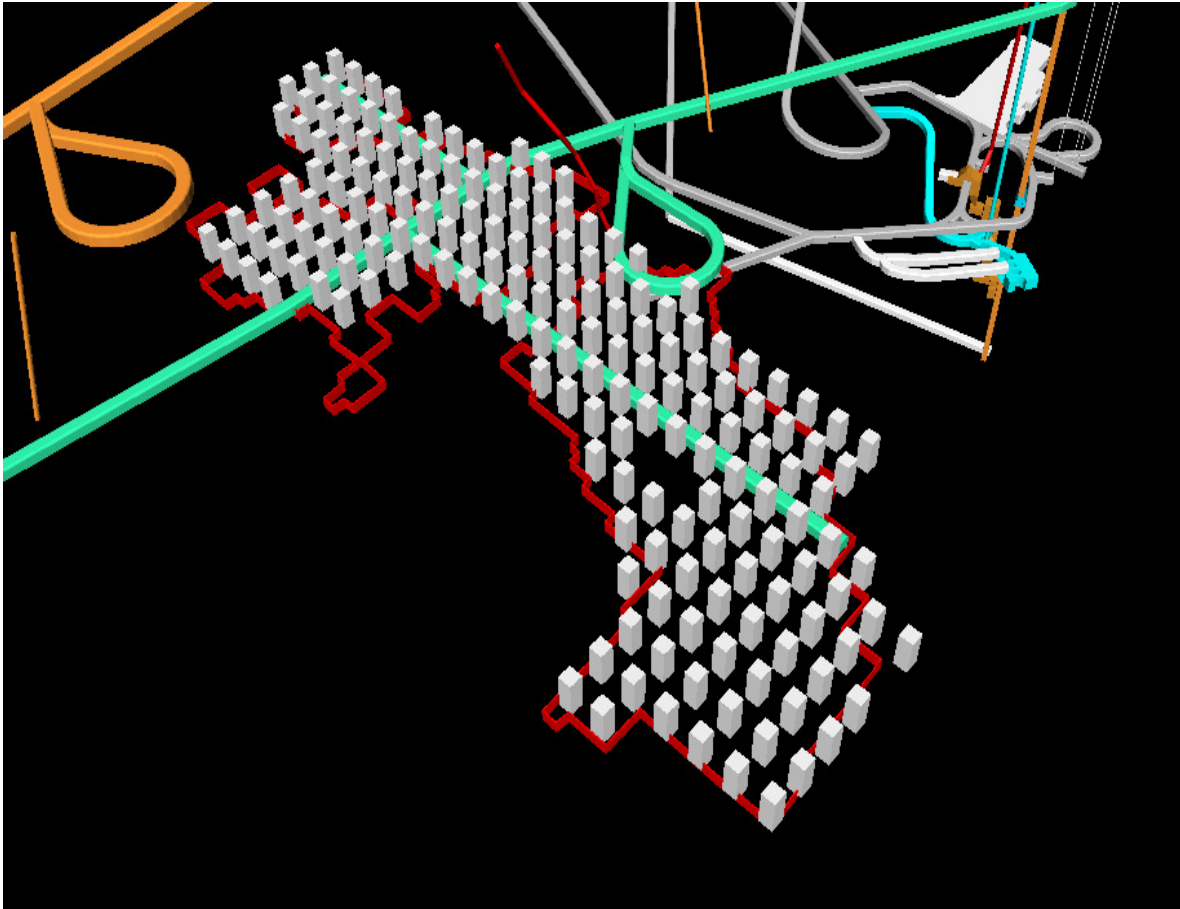


Figura 10. Método de explotación por corte y relleno seco, con salones y pilares de 8 X 8 metros con calles de 8 metros.

### III.2 Sistema de Extracción

La mina cuenta con un tiro circular de 564 m de profundidad revestido de concreto y 7.1 metros de diámetro; se tiene dividido en tres áreas principales: área de producción área de servicio y camino de emergencia (figura 11).

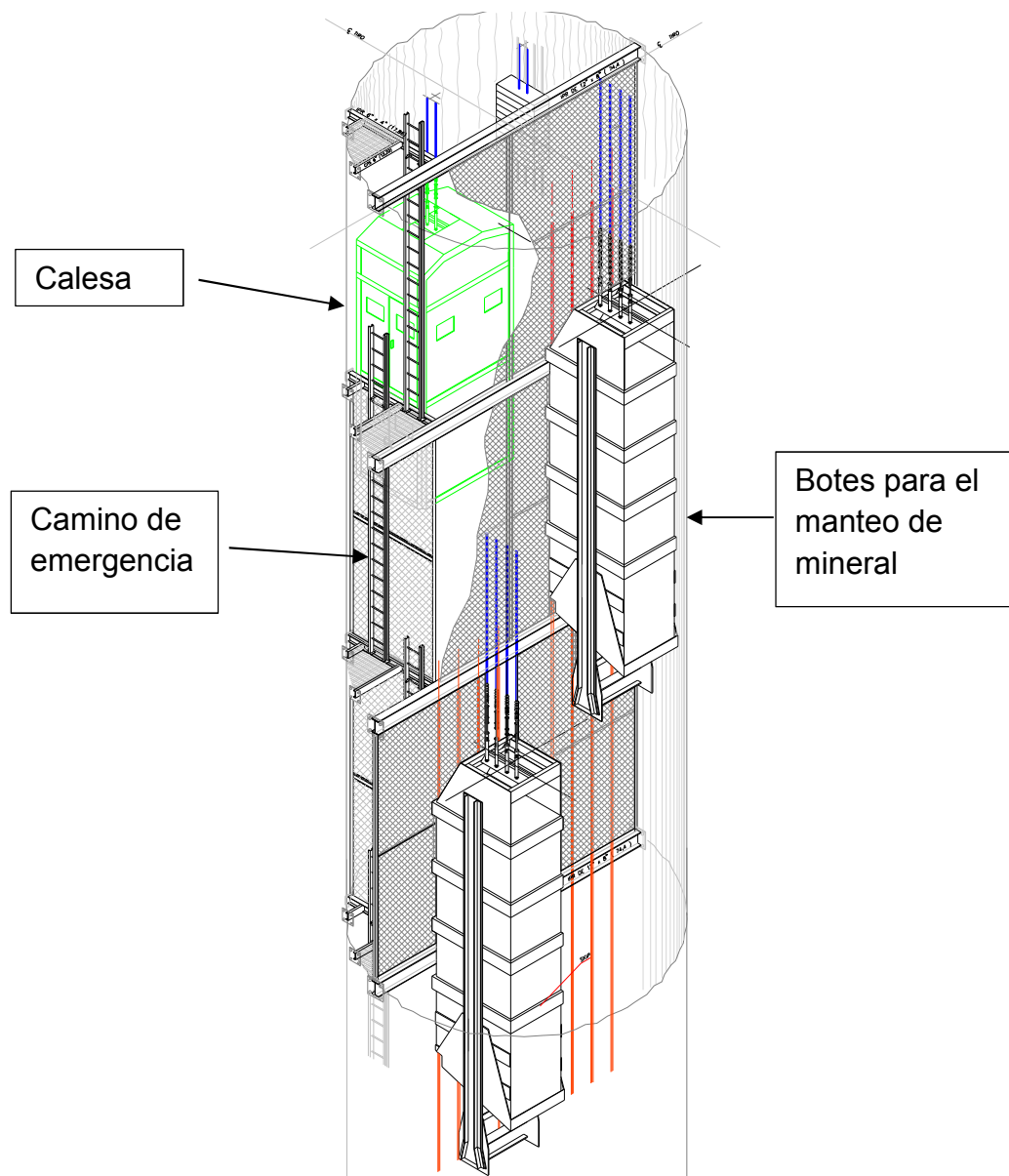


Figura 11. Sección transversal del tiro Santa Cruz. Compañía Minera La Parreña  
S.A de C.V Unidad Milpillás

En el área de producción se cuenta con:

Malacate de producción.

|                    |                                                                           |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Malacate           | Fricción de 10 pies de diámetro                                           |
| Capacidad de manto | 380 toneladas por hora                                                    |
| Distancia de manto | 527 metros                                                                |
| Velocidad máxima   | 10 metros por segundo                                                     |
| Capacidad del skip | 14.5 toneladas                                                            |
| Peso del skip      | 13 toneladas                                                              |
| Cables de carga    | 4 cables de 1 <sup>1/8</sup> " FLC con peso de 5.05 kilogramos por metro. |

Malacate de servicios.

|                        |                                                            |
|------------------------|------------------------------------------------------------|
| Malacate               | Fricción de 7 pies de diámetro                             |
| Capacidad del malacate | 10.8 viajes por hora                                       |
| Máxima profundidad     | 527 metros                                                 |
| Velocidad máxima       | 3 metros por segundo (1320 fpm)                            |
| Carga útil             | 2250 kilogramos                                            |
| Contrapeso             | 5725 kilogramos                                            |
| Cables de carga        | 4 cables de 3/4" FLC con peso de 2.04 kilogramos por metro |

Para el ingreso a interior mina se cuenta con la calesa que puede transportar hasta 14 personas por viaje.



Fotografía 2. Preparación del Tiro Santa Cruz con una profundidad de 580 metros, la cual se llevó a cabo en el año 2002.

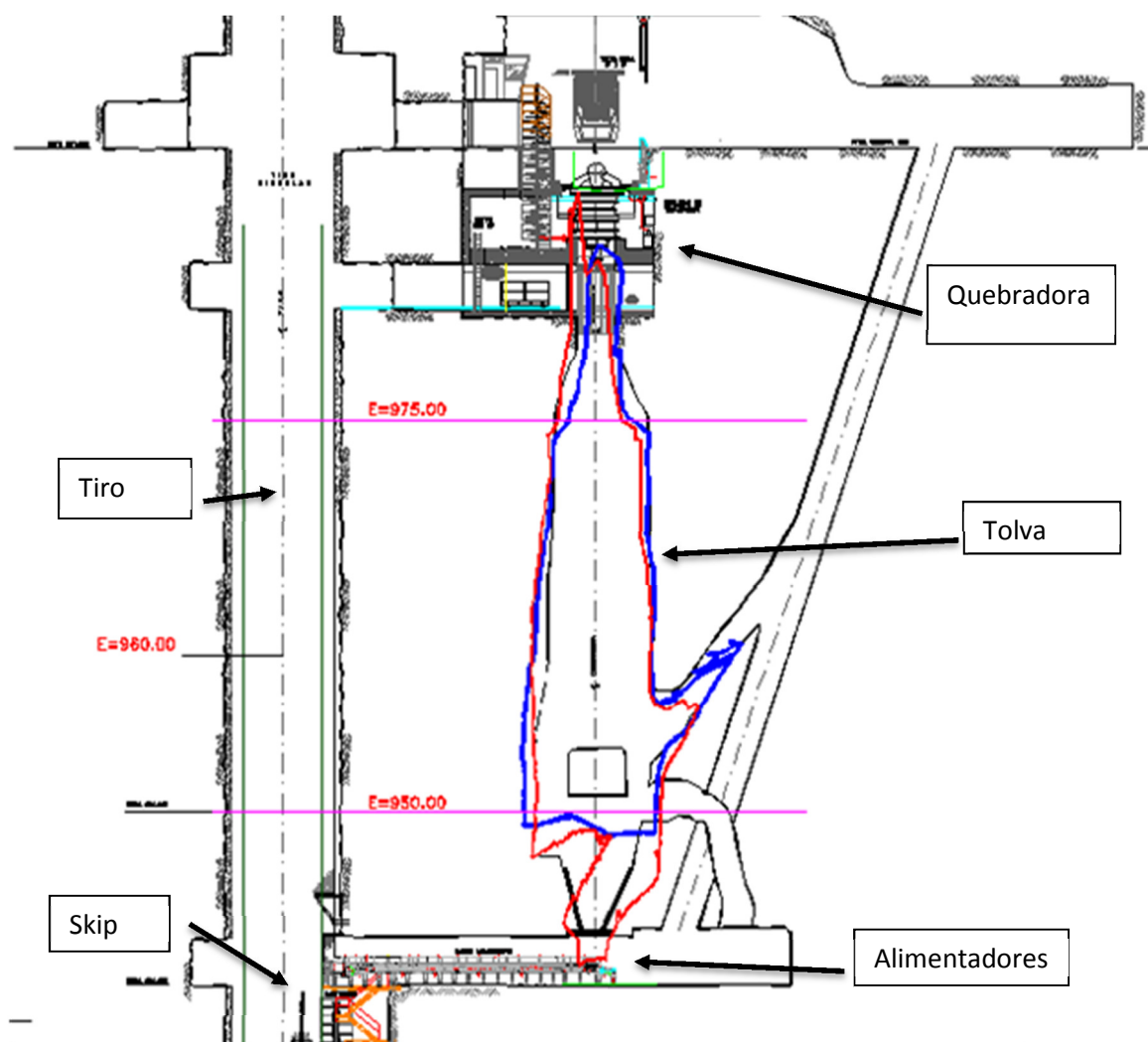


Figura 12. Sección transversal del sistema de extracción. Compañía Minera La Parreña S.A de C.V Unidad Milpilllas.



Fotografía 3. Vista panorámica del tiro Santa Cruz unidad Milpillás.

### III.3 Preparación.

*Dentro de la preparación inicial de la mina se coló la rampa Guadalupe (Figura 17) con una distancia de 5 kilómetros desde superficie hasta el nivel 937, se prepararon los rebajes 1280 y 1100.*

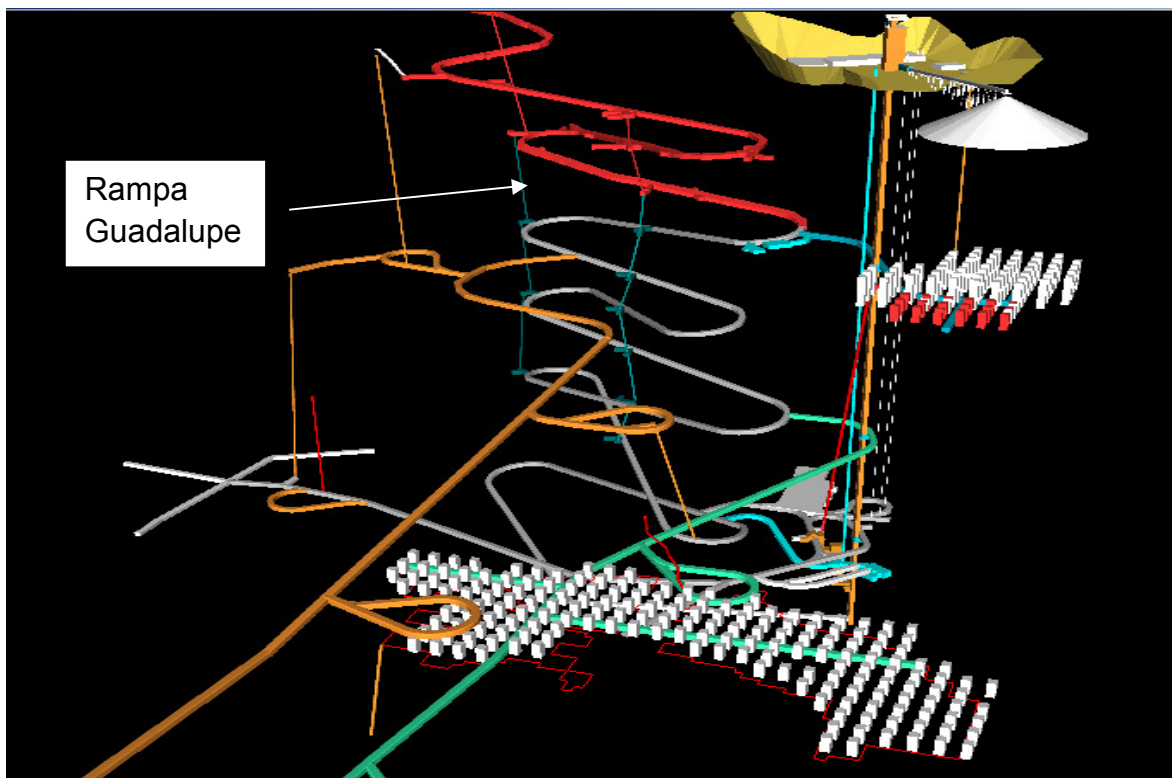


Figura 13. Preparación de la rampa Guadalupe con una distancia de 5 km con una pendiente de 10 %. Compañía Minera La Parreña S.A de C.V Unidad Milpillás.

### III.4 Secuencia de explotación corte y relleno con salones y pilares

#### III.4.1 Barrenación.

Actualmente se cuenta con 11 jumbos electrohidráulicos con barra de 16 ft marca Sandvik modelo DD310 (fotografía 4). Para los trabajos de desarrollo, se tiene establecida una sección estándar de 6 metros de ancho por 4.5 metros de altura. Para el tumbe la sección que se tiene definida es de 8 metros de ancho por 4.5 metros de alto.



Fotografía 4. Barrenación con jumbo con barra de 16 pies, en el rebaje 60 SE.  
Compañía Minera La Parreña S.A de C.V Unidad Milpillás

- LHD 13 (5 Sandvick de 8 y 10 yd<sup>3</sup>)  
(8 Caterpillar elphistone 6 de 9 yd<sup>3</sup> y 2 de 10 yd<sup>3</sup>).
- Jumbos de 16 pies 11 (Sandvick) DD310
- Long drill Jumbo 1 (Sandvick) DD320
- Ancladores 9 (Sandvick) DS310
- Cable boltec 1 (Sandvick) DS420
- Anfo loaders 3 (2 Normet charmec 6605-B y 1 getman 2-500 anfo charger)
- Amacizadores Getman 2 model 320N
- Utility 4 Normet 6330X
- Lub truck 1 International.

Figura 14. Principal equipo utilizado en la mina para la preparación y producción en la Compañía Minera La Parreña S.A de C.V Unidad Milpilllas.

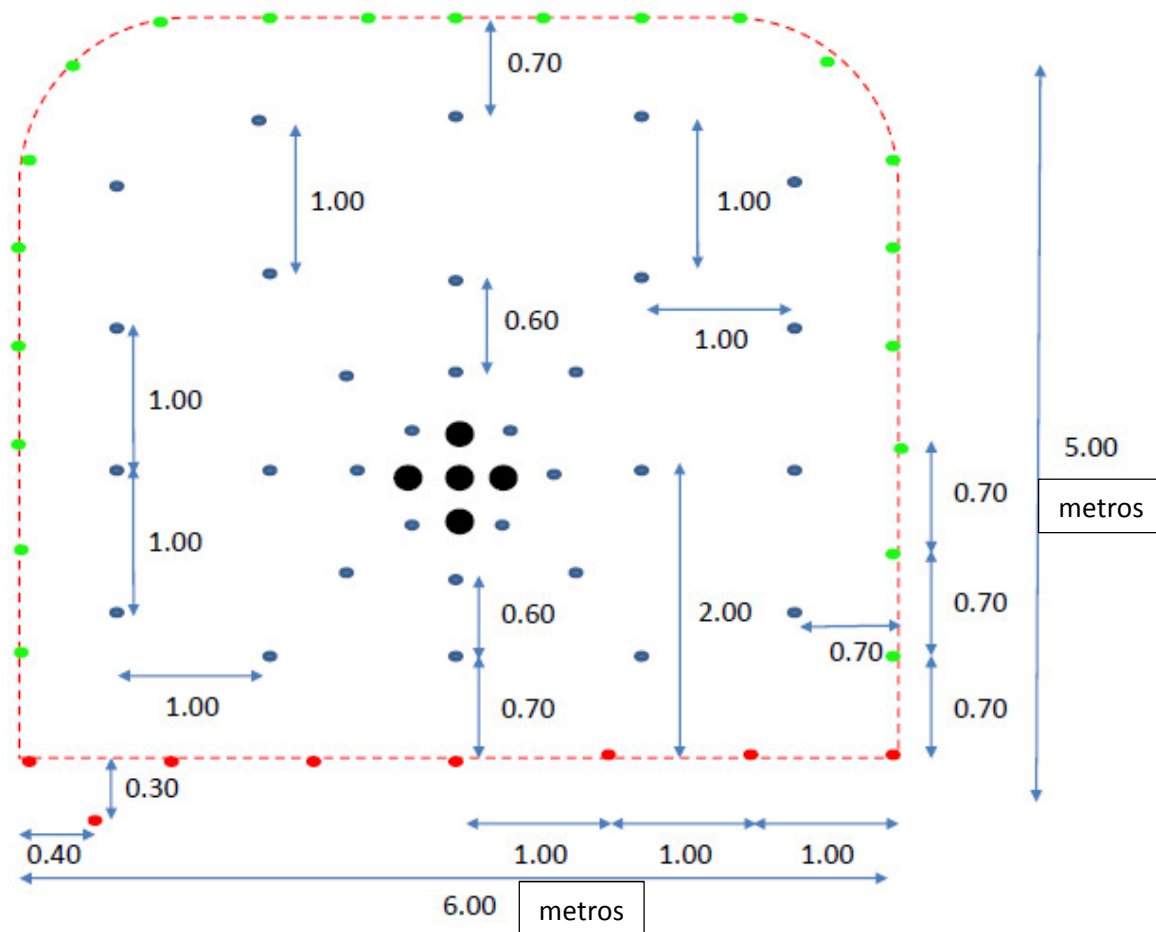


Figura 15. Plantilla de barrenación utilizada para el desarrollo con sección de 6 X 4.5 metros.

### III.4.2 Relleno

El material de relleno consiste de tepetate seco que se obtiene de los desarrollos que se están dando en tepetate, producto de la profundización y también se trae desde superficie por medio de 4 contrapozos Robbins de 2.4 metros de diámetro, con el auxilio de equipo mecánico como el cargador frontal marca Caterpillar modelo 996 de 3.5 yd<sup>3</sup> y el tractor de orugas marca Caterpillar modelo D5N. El equipo utilizado en superficie se muestra en las fotografías 5 y 6.



Fotografía 5. Cargado de tepetate en superficie.



Fotografía 6. Vaciado de tepetate utilizado para el relleno de rebajes desde superficie a través de contrapozos tepetateros hacia el interior de la mina.

La distribución del tepetate en interior mina se efectúa con equipo scoop tram de 9 yd<sup>3</sup> de capacidad, hasta alcanzar una altura de 2.7 metros en los rebajes de producción. Esta actividad se realiza antes de cada ciclo de barrenación (figura 16)

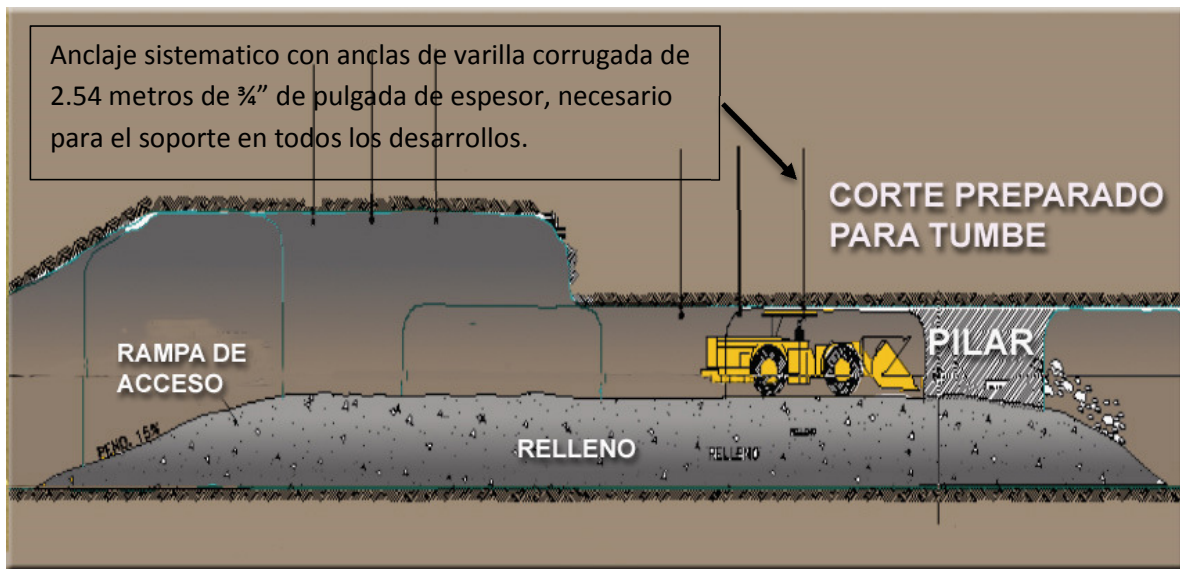


Figura 16. Secuencia del relleno en los rebajes de producción por medio de salones y pilares.

#### III.4.3 Cargado de explosivos.

Para el cargado de explosivo en la barrenación se utilizan los vehículos cargadores de explosivos marca Getman y anfoloader. El explosivo utilizado es Tovex 100 como alto explosivo, ANFO como carga de columna e iniciadores no eléctricos de retardo. El procedimiento de estas actividades se señala en la figura 17.

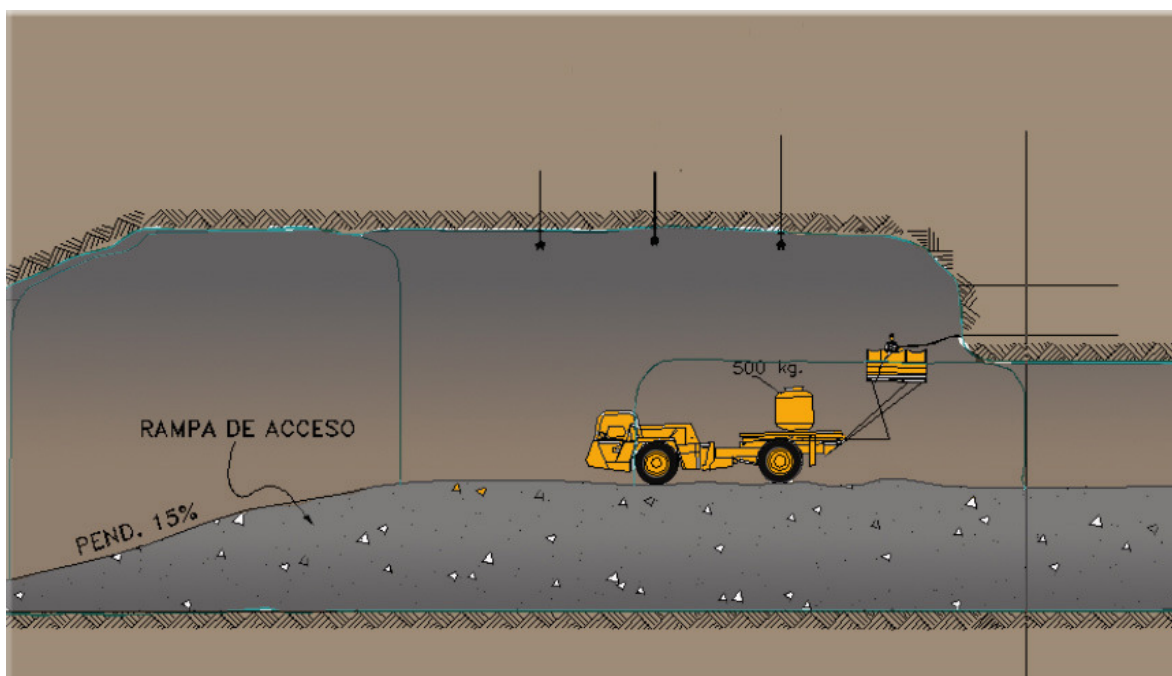


Figura 17. Cargado de explosivos en los rebajes de producción.

#### III.4.4 Voladura

A 20 metros de tope o banco, se enciende el motor diésel, se arranca el compresor, se fija el equipo con los gatos de anclaje, se acelera el motor diésel hasta alcanzar la presión de aire de 80-110 psi (pound square inch); se procede a soplar y limpiar los barrenos. Esta actividad se realiza de arriba hacia abajo, es decir se inicia con los barrenos de cielo se termina con los barrenos de piso. Paralelo a esta actividad del soplado, el ayudante del perforista prepara los cebos iniciadores para continuar con la colocación de los cebos e insuflación del Anfo, primero con los barrenos de piso para continuar con los de la cuña, primer cuadro, segundo cuadro y así sucesivamente, hasta terminar con los barrenos de cielo y de tabla. Los barrenos de contorno (cielo y tabla) deberán de ser cargados con T-1 (explosivo de baja densidad) por medio de la técnica de “poscorte”.

El taco para los barrenos de cuña y ayudantes será de 0.5 metros. Al trabajar con la barrenación a 20 pies después de varias pruebas, se demostró que en la unidad Milpillás se pudieron obtener mejores resultados al taquetear los barrenos de cuña

y los ayudantes, ya que se aseguraba tener mejor salida. El resto de los barrenos será de 1.0 metro. El encadenado es en forma de cuadro para cerrar siempre el circuito. Las plantillas completas se muestran en la figura 18.

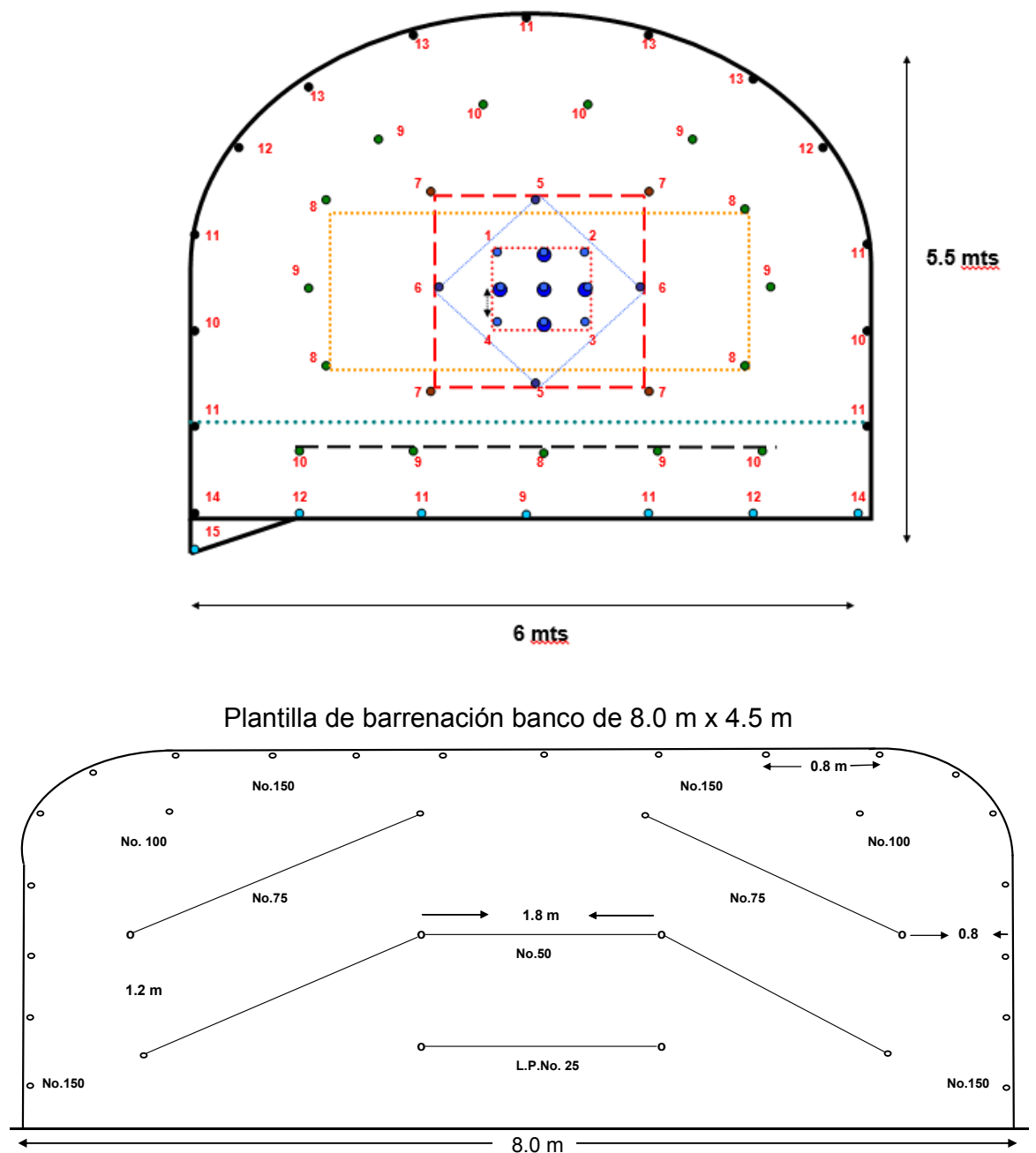


Figura 18. Plantillas de cargado para el desarrollo y el tumbe de mineral en la unidad Milpillás.

El resultado final de las plantillas diseñadas, se muestran en las fotografías 7 y 8.



Calle AEN x 69 en Rebaje K Viejo / Contratista Cachorros

Fotografía 7. Voladura en los rebajes de producción en el método de salones y pilares.



Fotografía 8. Voladura controlada en el acabado del techo del rebaje de producción con la técnica del “poscorte”

### III.4.5. Ventilación

En la operación de la mina se cuenta con tres circuitos de ventilación que se conforman de la siguiente manera: el primer circuito (figura 22 y fotografía 8) se compone por un extractor marca Zitron con capacidad de 400000 pcm(pies cúbicos por minuto); el segundo circuito se conforma por un extractor marca Spendrum con capacidad de 200000 pcm(pies cúbicos por minuto) y el tercer circuito está constituido por dos ventiladores marca Flack, con capacidad de 216000 pcm(pies cúbicos por minuto) y 250000 pcm(pies cúbicos por minuto).

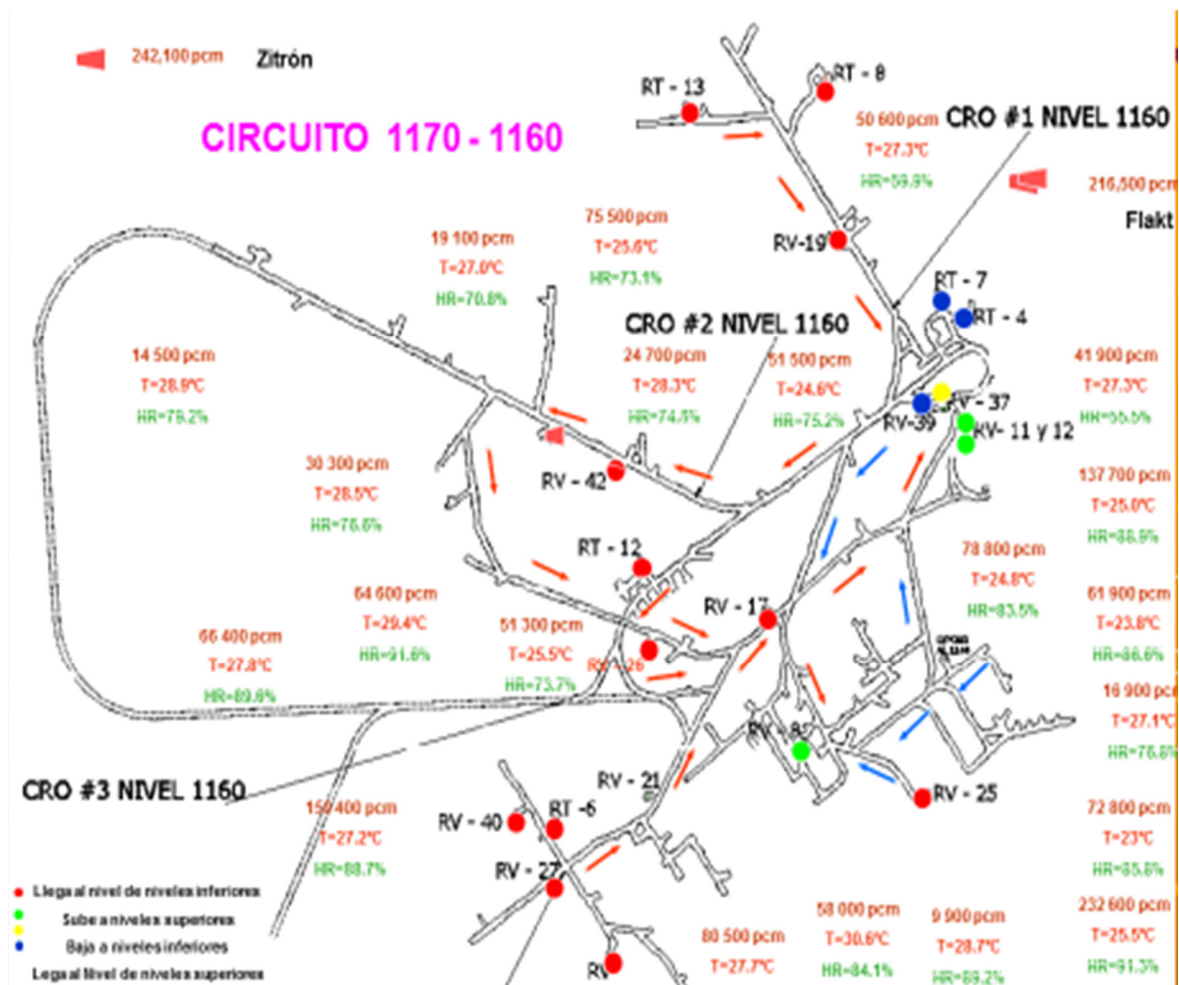


Figura 19. Circuito de ventilación en interior mina nivel 1160 y 1170.

La entrada de aire fresco es por las rampas de producción, así como por lo contrapozos Robbins de 8 pies de diámetro. Para los desarrollos se utilizan ventiladores auxiliares de 30000 pcm (pies cúbicos por minuto) lleva aire fresco hasta el tope mediante ductos mangas de ventilación de 42" de diámetro; con esto aseguran que se lleve una mayor cantidad de flujo de aire a los lugares de trabajo, donde se mejoran las condiciones para el personal.



Fotografía 9. Vista del contrapozo Robbins de ventilación #8.

Para poder cumplir con los requerimientos que exige un ambiente seguro y confortable de trabajo, es necesario construir una obra similar al Robbins de ventilación #8 donde se tiene instalado el Zitrón para que garantice el flujo de aire que requiere el circuito de ventilación de Milpa profundo, ya que el crecimiento de la mina está enfocado a esta dirección. Este tiro tendría la variante de tener que desarrollar una longitud de 262 metros en aluvión y alrededor de 60 metros en roca hasta llegar al nivel general 1160. La posible ubicación sería en las coordenadas  $X=554120$ ,  $Y=3441290$ ,  $Z=1460$ , dentro de la zona de construcción detrás del almacén general y 40 metros por encima del cauce del arroyo principal que cruza la unidad minera. La nueva obra tendría un diámetro final de 4 metros

por lo que la excavación sería alrededor de 4.4 metros de diámetro. La obra está enfocada al final del nivel 890 y dentro del rebaje 18, el cual entró en producción en mayo de 2012 y termina su vida en 2018.

A continuación se presenta el esquema general de este nuevo tiro de ventilación RV-10 (figura 23). En el año 2013 se tuvo listo la instalación de un nuevo circuito con un extractor marca Zittrón con capacidad de 400000 pcm (pies cúbicos por minuto); este circuito se diseñó para que ayude con la ventilación de lo que es Milpa Profundo, ya que se integró a través del nivel 1160 por medio de 5 contrapozos de ventilación de 8 pies de diámetro con una profundidad promedio de 350 metros, los cuales proporcionaron ventilación continua hacia el cuerpo 2 (central, oriente y sur).

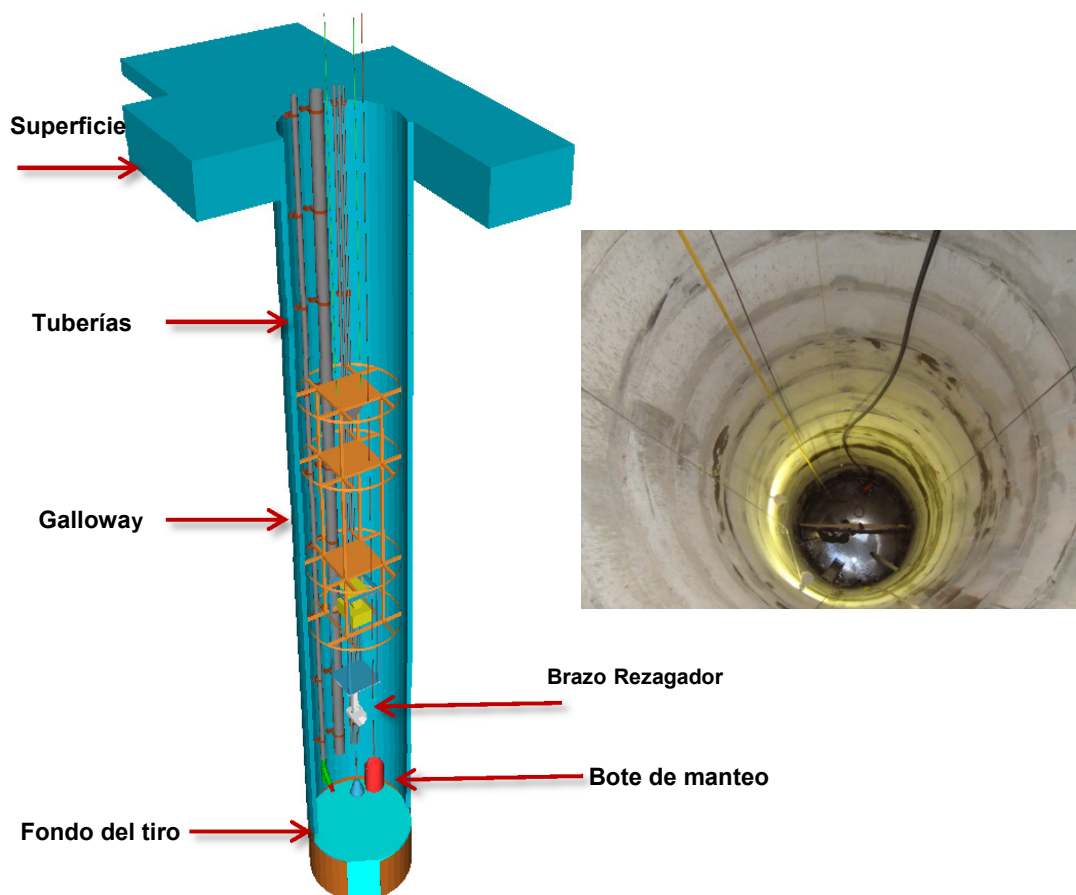


Figura 20. Esquema general del Robbins de ventilación #10

Una vez establecido el cuarto circuito se tuvo un total de 1466000 pcm (pies cúbicos por minuto) con lo que se cubrieron las necesidades de ventilación para toda la mina.

#### III.4.6 Conceptos básicos en el amacice de frentes, rampas o cruceros

La estabilidad de las obras mineras depende en gran medida del diseño de las plantillas de barrenación, el uso y la distribución de explosivos. El amacice es una tarea que se debe realizar sistemáticamente, para prevenir accidentes por caída de roca e implica necesariamente, la participación del trabajador y los ingenieros que intervienen directamente en la supervisión y diseño de las obras mineras de desarrollo, exploración y/o explotación.

Cuando se abre una obra minera, el equilibrio en que se encontraba la masa rocosa se rompe por el efecto del hueco expuesto, por lo que el terreno presiona tratando de llenar el vacío, aunado a otros factores, como tensiones provocadas en la roca por los cambios de temperatura, debilitamiento por el uso de explosivos y por las características geológicas.

Cuando se habla de amacice, siempre se asocia a toda actividad minera subterránea, es por ello que nunca se debe dejar de reconocer que es un factor fundamental, a la hora de planificar las plantilla de barrenos, uso y distribución de explosivos en frentes, rebajes, rampas, cruceros y otras áreas en la mina. La mayor ocurrencia de accidentes en la minería subterránea se debe principalmente a la caída de roca de cielos y tablas de túneles o rebajes.

Amacice se define como la técnica para detectar y tumbar toda roca o “cuarton” que se encuentre suelto y/o con posibilidad de caer, para evitar que estos caigan en un momento imprevisto. El amacice debe hacerse en todo momento, dependiendo de las condiciones y de las observaciones de cada una de las personas que laboran en determinado lugar.

Localización de la zona a amacizar: consiste en hacer una observación visual de la zona a amacizar, teniendo cuidado de no situarse en lugares donde pudiera haber rocas sueltas, la dirección de avance al amacizar se debe de hacer buscando el lugar más estable y llevarlo a cabo a través de terreno macizo hasta dejarlo seguro; es mala práctica amacizar directamente aquéllas rocas que se ven abiertas, ya que podemos situarnos bajo otra roca que pueda estar suelta (figura 21).



Figura 21. Conceptos básicos en la inducción de amacice mecanizado.

El amacice primario se debe de hacer con equipo mecanizado; la unidad Milpillás cuenta con dos amacizadores Getman 320N y 4 amacizadores tipo retroexcavadoras acondicionadas con una punta en el brazo (figura 22).

Al llegar al área de trabajo se deberá revisar bien la zona e identificar las rocas “abiertas” utilizando las luces con las que cuenta el equipo para poder observar mejor las rocas. Posicionarse bajando los gatos de anclaje para iniciar el amacice de lo seguro a lo inseguro. Una vez tumbadas estas rocas, empezar a asear el lugar con agua haciéndolo de adentro (del tope) hacia afuera, a una distancia equivalente a la longitud de las últimas tres disparadas. El regado con agua se debe de hacer en el cielo y en las tablas para retirar el polvo y poder ver con claridad las rocas abiertas o flojas que se tendrán que amacizar.

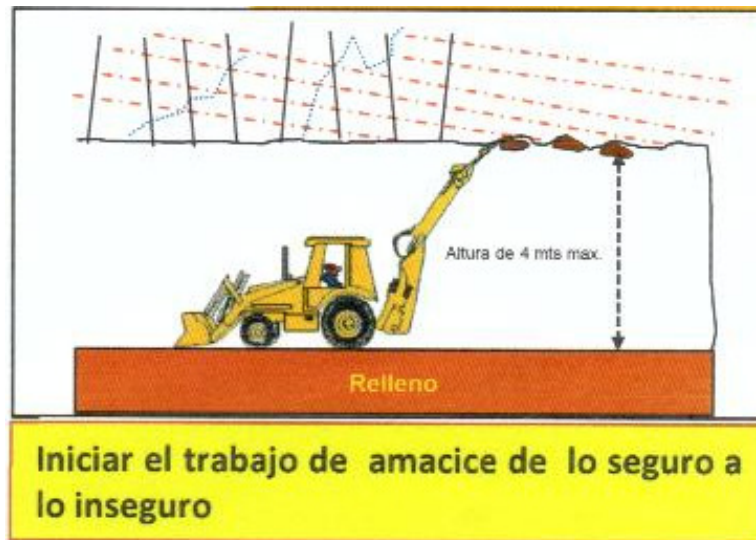


Figura 22. Amacice con retroexcavadora en la Unidad Milpillás.

#### III.4.7. Anclaje.

El soporte de roca en gran medida depende de la naturaleza y calidad de roca que se tenga en cada mina. Rocas con fracturamiento intenso, presencia de agua y fuertes alteraciones van a requerir un tratamiento muy minucioso en cuanto a voladuras y barrenaciones controladas, también van a requerir de un buen diseño de la obra minera y un soporte adecuado.

El resultado comparativo de un buen trabajo de anclaje se puede ver en las fotografías 10 y 11.

El grado de fracturamiento varia moderadamente a fuertemente fracturado con generación de bloques pequeños a medianos. Con esta información el Departamento de Mecánica de Rocas determinó el tratamiento necesario dependiendo de la calidad de roca que se presenta en la unidad Milpillás (figura 23).



a) Roca maltratada por barrenación y voladura

b) Voladura y barrenación controlada y soporte oportuno

Fotografía 10 y 11. Comparativo entre el tratamiento a tiempo de una buena voladura controlada y la presencia de un buen sostenimiento oportuno.

| Calidad de roca | Tipo de soporte necesario                                                                         |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Muy mala        | Anclaje con varilla corrugada con sección de 0.8 X 0.8 metros, malla con zarpeo                   |
| Mala            | Anclaje con varilla corrugada con sección de 0.8 X 0.8 metros, con zarpeo de 2 pulgadas en techo. |
| Regular         | Anclaje con varilla corrugada con sección de 1.0 X 1.0 metros hasta 1.2 X 1.2 metros              |
| Buena           | Anclaje con varilla corrugada con sección de 1.5 X 1.5 metros                                     |
| Muy buena       | No es necesario anclaje sistemático.                                                              |

Figura 23. Identificación de la calidad de la roca y las indicaciones de anclaje y zarpeo necesarios propuestos por el Departamento de Mecánica de Rocas.

Actualmente la unidad Milpillás cuenta con 9 jumbos ancladores marca Sandvik modelo DS310 (fotografía 12). La roca que está fracturada, bajo presión o de otra manera sujeta a derrumbamiento, se refuerza frecuentemente con anclas de varilla corrugada con una longitud de 9 pies y  $\frac{3}{4}$  de pulgada de espesor. Se fija una ancla de acero utilizadas para las obras fijas o de tránsito, de fibra de vidrio para las obras temporales como por ejemplo los Rebajes. El anclaje está destinado normalmente para soporte de la roca, para proteger las áreas de trabajo durante el tiempo en que estas son usadas por los mineros; en caso de que las condiciones no sean las ideales, se procede a colocar malla ciclónica para darle mayor soporte a la roca. El anclaje es un procedimiento regular y vital en la producción de mineral.

En el caso de los desarrollos por procedimiento se deberán anclar en cada disparo, lo que representa para esta unidad una norma de cero tolerancia. La cantidad de anclas que se deben de colocar en la etapa de tumbe se determina con la ayuda de la mecánica de rocas. Se anexa procedimiento de esta actividad.



Fotografía 12. Instalación de anclaje de varilla corrugada de 9 pies de longitud y  $\frac{3}{4}$  de pulgada.

#### III.4.8 Enmallado.

A lo largo de la operación de la mina se ha observado que el método de soporte de anclaje no es suficiente para el control de la caída de roca debido a que se han tenido varios accidentes por este motivo, por lo que se tiene que estar colocando malla electrosoldada en todas las obras permanentes de la unidad, como por ejemplo talleres, rampas de profundización y algunos rebajes de producción. Esto es un complemento para que el personal que labora en la unidad, siempre este trabajando en un ambiente de trabajo seguro y productivo.

Actualmente en la unidad Milpillas se han instalado 5 brazos enmalladores a los equipos ancladores Sandvik modelo DS310 (fotografía 13). Este es un aditamento que o se tenía considerado dentro de los equipos, pero como consecuencia al establecimiento dentro de la unidad de la meta de cero tolerancia, se vio como una necesidad la adquisición de este aditamento (fotografía 14).



Fotografía 13. Instalación de malla ciclónica en los desarrollos de Milpa Profundo.



Fotografía 14. Colocación de la malla en las piletas del nivel 910.

#### III.4.9 Método del “Paraguas”.

En el desarrollo de las rampas de profundización Guadalupe y Norte en el mes de octubre del año 2012 se tuvo un caído en la rampa Guadalupe (figura 24) por lo que la obra se perdió en su totalidad debido a que se presentaron alturas de 20 metros y fue necesario cambiar el proyecto original de comunicación para el circuito de acarreo dentro de Milpa Profundo.

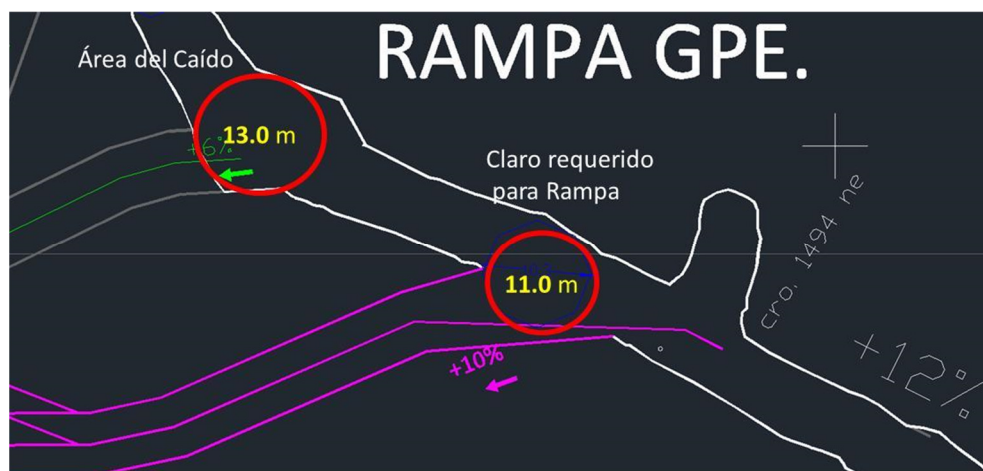
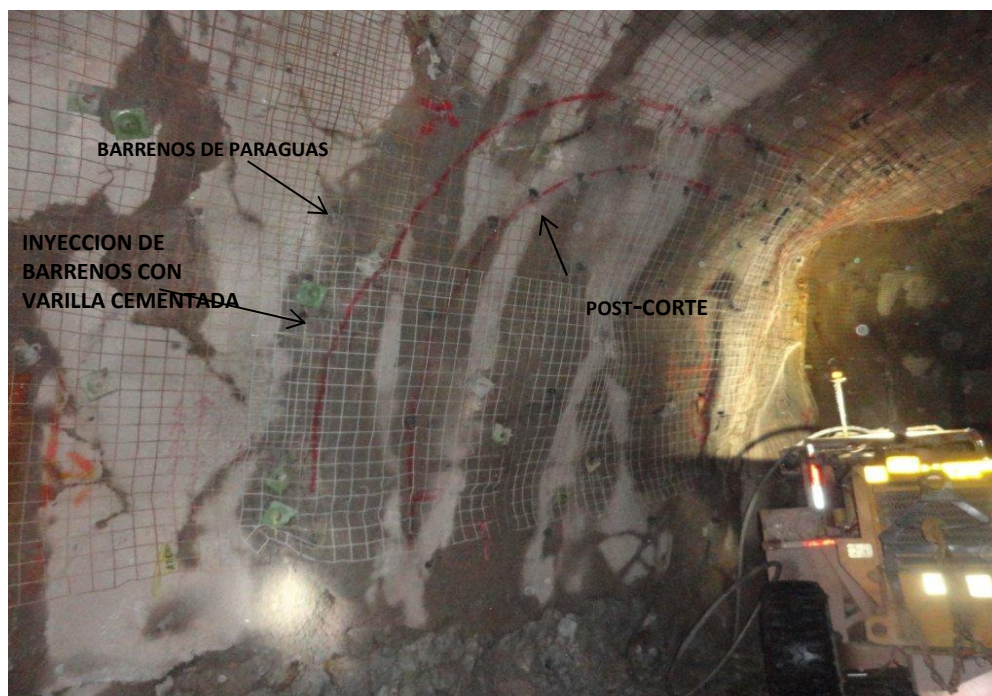


Figura 24. Proyecto original de comunicación para el circuito de acarreo de Milpa Profundo que se vio afectado por presentar un caído de 20 metros, aproximadamente.

Para el control de la inestabilidad que se presentó en la rampa Guadalupe (en prevención de que el accidente se repitiera por la cercanía de la comunicación con la rampa Norte), la unidad estableció un método de soporte adicional llamado “Paraguas” (fotografía 15). Este método se describe a continuación:

- Para comenzar con el método del “Paraguas” se debe tener en cuenta que el uso de este método sólo se contempla para los desarrollos de las rampas Guadalupe y Norte con el fin de poder establecer el circuito de acarreo de Milpa Profundo.
- Se debió tener anclado, zarpeado y enmallado, siempre hasta el tope de cualquiera de las rampas, necesarias para desarrollar el método.
- La plantilla de barrenación que se utilizó fue para una sección de 6 X 5.5 metros, donde al final se realizaron los barrenos para el “Paraguas”. La barrenación para el paraguas se realizó sólo en el cielo de la obra dando un total de 14 barrenos con una longitud de 20 pies con una inclinación de 5 grados (fotografía 16).



Fotografía 15. Vista de la barrenación en la rampa Guadalupe para la preparación del método del “Paraguas”.



Fotografía 16. Resultados obtenidos en la operación del método de sostenimiento llamado en la Unidad Milpillas “Paraguas”

- La separación de los barrenos del “Paraguas” respecto a la del post corte debe de ser de 1 metro.
- Se insertan varillas se inyectan con cemento para tener una mejor adherencia y consistencia de la roca.
- Se disparan únicamente un total de 14 pies quedando al final las varillas con el concreto como el “techo” de la obra (figura 25).

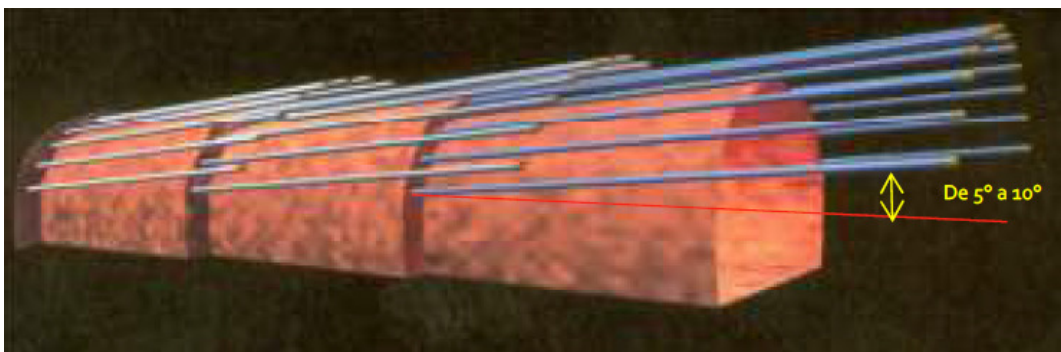


Figura 25. Vista Lateral del método del “Paraguas”.

#### III.4.10. Instalación de cable.

En la unidad se determinó que en algunos casos es necesario utilizar otros métodos de soporte adicionales con los que se cuenta, como lo son la instalación de cable de pre esfuerzo con un longitud aproximadamente de 8 hasta 25 metros en promedio con una cuadrícula de 1.5 X 1.5 metros; el equipo utilizado fue el DS420 de Sandvick.



Fotografía 17. Instalación de cable de  $\frac{3}{4}$  de pulgada con una longitud de 8 metros con sección de 1.5 X 1.5 metros en el área del taller Nivel 890.

Se muestra de forma esquemática un soporte propuesto para el área del taller en el nivel 890, debido a que es una obra temporal la que dará servicio a todos los equipos de mina; teniendo en operación la zona de Milpa Profundo, se debe establecer que esta área sea muy segura, ya que una vez que está en operación un taller es muy difícil realizar reparaciones posteriores. El sistema de soporte que se tiene en la zona del taller consiste en una combinación de malla electro-soldada sujeta con anclas de varilla corrugada, con una separación de 1.0 a 1.2 metros, de varilla corrugada de 19 milímetros X 2.4 metros con rosca y placa y cable de pre-esfuerzo con una longitud mínima de 10 metros en toda el área del taller. Una vez finalizado este trabajo se podrá lanzar concreto proyectado, tratando de darle un espesor de 2 pulgadas.



Fotografía 18. Sistema de soporte instalado en el área del taller en el nivel 890.

#### III.4.11. Acarreo de Mineral

El acarreo de Mineral esta asignado a dos contratistas Capricornio; cuenta con 15 camiones de volteo marca Kenworth con capacidad de 15 toneladas, 6 camiones marca Mack con capacidad de 40 toneladas. Contratista Saenz por su parte, cuenta con 6 camiones de volteo Kenworth con capacidad de 15 toneladas y un camión marca Mack con capacidad de 35 Toneladas.



Fotografía 19. Acarreo de mineral con camiones Mack con capacidad de 40 toneladas.

#### III.4.12. Lanzado de concreto.

El lanzado de concreto se utiliza en obras permanentes y los rebajes de producción debido a que se tiene la presencia en toda la unidad, de una calidad de roca de mala a muy mala, por lo que es necesario el estar lanzando concreto en la mayor parte de la mina. En la actualidad esta actividad la realiza el contratista Promaco que cuenta con el equipo más moderno, utilizando 4 lanzadoras modelo

Alphas 20 marca Semmco; cuenta también con 9 camiones revolvedores con capacidad de  $3\text{m}^3$ . El lanzado cuenta con las características de tener una resistencia desde  $200\text{ Kg/cm}^2$  hasta  $350\text{ Kg/cm}^2$  con un espesor de 2 pulgadas, el espesor lo determina el Departamento de Mecánica de Rocas que da las indicaciones al contratista de los lugares que se tienen que lanzar con ciertas especificaciones de resistencias; al realizar el lanzado la roca no se meteoriza tan rápido y así se pueden evitar accidentes (fotografía 20).



Fotografía 20. Lanzado de concreto en los rebajes de producción en el nivel 830.

### III.4.13. Sistema de bombeo Milpillas.

La posibilidad de interrumpir temporalmente las operaciones representa un riesgo, tanto en el aspecto financiero, como en la pérdida de equipos o instalaciones y la continuidad operativa.

El principal flujo de agua es el proveniente de los rebajes de profundización del nivel 840, así como la aportación de la falla Yaqui, la cual es una de las tres fallas que se tienen presentes en el yacimiento de Milpillas; en las estaciones de bombeo de interior mina se cuenta con una capacidad instalada de 4000 gpm (galones por minuto), hasta el momento se tiene un promedio de 2650 gpm (galones por minuto) hacia superficie. El agua se encausa a través de tuberías con ayuda de piletas auxiliares desde los niveles de la profundización hacia los niveles 1100 y 1280 donde se ubican las estaciones de bombeo.

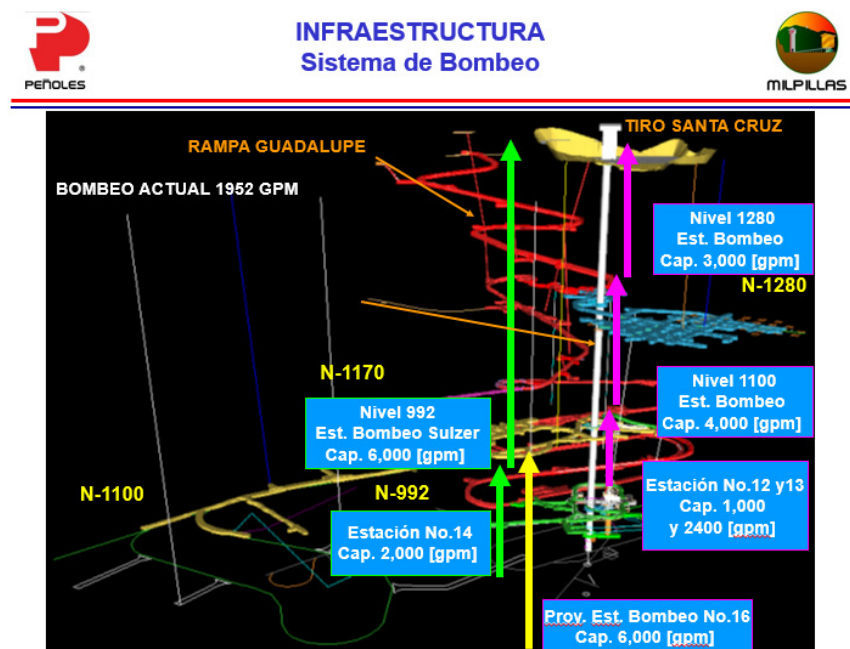


Figura 26. Sistema de bombeo de la Unidad Milpillas.

Para la apertura de Milpa Profundo se tiene contemplado que se construya la pileta número 20 que contará con una estación de bombas, instalando 5 bombas Sulzer modelo MC150 con la que se tendrá una capacidad de 5000 gpm (galones por minuto) garantizando la continuidad operativa en Milpa Profundo. Al término de

la construcción de la pileta se podrá remplazar las diferentes estaciones de bombeo que tienen actualmente (figura 27 y 28).

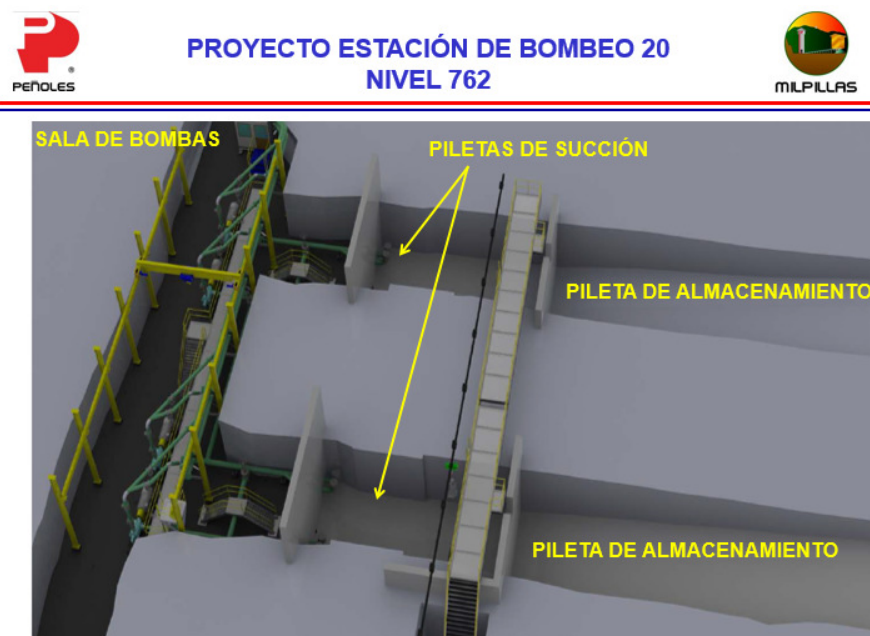


Figura 27. Proyecto de estación pileta número 20 en el nivel 762 donde se comunicarán las rampas Guadalupe y Norte.



Figura 28. Proyecto de estación pileta número 20 en el nivel 762 equipo sulzer.

### III.4.14. Infraestructura de la Mina

#### III.4.14.1 Rampa de acceso (rampa Guadalupe)

Para el acceso del personal y del equipo se cuenta con una rampa de sección 6 X 5.5 metros con una pendiente de 10% con una longitud de 6000 metros desde superficie hasta el nivel 840 metros sobre el nivel del mar; cuenta con 8 niveles principales (1280, 1220, 1100, 992, 937, 890, 840 y 780 donde se encontraba el tope de la rampa Guadalupe que conduce a la profundización de Milpa Profundo) (figura 29). La rampa se desarrolló en forma de zig-zag, cuenta con acequia la que conduce los escurrimientos de agua que se presentan en los niveles superiores (niveles 1280 y 1220) hasta el nivel 1100, donde se encuentra una pileta de captación de agua turbia, los servicios de agua y aire que se utilizan para la barrenación y el cargado son conducidos a través de tuberías extruck pack con un diámetro de 4 pulgadas cada una; se cuenta también con iluminación en toda su longitud. A partir del nivel 1100 tiene piso terminado (fotografía con el que se garantiza que el acarreo con camiones de alta capacidad se realice de manera eficiente y en el mejor tiempo posible (fotografía 21 y 22).

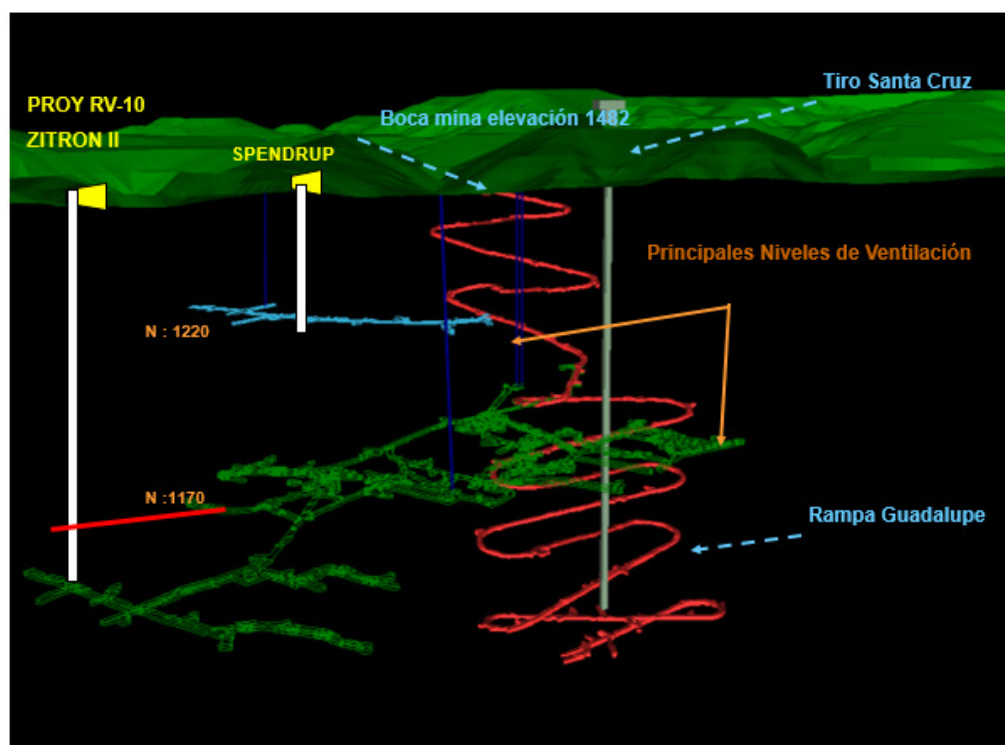


Figura 29. Vista general de la rampa Guadalupe desde la entrada de bocamina nivel 1482 metros sobre el nivel del mar, hasta el nivel 780 metros sobre el nivel del mar, en el tope de la rampa Guadalupe.



Fotografía 21. Acceso por la rampa Guadalupe al nivel 840 con sección de 6 X 5.5 metros, donde se puede ver que cuenta con acequia e iluminación en toda su longitud.



Fotografía 22. Acarreo de mineral por la rampa Guadalupe a la quebradora en el nivel 992.

#### III.4.14.2. Malacate de producción (Tiro Santa Cruz).

Se cuenta con un tiro circular de 574 metros de profundidad y 7.1 metros de diámetro revestido de concreto; se tiene dividido en tres áreas principales: área de producción, área de servicios y camino de emergencias.

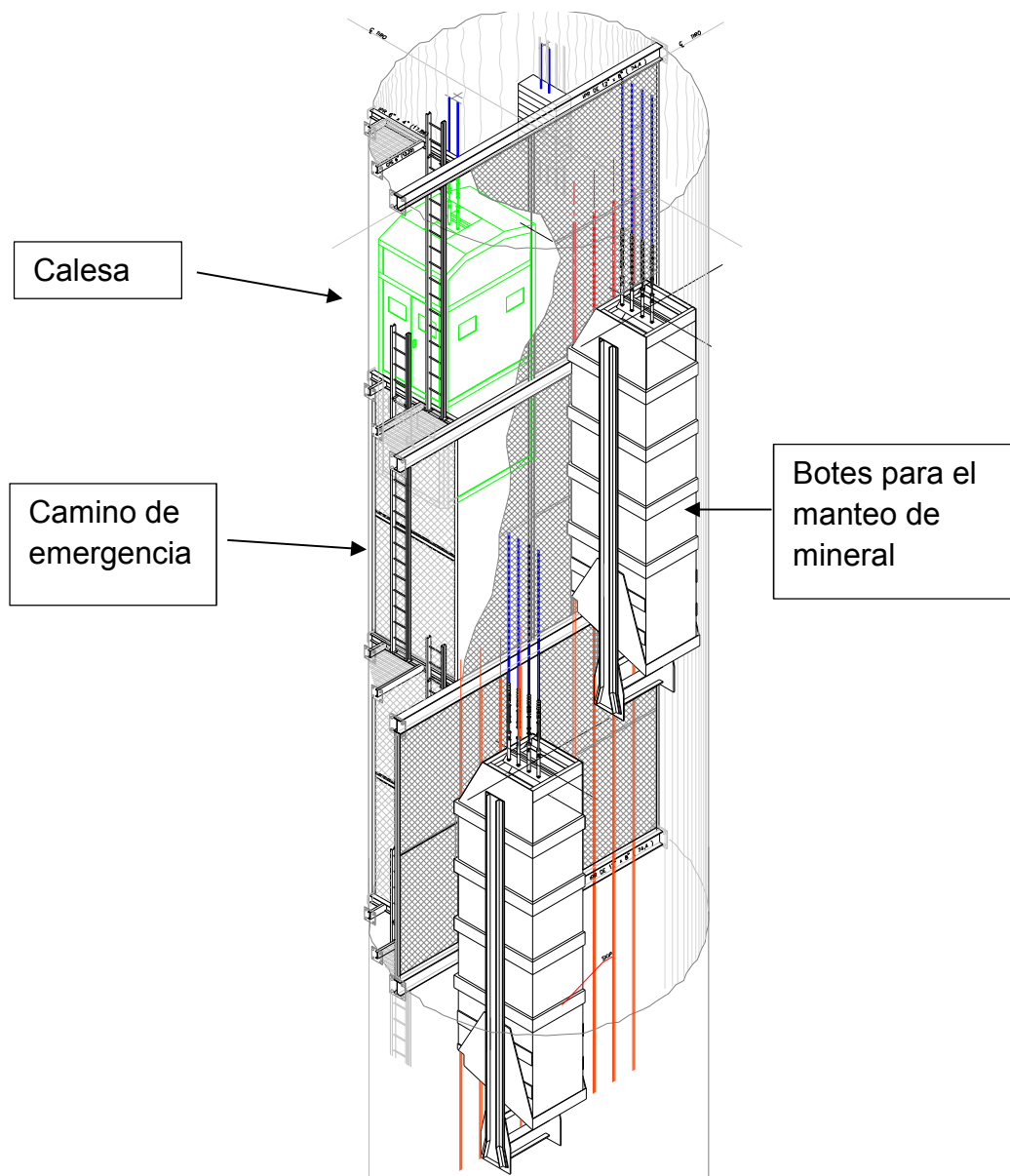


Figura 30. Vista en sección del tiro Santa Cruz.

El malacate con el que cuentan es de fricción y toma su nombre por el arreglo especial por el cual su movimiento es transmitido por la fricción que existe entre el tambor y los cables. Los cables de carga pasan sobre el tambor donde se produce la fricción.

Las ventajas de utilizar un malacate de fricción son las siguientes: se utilizan varios cables de carga en lugar de uno sólo, los cables de jalón no se enredan en el tambor ya que cuentan con un destorcedor, se cuenta con cuñas de seguridad para sobre viajes, se utilizan cables de menor diámetro se obtiene un mayor factor de seguridad, el uso que se les da está entre el rango de 300 y hasta 1200 metros de profundidad, necesita cables de balance en su parte inferior, en la parte de mantenimiento es menor el costo de los componentes, se utiliza un tambor de fricción independiente para el malacate de producción y el de servicios, se tiene un menor costo operativo, menor consumo de energía, menor inercia en las partes giratorias y el sistema está balanceado en cargas de los botes de manto.

Los cables de balance se encuentran sujetos en la parte inferior de los skips y de la calesa, estos proporcionan peso para balancear las cargas, controlando los movimientos bruscos.

El malacate de producción cuenta con un tambor de 10' (pies) de diámetro marca Siemag-Nordberg, el cuál está acondicionado con 2 motores de 1000 horse power, 8 cables guía de 1  $\frac{3}{4}$  " de pulgada de espesor, 4 cables de 1  $\frac{1}{4}$  " de pulgada de espesor, 3 cables de balance de 1  $\frac{9}{16}$ " de pulgada de espesor con destorcedor, 2 skips de 15 toneladas, la velocidad a la que están trabajando el manto es de 10 metros/segundo. Con estos parámetros se obtiene una capacidad de manto de 8000 toneladas por día (figura 31).

El malacate de servicios cuenta con un tambor de 7' (pies) de diámetro marca Siemag-Nordberg, que está acondicionado con un motor de 250 horse power, 6 cables guías de 1  $\frac{3}{4}$  " de pulgada de espesor, 4 cables de carga de  $\frac{3}{4}$  pulgada de espesor, 3 cables de balance de 15/16 de pulgada de espesor, una calesa de dos pisos con capacidad de 14 personas o un equivalente en peso a 2250 kilogramos; el peso de la calesa vacía es de 3407 kilogramos, el peso del contrapeso es el

equivalente a 1.5 veces el peso de la calesa vacía por lo que su peso es de 5110 kilogramos, la velocidad a la que están trabajando es de 3.5 metros/ segundo.

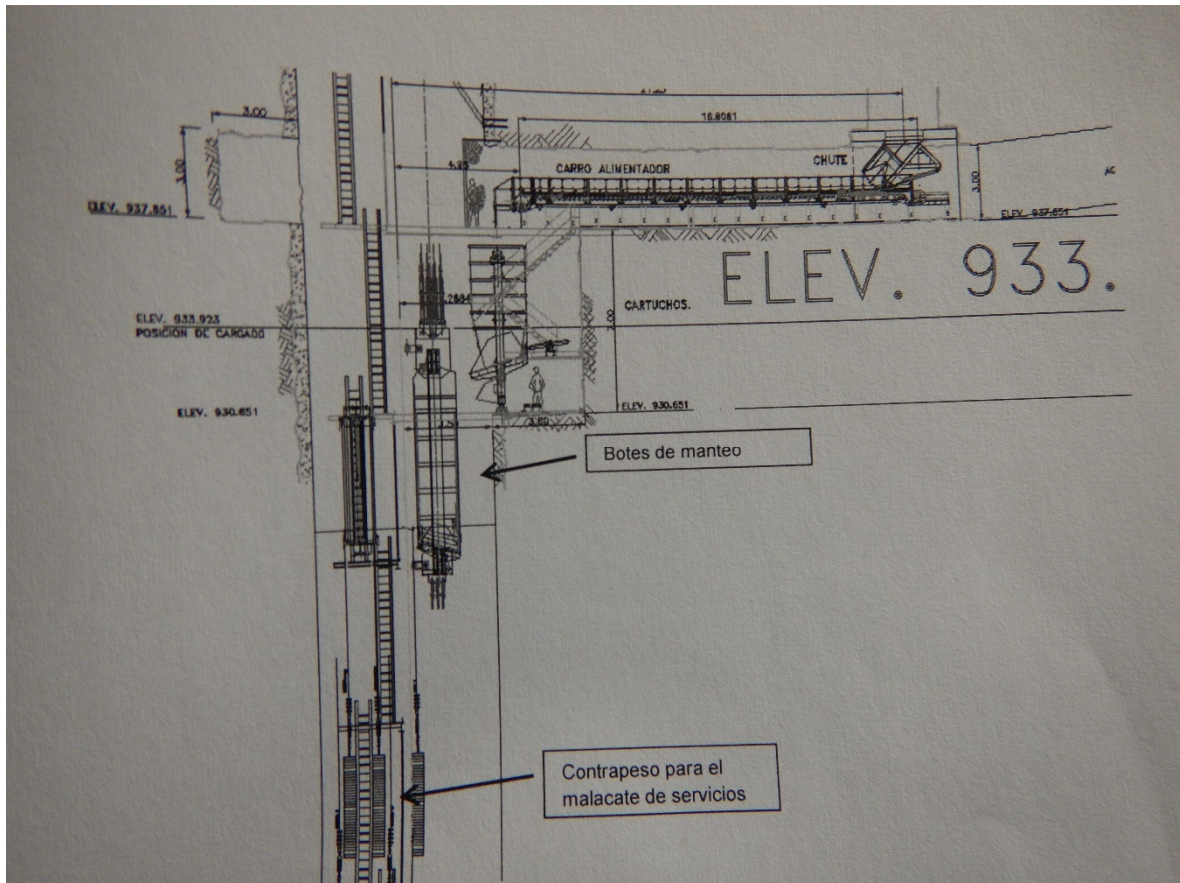


Figura 31. Vista del malacate de producción desde el nivel 937 en el área de cartuchos.



Fotografía 23. Vista del tiro Santa Cruz.



Fotografía 24. La calesa que utilizan para el ingreso a interior mina en donde se transporta el personal con un total de 14 personas por viaje.

#### III.4.14.3 Rebajes de Producción.

Los rebajes utilizan el sistema de explotación de corte y relleno con pilares y con barrenación horizontal, por la calidad de la roca de regular a mala y muy mala. Las características con las que se cuentan por este método son: Recuperaciones de las reservas in situ entre el 75-78%, es un método selectivo dejando en rebajes el material estéril y/o mineral no económico, el sistema de minado permite alto grado de mecanización en sus procesos de amacice, anclaje, lanzado de concreto, relleno, barrenación y cargado de explosivos; es un sistema seguro para el personal y equipo que laboran dentro de rebajes, su base de trabajo es sobre el relleno de tepetate.

Los principales rebajes de producción con los que se cuentan se ubican en tres niveles (1100,992 y 890 metros sobre el nivel del mar) de donde se obtiene el mineral que se tiene contemplado en la producción mensual. Cuentan con diez rebajes de producción (k-13N, k-13S, k-14, k-25, k-20, 992 oriente, 150 oriente, 1723, G-norte y 62 Guadalupe) de los cuales se obtienen las 7000 toneladas diarias para cumplir con los compromisos adquiridos por la unidad.

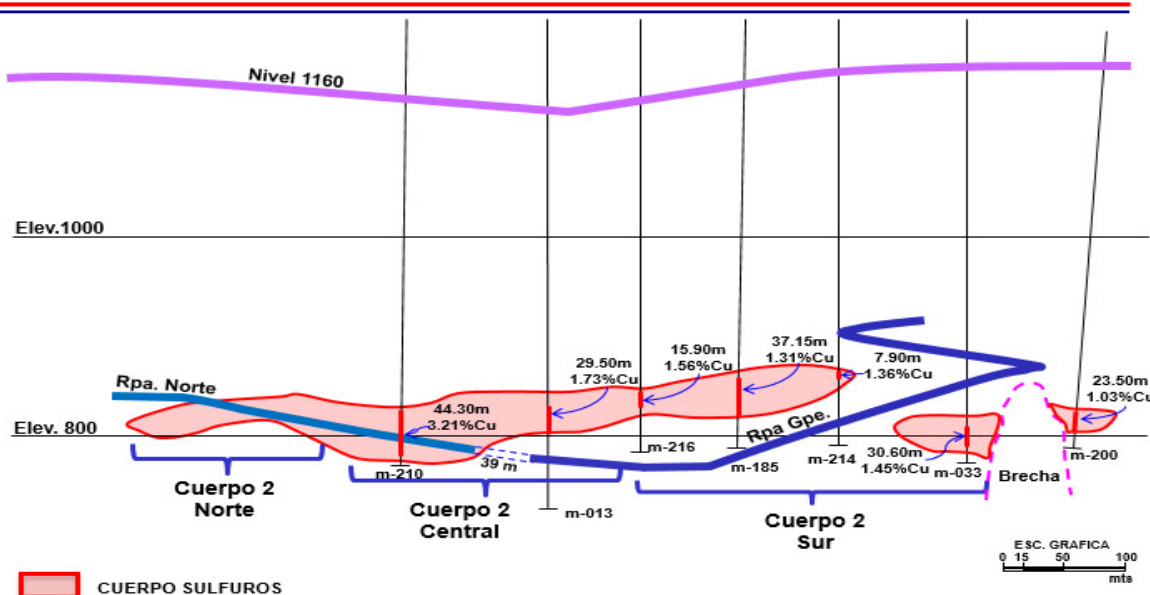


Figura 32. Sección longitudinal NW SE viendo al NE a la elevación 800.

|                                                   |                 |           | LEY BLOCK | 2012    |         |         |         | RESERVAS  | LEYES POR CORTE |       |       |
|---------------------------------------------------|-----------------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------------|-------|-------|
| NIVEL                                             | REBAJE          | TON       | % CU      | ENE     | FEB     | MAR     | TOTAL   | 2do TRIM  | ENE             | FEB   | MAR   |
| REBAJES PREPARADOS CON DATOS DE MAYO DEL 2011     |                 |           |           |         |         |         |         |           |                 |       |       |
| 992                                               | K-13 NORTE      | 135,677   | 1.625     | 26,000  | 25,000  | 25,000  | 76,000  | 59,677    | 1.300           | 1.300 | 1.300 |
| 992                                               | K-13-SUR        | 140,379   | 2.195     | 21,000  | 20,000  | 20,000  | 61,000  | 79,379    | 1.280           | 1.280 | 1.280 |
| 992                                               | K-CENTRO        | 15,000    | 1.527     | 7,500   |         |         | 7,500   | 7,500     | 1.042           | 1.042 | 1.042 |
| 992                                               | K-20            | 270,000   | 1.040     | 16,000  | 15,000  | 15,000  | 46,000  | 224,000   | 1.040           | 1.040 | 1.040 |
| 992                                               | K-25            | 871,370   | 1.204     | 16,000  | 15,000  | 15,000  | 46,000  | 825,370   | 1.204           | 1.204 | 1.204 |
| 992                                               | E 992           | 162,223   | 1.437     | 18,000  | 18,000  | 18,000  | 54,000  | 108,223   | 1.251           | 1.235 | 1.171 |
| 890                                               | Reb. 150        | 648,702   | 1.305     | 30,000  | 30,000  | 30,000  | 90,000  | 558,702   | 1.300           | 1.300 | 1.300 |
|                                                   | SUBTOTAL        | 2,243,351 | 1.320     | 134,500 | 123,000 | 123,000 | 380,500 | 1,862,851 | 1.234           | 1.244 | 1.234 |
| LEY Cu                                            |                 |           |           | 1.234   | 1.244   | 1.234   | 1.237   |           |                 |       |       |
| REBAJES EN PREPARACIÓN CON DATOS DE MAYO DEL 2011 |                 |           |           |         |         |         |         |           |                 |       |       |
| 1100                                              | G INFERIOR      | 538,740   | 1.026     |         | 6,000   | 10,000  | 16,000  | 522,740   | 1.00            | 1.00  | 1.00  |
| 992                                               | K-14            | 51,000    | 1.100     | 16,000  | 15,000  | 20,000  | 51,000  | -         | 1.100           | 1.100 | 1.100 |
| 866                                               | Reb. 117        | 93,558    | 1.414     | 15,000  | 15,000  | 15,000  | 45,000  | 48,558    | 1.388           | 1.391 | 1.361 |
|                                                   | 62-I CRO 1960   | 782,980   | 1.284     | 8,000   | 12,000  | 15,000  | 35,000  | 747,980   | 1.150           | 1.150 | 1.150 |
| 830                                               | 62-II N-830     | 624,700   | 1.173     | 4,000   | 5,000   | 5,000   | 14,000  | 610,700   | 1.198           | 1.198 | 1.198 |
|                                                   | 62-III RPA. GPE | 286,000   | 1.142     | 3,000   | 5,000   | 7,000   | 15,000  | 271,000   | 1.319           | 1.319 | 1.428 |
| 866                                               | REB 18          | 1,230,556 | 1.146     | 3,000   | 3,000   | 3,000   | 9,000   | 1,221,556 | 1.049           | 1.047 | 1.017 |
| 992                                               | 1010 R          | 121,817   | 0.954     | 1,500   | 1,000   | 2,000   | 4,500   | 117,317   | 1.00            | 1.00  | 1.00  |
| 880                                               | Reb. 1723       | 282,836   | 1.423     | 5,000   | 5,000   | 5,000   | 15,000  | 267,836   | 1.00            | 1.00  | 1.00  |

Figura 33. Distribución del tonelaje a producir por rebaje.



Figura 34. Rebaje 62 Guadalupe ubicado en el nivel 890.

En el Nivel 840 se tiene contemplado la ampliación de la vida de la mina con la explotación de los cuerpos de “Milpa Profundo” teniendo un total de reservas de 23 millones de toneladas de cobre.

Para la explotación de los cuerpos de la Unidad Milpilllas, es necesario crear una infraestructura de profundización para tener acceso a ellos y asegurar su extracción de manera económica dando continuidad al negocio.

#### IV. Planta Concentradora.

Consiste en un proceso de lixiviación-extracción por solvente- electrodeposición con una capacidad de 45,000 toneladas por año de cobre catódico.

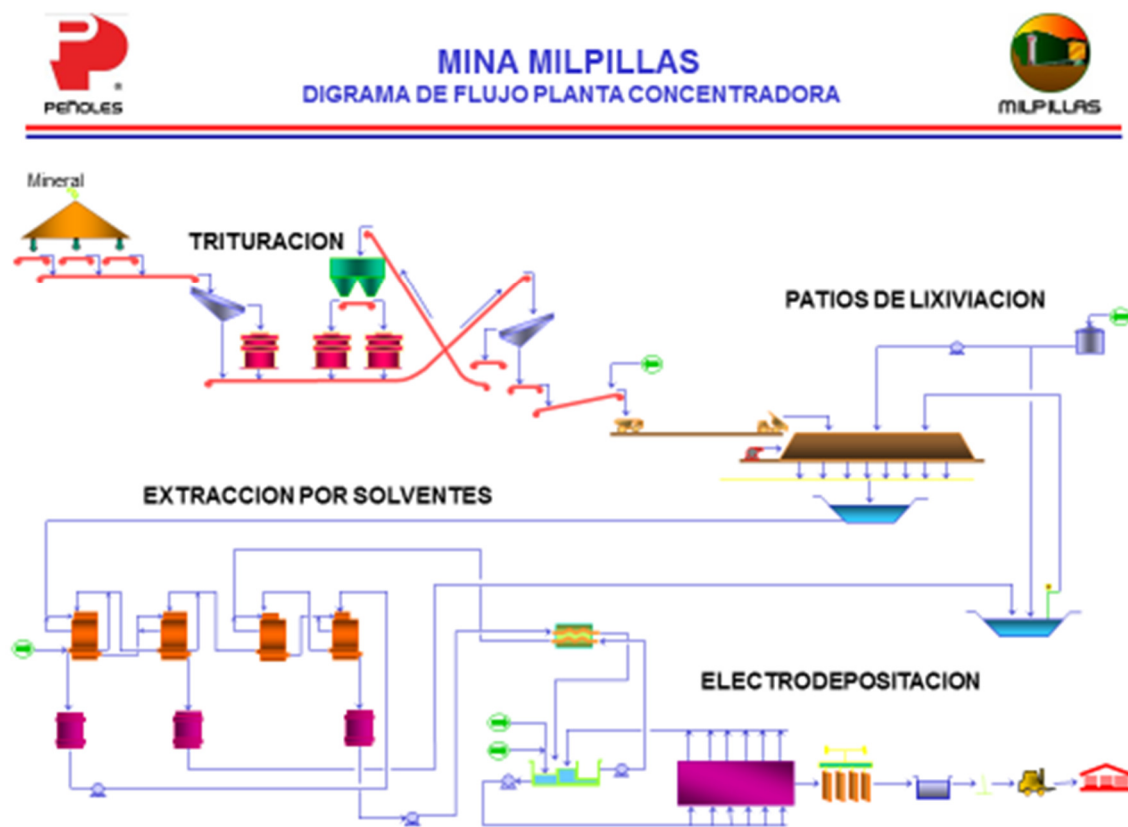


Figura 35. Diagrama de flujo Planta Concentradora

##### IV.1 Trituración secundaria.

En la etapa de trituración (circuito cerrado) en 2 etapas con capacidad de 580 toneladas por hora, con el cual se obtiene un producto a -1/2 pulgada; este circuito cuenta con un tambor aglomerador que distribuye el ácido en un proporción de 35 kilogramos por tonelada triturada.



Fotografía 25. Circuito de trituración.

#### IV.2 Patios de lixiviación.

Las toneladas trituradas son depositadas en los patios de lixiviación que constan de una superficie de 600,000 m<sup>2</sup> de superficie en donde el material impregnado con ácido es transportado en camiones convencionales de 15 toneladas, en camas de 4 metros de alto, cada 12 metros se coloca un interlainer. El ciclo de irrigación es de 225 días para los óxidos y de 445 días para los sulfuros, la irrigación es de 101 litros por hora por cada metro cuadrado.



Fotografía 26. Patios de lixiviación.

#### IV.3 Extracción por solventes.

La extracción por solventes es canalizada a través de tubería hasta las piletas de solución rica. El circuito de electrodeposición consiste en un tren de circuitos eléctricos con 110 celdas con 84 cátodos y 85 ánodos Pb/Ca/Sn por celda y una eficiencia del 92% y una grúa viajera la cual realiza las operaciones en sistema automático.



Fotografía 27. Circuito de electrodeposición.

V. Variación del Método de Explotación llamado en la Unidad Milpillás “tumba sobre carga” (combinación de corte y relleno, salones y pilares y tumba sobre carga).

Dado que el ritmo de explotación de la mina y la reciente evaluación de reservas, indican que la mayor parte de las reservas se encuentran por debajo del nivel 840 en los cuerpos de “Milpa Profundo” del nivel 750, ha sido necesario establecer nuevos sistemas de explotación, en donde no sólo es necesario el utilizar los métodos tradicionales combinados (corte y relleno con salones y pilares), sino que actualmente se lleva a cabo una nueva modificación que añade el método de “tumba sobre carga”. Con esta nueva combinación de tres métodos la unidad no sólo ha podido llegar al cumplimiento de sus objetivos, sino que ha demostrado que con empeño y colaboración de todo el personal se pueden lograr cambios significativos y trascendentales.

Con la variante del método de explotación “Tumba sobre carga” mejoraron sus estándares operativos obteniendo los siguientes resultados:

- 1.- Incrementar la seguridad del personal y equipo, ya que en todo momento se cuenta con anclaje y zarpeo.
- 2.- Facilita la continuidad del minado congruente con los presupuestos de extracción en tonelaje y ley que aseguran los contenidos metálicos.
- 3.- Incrementan la productividad en la barrenación horizontal al aplicar la barrenación a 20 pies con barra de extensión.
- 4.- Incrementan los stocks de mineral tumbado en rebajes para asegurar la extracción diaria.
- 5.-Reducción de la dilución del 12 al 4% en el rezagado del mineral que permite incrementar los contenidos metálicos un 8.7%.

6.- Utilizar voladuras de post corte con explosivo de baja densidad reduciendo el daño en el contorno de la obra en un 50-75%, permitiendo tener una mayor continuidad en los procesos de rezagado, amacice y relleno.

7.-El personal trabaja en alturas máximas de 4.5 metros durante todo el ciclo de tumbe.

8.-Se facilita la instalación del anclaje y el lanzado de concreto altamente mecanizado en cielos y tablas del rebaje.

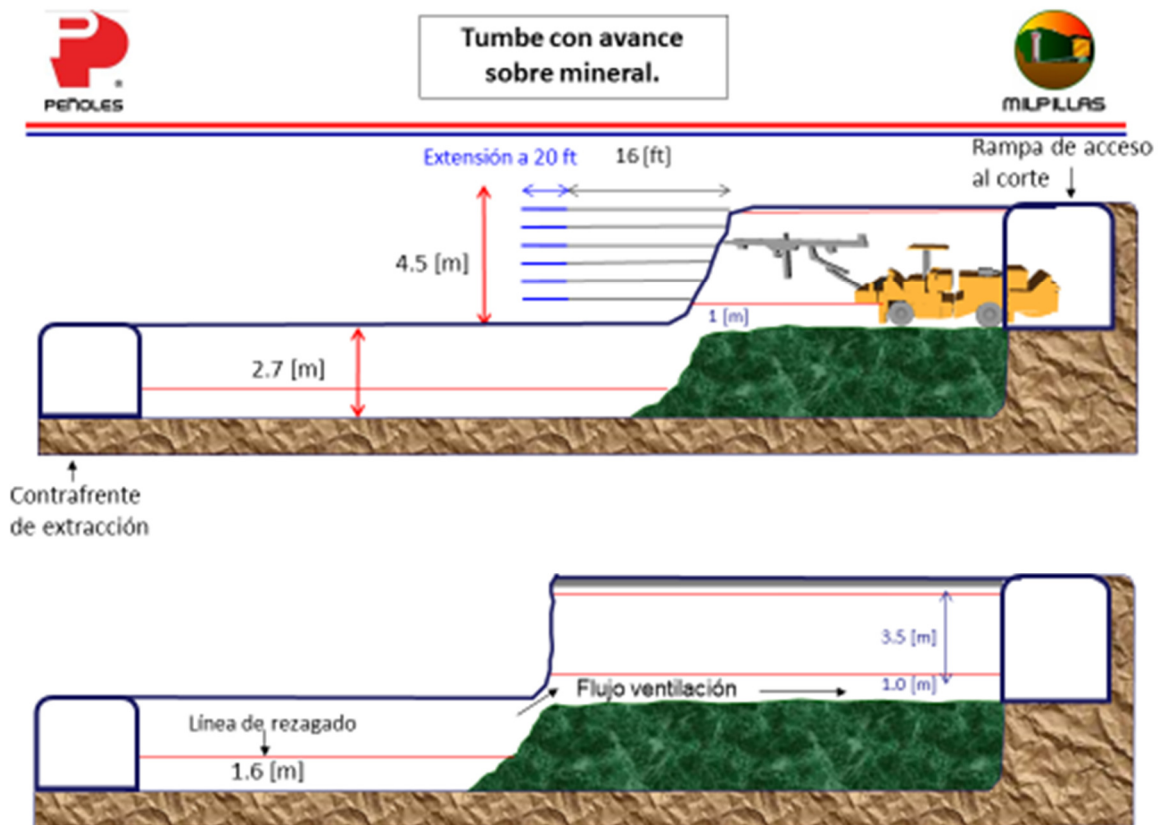


Figura 36. Tumbé sobre carga utilizando barrenación a 20 pies con barra de extensión.

9.- La productividad en el rezagado de mineral se incrementó de 200 a 260 toneladas por hora.

10.- El relleno de tepetate se realiza en cascada y de manera continua a una altura de 2.7 metros acelerando el ciclo de relleno en un 50%.

11.- El sistema de ventilación se mejoró un 90% al facilitar un mejor barrido del aire al eliminar el relleno ahogado.

12.- Se incrementaron al 200% los stocks de mineral en rebajes por mayor número de topes en producción.

13.- Se facilita la dosificación de diferentes calidades de mineral por contar con stocks en varios rebajes de diferentes leyes.

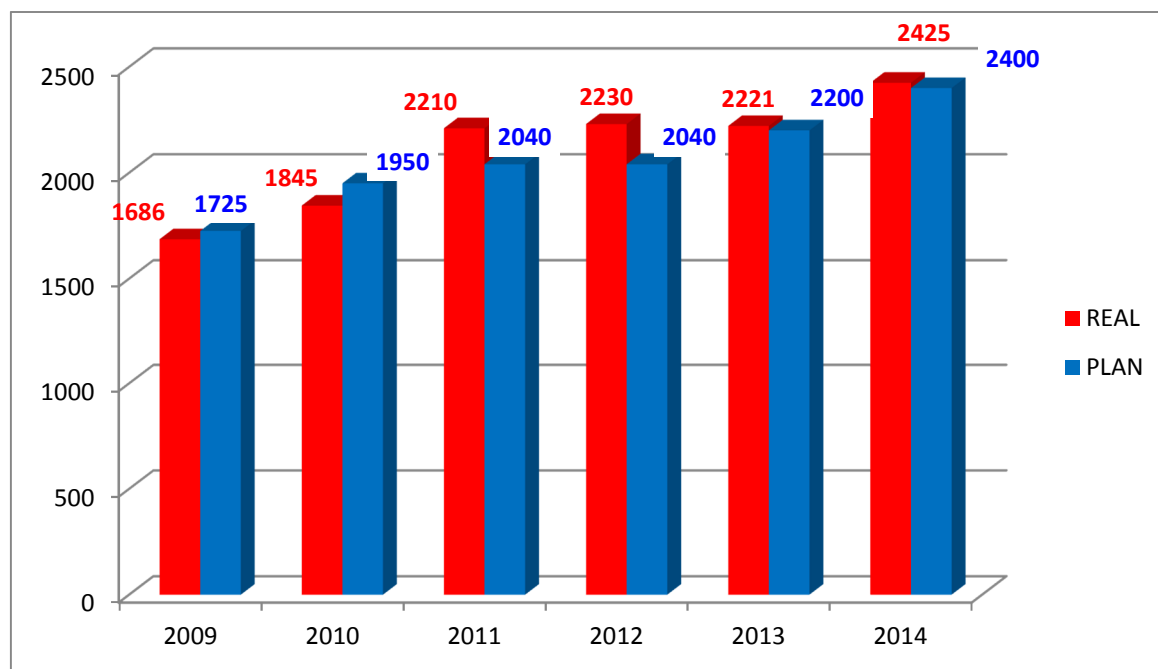


Figura 37. Producción anual de la unidad Milpillas desde el año 2009 al 2014.

14.- La utilización de equipo se incrementó en un 50% al disponer de más topes de mineral a barrenar, rezagar y rellenar.

15.-En el momento del rezagado del mineral en un pilar, nunca se debe limpiar en sus cuatro caras, siempre se deben mantener dos caras con carga de mineral.

16.-El relleno de tepetate siempre se hará en cascada e inmediatamente después de haber rezagado el mineral y cubrir las dos caras que se rezagaron.

17.- Instalar tirones a equipos de rezagado que se operan a control remoto para liberar los frenos y recuperar estos por posibles fallas mecánicas dentro del rebaje al rezagar el mineral (vital dar mantenimiento y probar estos de acuerdo a los mantenimientos programados).

18.- Colocación de topes de rezaga a la altura de media llanta en los taludes de tepetate al ir rellenando.

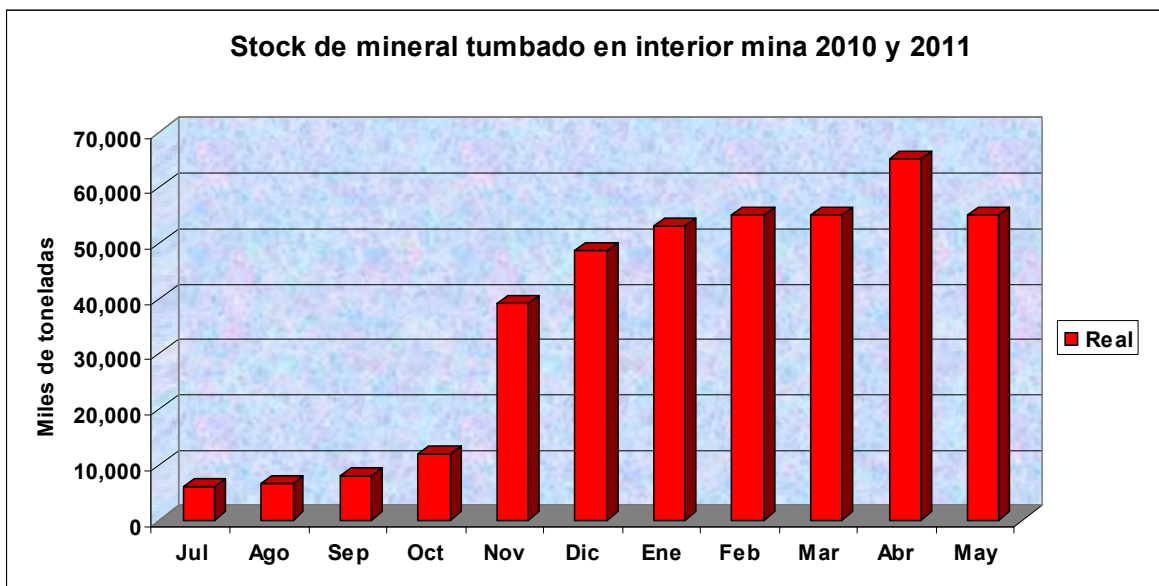


Figura 38. Stock de mineral tumbado en interior mina, a partir de octubre del 2010 al comenzar a utilizar el método de “Tumbe sobre carga”.

A continuación se muestra la serie de pasos que se tienen que dar, para lograr los mejores resultados sin accidentes, aumentando la producción significativamente:

#### V.1.- Preparación del rebaje.

Se cuenta con una rampa de acceso al rebaje y una contrafrente con la que se va apoyar para la recuperación del mineral. Ambas obras cuentan con una sección de 6 X 5.5 metros, con una pendiente del 10% en promedio, que cae dentro de los procedimientos para evitar cualquier accidente debido a que el acarreo de mineral se va a hacer con camiones convencionales de 35 toneladas marca MACK.

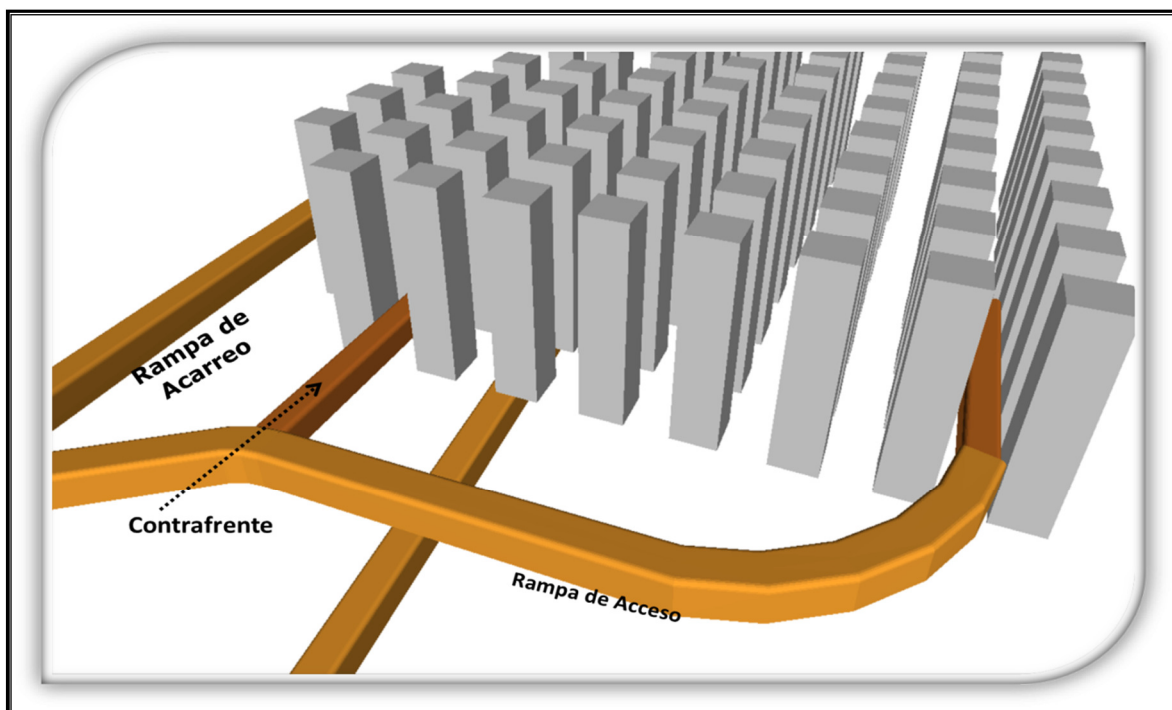


Figura 39. Rampa de preparación, acarreo y contrafrente para la recuperación del mineral.

2.- Una vez preparada la rampa y contrafrente, se procede a delimitar el rebaje con el sill (obra que es colada sobre mineral y que se lleva sólo por “calles” hasta

el límite del cuerpo) con el apoyo del Departamento de Geología se establece la traza mineralizada del cuerpo.

3.- La traza mineralizada es la porción en el rebaje en donde se tiene identificado la presencia de mineral y no necesariamente la apertura de todas las “calles” y “contracalles”.

4.- El sill se comienza abriendo solamente con las “calles”, sin comunicación entre ellas hasta llegar al límite de la traza mineralizada, cuando tienen delimitada la traza estas se podrán comunicar entre si del fondo de la “calle” hacia afuera; con esto consiguen tener siempre una entrada en buenas condiciones, debido a las condiciones de mala calidad de la roca presente en toda la mina. Vale la pena recordar que durante esta etapa las obras se llevaran ancladas respetando el procedimiento de anclaje, dado que es la etapa de preparación.

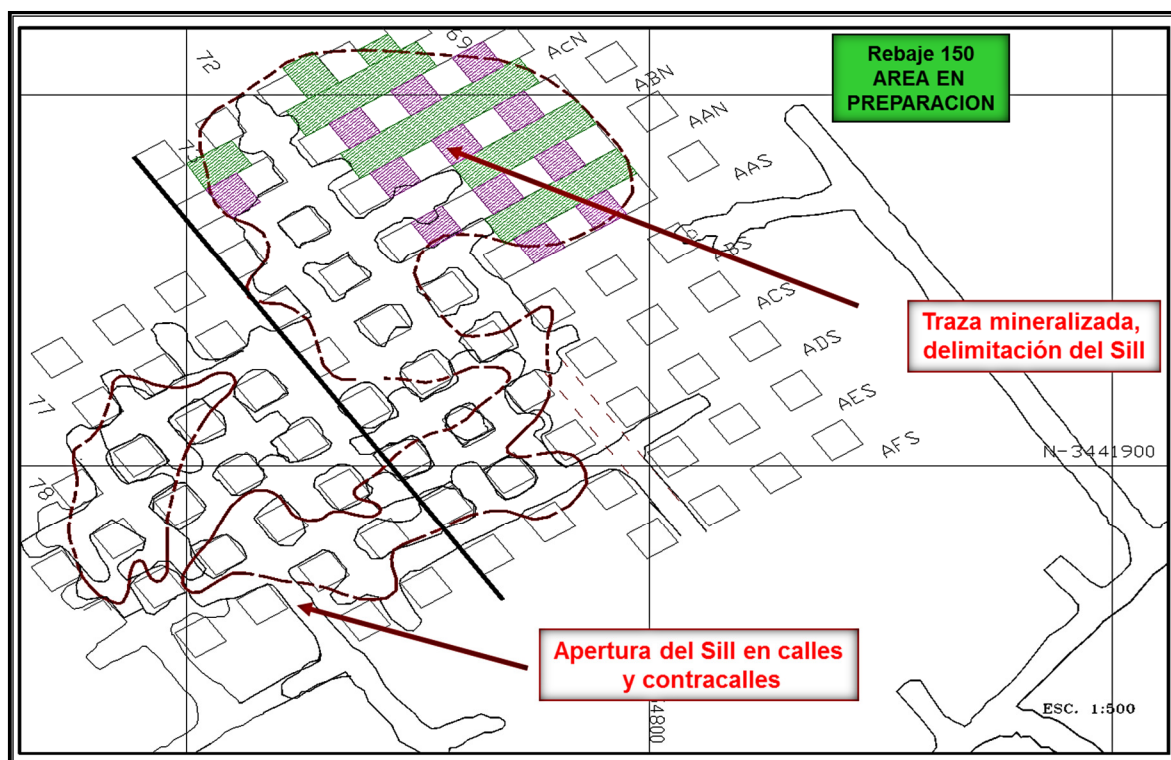


Figura 40. Plano del rebaje 150 donde se aprecia la delimitación del sill hasta la traza mineralizada.

5.- Una vez que se tiene delimitado el sill junto con la traza, se procede con la etapa del tumbado de mineral.

6.- El relleno de las calles se debe realizar a la altura del canopy (canopy es la altura máxima de la protección de la cabina del operador de todos los scoop tram deben de contar con esta protección) del scoop tram que es de aproximadamente 2.7 metros.

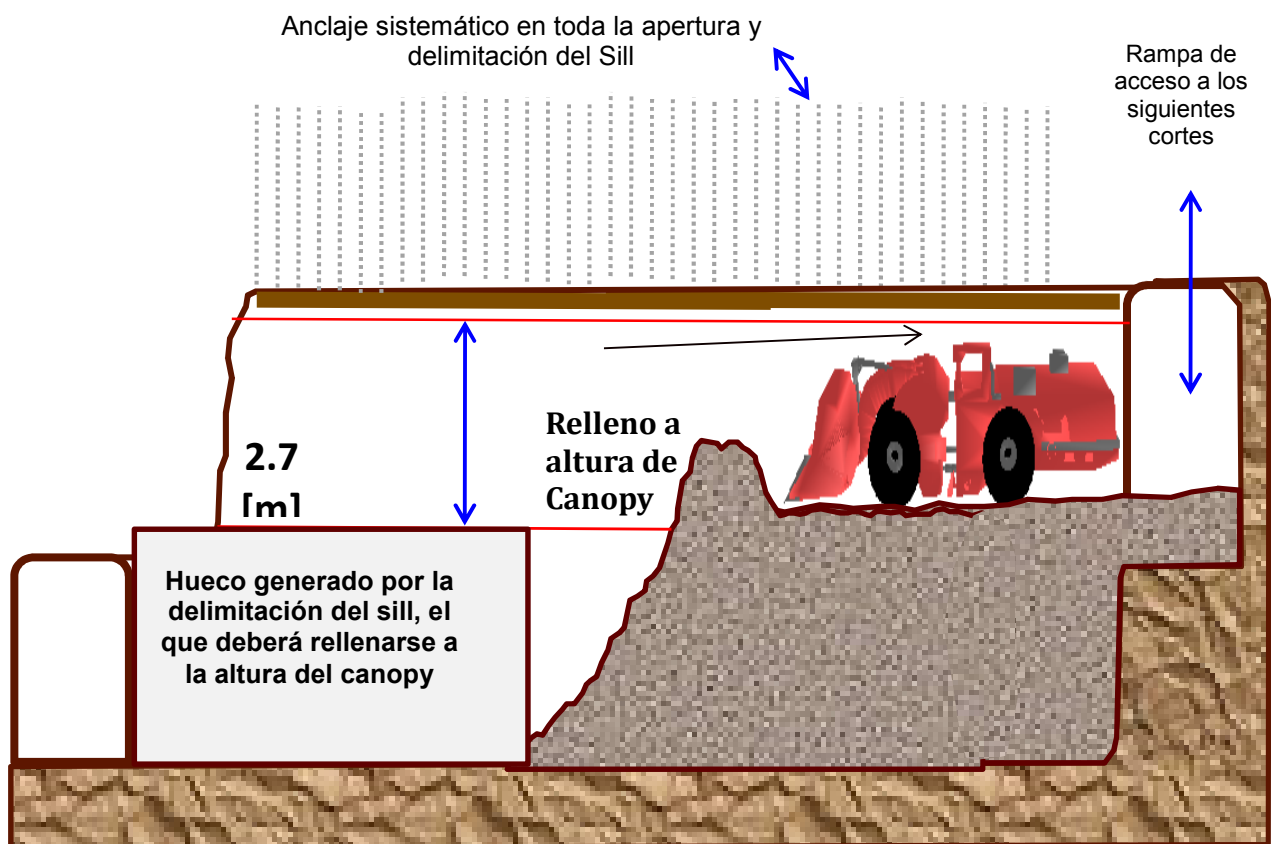


Figura 41. Diagrama esquemático del relleno a la altura del canopy, para la preparación del nuevo corte de tumbado sobre carga.

7.-Se procede a meter el tractor de orugas para dejar el rebaje lo más horizontal posible, teniendo especial atención a la parte de las tablas ya que con el scoop no es tan fácil realizar esta tarea.

8.-Debido a que en la variante en el sistema de explotación, se basa en producir la menor dilución posible que en el método tradicional de corte y relleno ahogado, se procederá a marcar las líneas de control necesarias para la etapa de recuperación del mineral que se queda aplanillado, empezando por la línea de rezagado a 1.6 metros a partir del relleno. Si no se realiza este señalamiento, se corre el riesgo de obtener una dilución muy alta, por lo que se establece que de no tener las líneas marcadas, no se procederá a la etapa de tumbe.

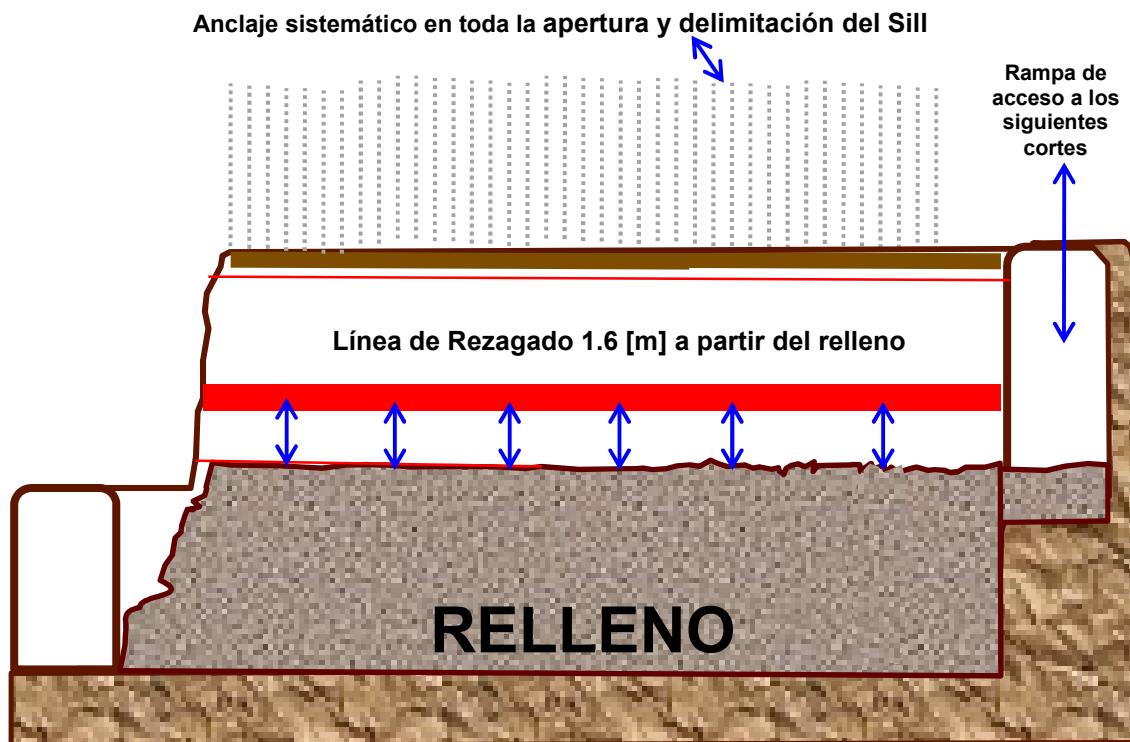


Figura 42. Establecimiento de las líneas de control para controlar la dilución en la etapa de la recuperación.

9.- Comienzan la etapa del tumbe con el primer disparo en forma semivertical, esto para alcanzar la altura de 4.5 metros y obtener la cara libre del banco de barrenación.



Fotografía 28. Marcaje de las líneas de rezagado en los rebajes de producción en Unidad Milpillás.

10.-A partir del segundo disparo de tumbe, se procede a marcar las líneas de control del piso y cielo. Con ayuda del Departamento de Topografía, se marcan tapones de piso a 1 metro de altura sobre el mineral ya tumbado. Los facilitadores se encargarán de marcar la línea de cielo a partir de la línea de piso a 3.5 metros de altura, en donde nuevamente por procedimiento de trabajo se podrá trabajar a una altura total de 4.5 metros.

11.- En el tumbe se procede con una barrenación de 16 pies y con ayuda de una barra de extensión de 4 pies, se obtendrá una profundidad total de 20 pies con lo que se establece una mejora en el sistema propuesto.

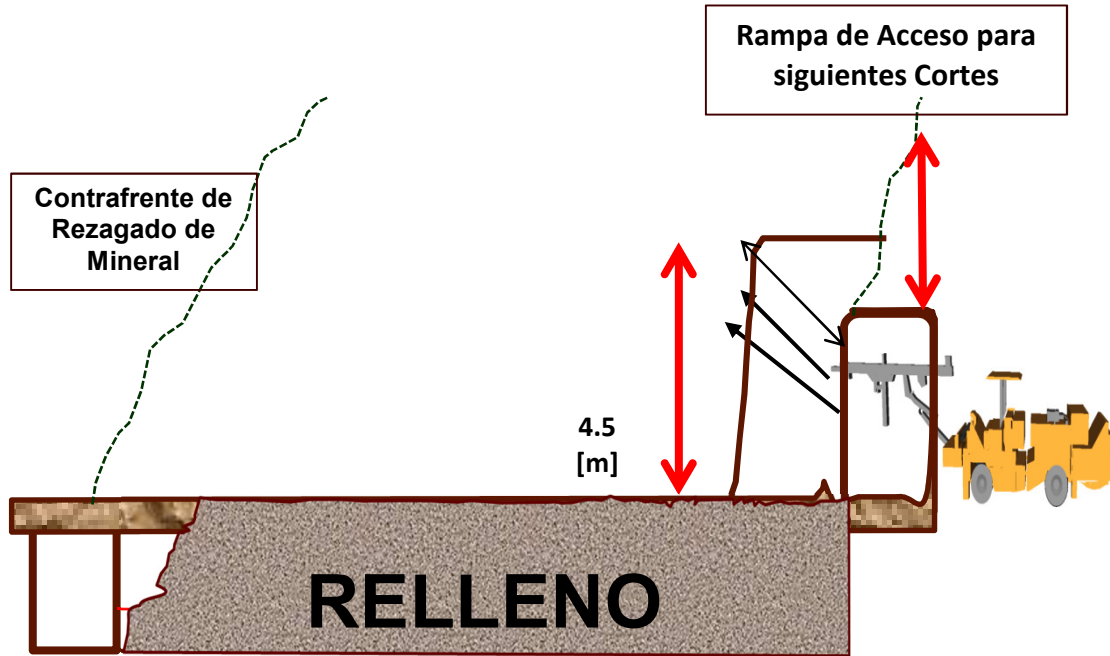


Figura 43. Apertura del banco con una altura total de 4.5 metros a partir del relleno.

12.- En caso de ser necesario se deberá de colocar anclaje con varilla corrugada y zarpeo en zonas con alta inestabilidad, además de controlar el intemperismo y proporcionar una mayor seguridad al recuperar el mineral aplanillado.

13.- El tumbe se realizará únicamente siguiendo la configuración de las calles hasta que se haya llegado al límite del cuerpo.

14.- El mineral a extraer con cada voladura será sólo el excedente una vez que se haya descubierto la cara libre se debe parar el rezagado.

Por esta razón el facilitador en turno será el responsable de marcar todas las líneas de control, ya que este es el principio fundamental del método de explotación de tumbe sobre carga en la Unidad Milpillas.



Figura 44. Tumbado sobre carga mostrando todas las líneas de control y la profundidad total de barrenación de 20 pies con barra de extensión.

15.- Una vez que se ha llegado al límite de la traza mineralizada, se procede a hacer la recuperación del mineral tumbado y aplanillado, siempre atendiendo las recomendaciones del Departamento de Mecánica de Rocas sobre los lugares inestables. En algunos casos se recomienda colocar concreto lanzado con un espesor de 2" pulgadas como mínimo.

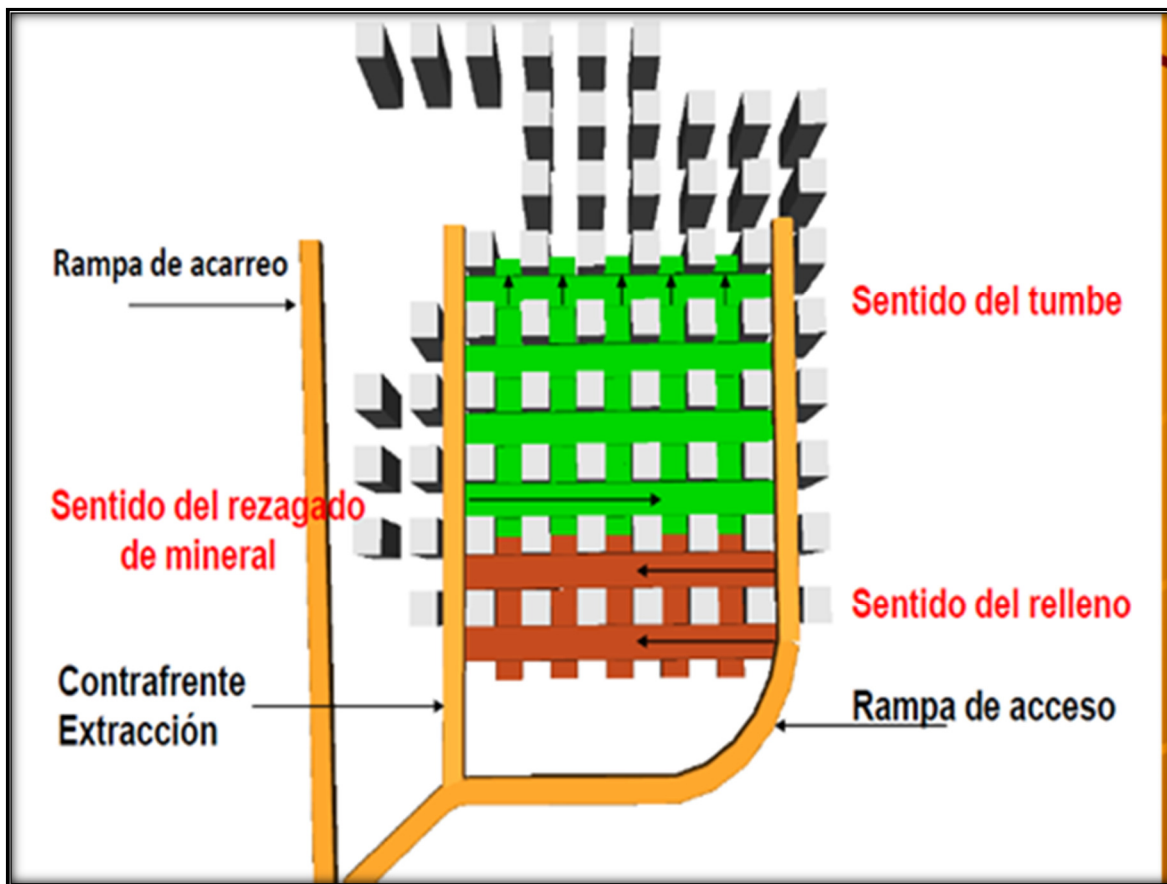


Figura 45. Secuencia de explotación en el tumbado sobre carga.

16.- Las maniobras de rezagado de mineral siempre deberán comenzar en las “calles”, una vez que se ha llegado al límite del cuerpo mineralizado.

17.- Por la altura de 7.5 metros que se va a generar al estar recuperando el mineral tumbado, queda estrictamente prohibido el ingreso a pie del personal. Se tendrá sólo el acceso al área de recuperación de mineral al scoop tram con canopy, el que deberá de respetar en todo momento, las líneas de rezagado que se colocaron en la etapa de preparación del tumbado.

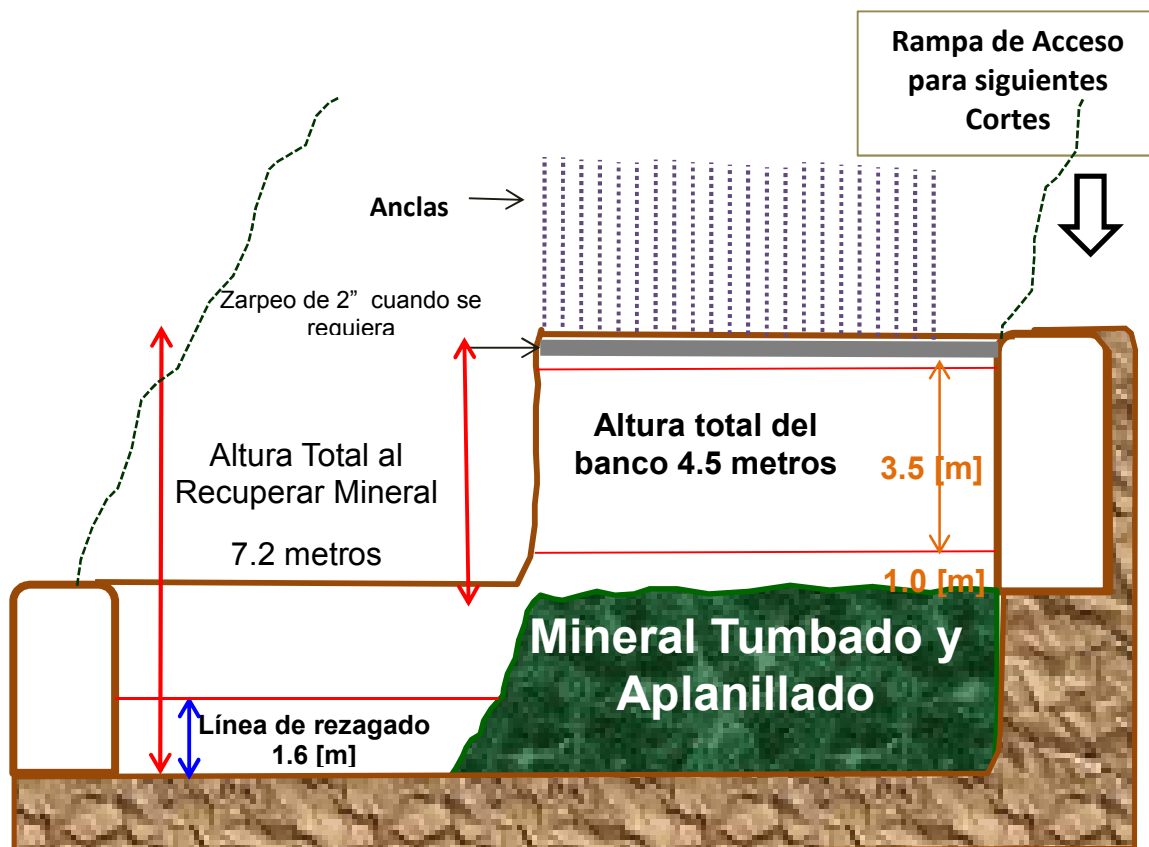


Figura 46. Secuencia de recuperación del mineral tumbado y aplanillado.

18.- La recuperación del mineral sólo se podrá hacer sobre la calle y hasta la mitad del pilar de la siguiente calle, nunca bajo ninguna circunstancia se deben dejar expuestas las cuatro caras de los pilares, ya que estos comenzarán a trabajar por la falta de relleno.

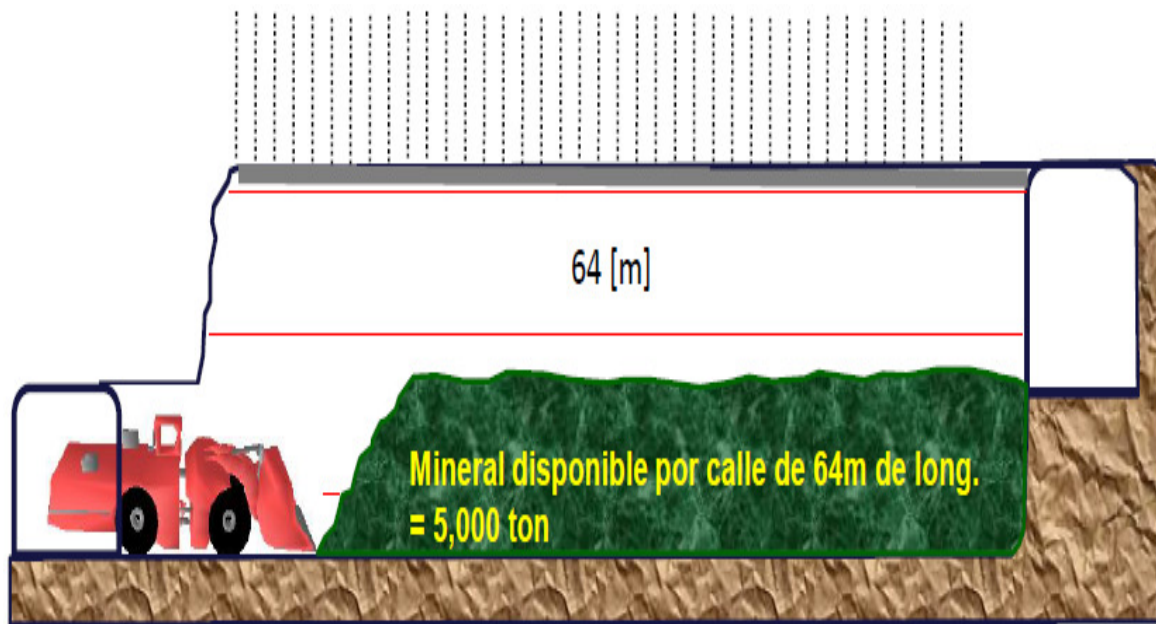
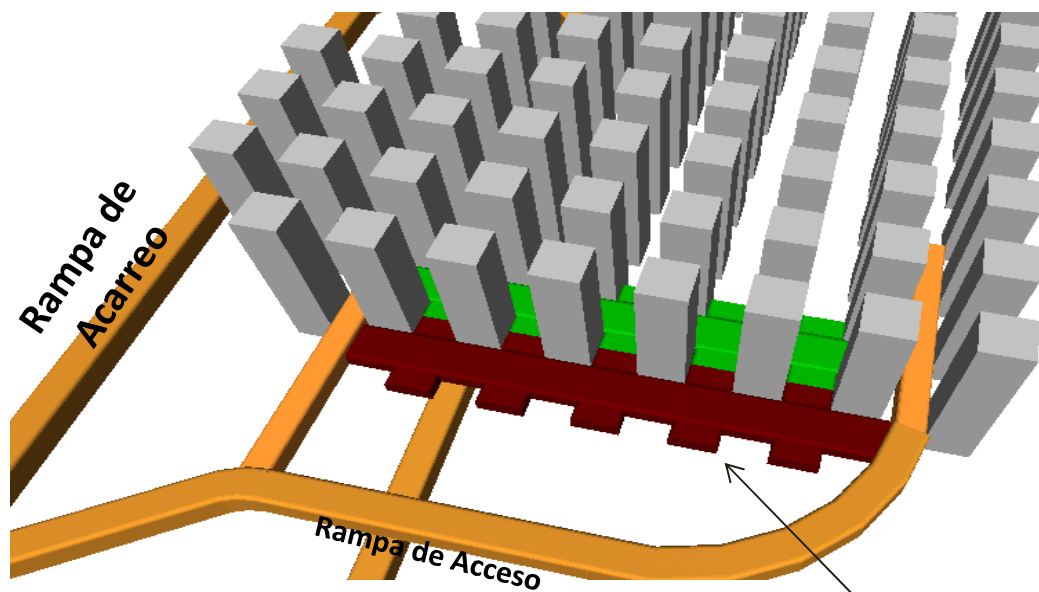


Figura 47. Bajo ninguna circunstancia el personal podrá ingresar a pie al área de recuperación del mineral.



Antes de comenzar con una nueva etapa, es importante que los pilares queden soportados por el relleno de la etapa anterior para reforzar su estabilidad.

Figura 48. Soporte de los pilares con relleno seco ya que se ha recuperado el mineral de la primera calle.

## V.2 Comparación de resultados obtenidos entre los métodos.

En el mes de octubre del año 2010 comenzaron con el tumble sobre carga en la Unidad Milpillás; no obstante al finalizar el tercer trimestre los resultados no eran muy favorables. A partir del mes de Octubre, así como los del cuarto trimestre fueron muy alentadores, dado que se lograron los objetivos, logrando tener stock de mineral disponible para comenzar el año 2011. Algo importante de resaltar es que a esa fecha y bajo la modalidad, no se ha presentado ningún accidente por la variación del método de explotación. A continuación se anotan algunos de los resultados obtenidos con la nueva variación del tumble sobre carga.

| PRODUCCION ACUMULADA UNIDAD MILPILLAS 2010 vs 2011 |           |           |          |         |                  |           |           |           |         |
|----------------------------------------------------|-----------|-----------|----------|---------|------------------|-----------|-----------|-----------|---------|
| PRODUCCION (Ton)                                   |           |           |          |         | PRODUCCION (Ton) |           |           |           |         |
| MES                                                | REAL      | PLAN      | DIF      | % VAR   | MES              | REAL      | PLAN      | DIF       | % VAR   |
| ene-10                                             | 125,025   | 150,000   | - 24,975 | 83.35%  | ene-11           | 182,514   | 165,000   | 17,514    | 110.61% |
| feb-10                                             | 122,255   | 155,000   | - 32,745 | 78.87%  | feb-11           | 172,426   | 160,000   | 12,426    | 107.77% |
| mar-10                                             | 154,622   | 160,000   | - 5,378  | 96.64%  | mar-11           | 193,398   | 185,000   | 8,398     | 104.54% |
| abr-10                                             | 150,400   | 165,000   | - 14,600 | 91.15%  | abr-11           | 168,200   | 190,000   | - 21,800  | 88.53%  |
| may-10                                             | 162,325   | 165,000   | - 2,675  | 98.38%  | may-11           | 190,100   | 190,000   | 100       | 100.05% |
| jun-10                                             | 165,087   | 165,000   | 87       | 100.05% | jun-11           | 186,161   | 190,000   | - 3,839   | 97.98%  |
| jul-10                                             | 151,352   | 165,000   | - 13,648 | 91.73%  | jul-11           | 195,098   | 190,000   | 5,098     | 102.68% |
| ago-10                                             | 136,131   | 165,000   | - 28,869 | 82.50%  | ago-11           | 200,222   | 200,000   | 222       | 100.11% |
| sep-10                                             | 150,100   | 165,000   | - 14,900 | 90.97%  | sep-11           |           | 190,000   | -190,000  | 0.00%   |
| oct-10                                             | 170,100   | 165,000   | 5,100    | 103.09% | oct-11           |           | 190,000   | -190,000  | 0.00%   |
| nov-10                                             | 175,432   | 165,000   | 10,432   | 106.32% | nov-11           |           | 190,000   | -190,000  | 0.00%   |
| dic-10                                             | 182,108   | 165,000   | 17,108   | 110.37% | dic-11           |           | 160,000   | -160,000  | 0.00%   |
|                                                    |           |           |          |         |                  |           |           |           |         |
| Total 2010                                         | 1,844,937 | 1,950,000 | -105,063 | 94.61%  | Total 2011       | 1,488,119 | 2,200,000 | - 711,881 | 67.64%  |

Figura 49. Comparativo entre los métodos de explotación 2010 vs 2011.

Se puede constatar que el cumplimiento que se tenía en los tres primeros trimestres del año 2010 era muy desalentador, pero a partir del mes de octubre se observa claramente un aumento en los resultados finales de la Unidad, así como el aprovechamiento de los recursos para el año 2011.

Con la información anterior, se puede observar (de los resultados comparativo 2010 vs 2011) que el método tradicional combinado de corte y relleno (ahogado) y salones y pilares contra los resultados de la combinación no sólo de dos métodos de explotación, sino adicionándole el tercer método de tumbe sobre carga, que los resultados hablan por sí solos no solamente en el cumplimiento de los objetivos, sino también en la seguridad, ya que no se han tenido accidentes durante el tumbé y la recuperación con el nuevo método.

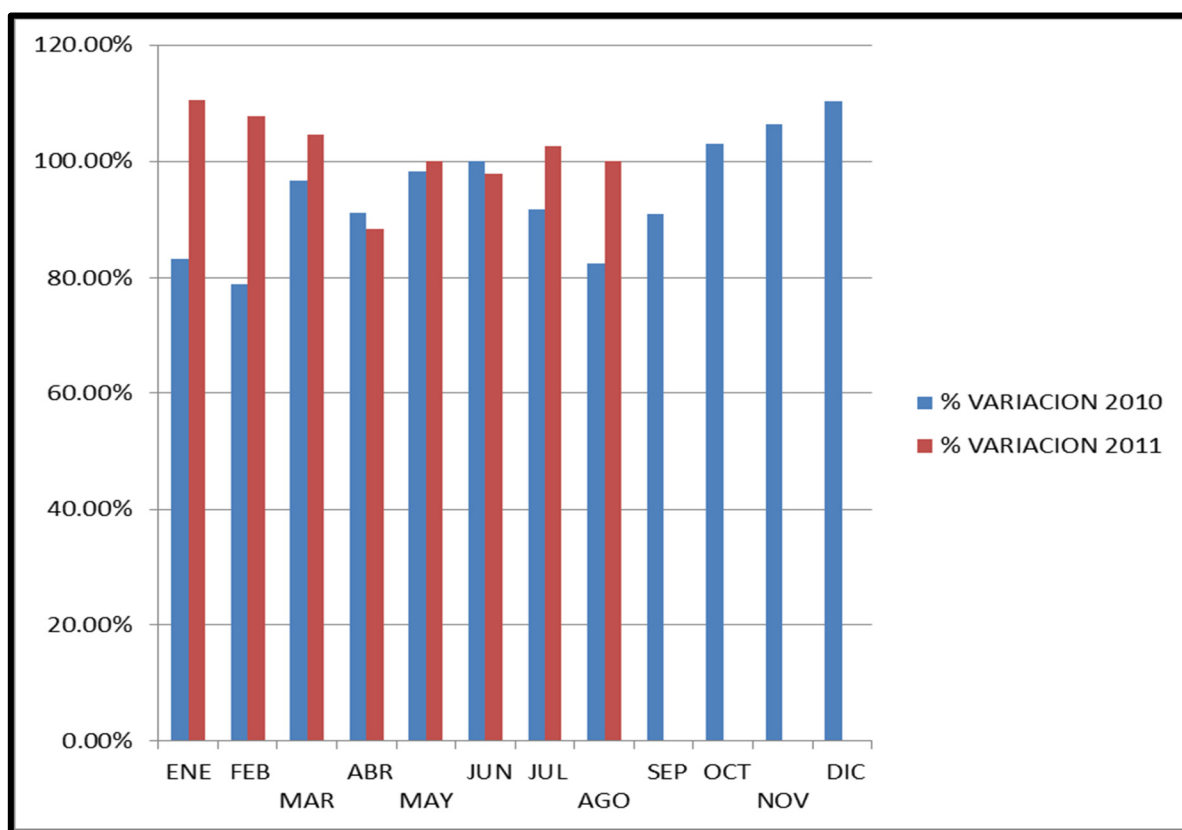


Figura 50 Gráficas del Comparativo entre el método de corte y relleno con salones y pilares utilizado en el 2010 contra el nuevo método de tumbe sobre carga en el año 2011.

#### IV. PROYECTO DE MEJORA PARA DISPAROS DE 20 PIES DE PROFUNDIDAD.

##### IV.1 Proyectos estratégicos Milpa Profundo.

Dentro de las necesidades que se tienen en la Mina, la prioridad es el desarrollo de “Milpa Profundo”, para las cuales se tienen por preparar alrededor de 23 millones de toneladas, con una ley promedio de 1.36% de cobre dentro de la zona de sulfuros secundarios.

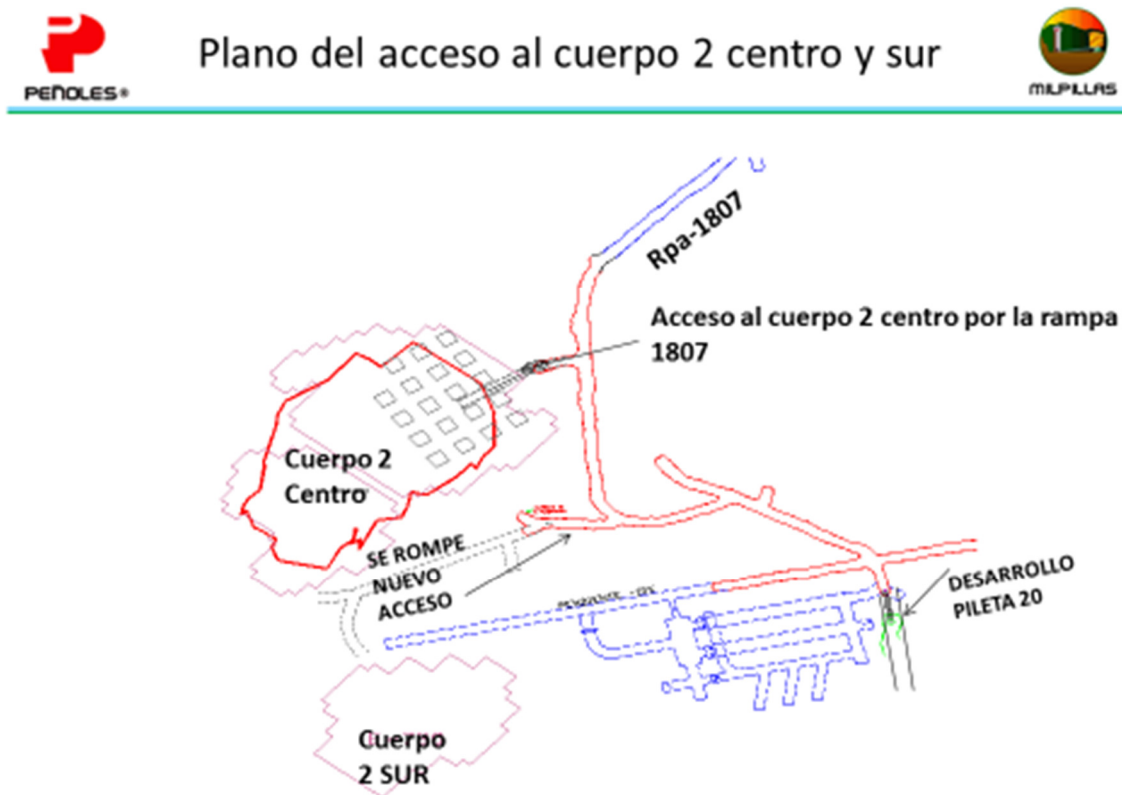


Figura 51. Cuerpo 2 perteneciente a “Milpa Profundo”.

Para cumplir con los compromisos adquiridos con la dirección de Operaciones del grupo Peñoles con un total de 2,400,000 toneladas y poder garantizar la continuidad de la mina, deben de acceder a los rebajes de los cuerpos de “Milpa Profundo” dentro de los siguientes años.

Para lograr esto se debe de estar trabajando bajo un programa de mejoramiento en el proceso de cargado y voladura, donde unos de los principales retos a vencer, es aumentar la eficiencia del disparo con la barra de extensión y tener voladuras de 20 pies, un reto muy importante dentro de la unidad Milpillas, ya que no se había considerado dentro del sistema de tumbe sobre carga “tipo milpillas” y en el desarrollo de los accesos prioritarios a Milpa Profundo.

En este trabajo de tesis se pretende demostrar la viabilidad y la conveniencia técnica de aumentar la barrenación de producción en los rebajes actualmente en explotación de 16 a 20 pies (4.8 a 6.0 metros), lo que representa un desafío muy importante para los planes de expansión de la Unidad.

#### IV.2 Antecedentes.

Al inicio del año 2015 se comenzó a trabajar con la barrenación a 20 pies; con esta nueva variación, se experimentaron algunos cambios importantes en la operación de la unidad Milpillas, entre los cuales se pueden señalar los siguientes:

- Baja eficiencia en el disparo
- Alto consumo de explosivo entre los que destacan el de 1 ½ X 39 pulgadas y el de baja densidad (T1).
- Creación de terreno inestable debido a que en el cargado de la voladura de contorno le estaban colocando 5 bombillos de baja densidad (T1).
- Retraso en los ciclos posteriores a la voladura, amacice, rezagado, amacice, anclaje, zarpeo y barrenación.
- Falta de una cultura al manejar explosivo con profundidad de 20 pies.
- Falta de estándares, para esta nueva profundización.

## VI.3 Procedimiento de cargado.

### VI.3.1 Definiciones

E.P.P: Equipo de protección personal.

Iniciadores.- Combinación de explosivo y accesorios diseñados específicamente para reaccionar a una señal e iniciar una carga base de una distancia segura cuando sea deseado.

Alto Explosivo.- Agente emulsificante y aceitoso compuesto de nitrato de amonio y diésel.

Cordón detonante.- Es un accesorio para voladura constituido por un núcleo granulado fino y compacto de un alto explosivo llamado pentrita y además se encuentra recubierto con papel de características especiales, fibras sintéticas, hilos de algodón y tiene una cobertura exterior cuya constitución cambiará según sea simple o reforzado.

Cañuela.- Material compuesto de un núcleo de pólvora negra rodeado de fibra textil contenida en una cubierta de plástico que evita la penetración lateral de agua.

Conector Th: Los conectores Th conducen la flama del ignitacord a la mecha de seguridad. Es un casquillo de aleación de cobre que contiene una mezcla de ignición.

Iniciadores no eléctricos: Ip (con retardo en fracciones de segundo) ms (retardos en fracciones de milisegundos).

Cebo: bombillo preparado con el fulminante o nonel en su interior.

Bombillo: salchicha que contiene el explosivo de alta o baja densidad.

Poliducto de struck pack de 1 pulgada: utilizado para introducir el cebo en el barreno y eventualmente para compactar el agente explosivo de carga.

Cucharilla: varilla de aluminio utilizada para lavar o limpiar los barrenos a cargar, también es utilizada después de la voladura para extraer el explosivo cuando hay barrenos quedados.

Cargador: herramienta en forma de pistola que trabaja a base de aire, utilizada para el cargado de barrenos con agente explosivo.

Olla de cargado: herramienta en forma de olla, de mayor capacidad para el cargado de barrenos con mexamón.

Asesor: es la persona directamente responsable de la operación de cada uno de los procesos de producción y extracción.

Facilitador: es la persona asignada por el asesor del proceso para coordinar las actividades del turno.

Protocolo de observación de actividades rutinarias de trabajo: descripción del área de trabajo donde se observan las condiciones inseguras y qué deben de hacer para corregirlas y evitarlas.


PROTOCOLO DE OBSERVACION

| INFORMACION GENERAL |              |  |  |  |
|---------------------|--------------|--|--|--|
| Coach: _____        | Área: _____  |  |  |  |
| Colaborador: _____  | Fecha: _____ |  |  |  |

| TITULO DE PROCEDIMIENTO / TAREA: BARRENADO CON JUMBO                                            |        |           |                                                  |                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|--------------------------------------------------|-----------------------------|
| CONDUCTA OBSERVADA                                                                              | CUMPLE | NO CUMPLE | RETROALIMENTACION ESPECÍFICA DADA AL COLABORADOR | COMENTARIOS DEL COLABORADOR |
| 1.- EPP uso <u>correcto y</u> completo.                                                         |        |           |                                                  |                             |
| 2.- Estacionar el equipo correctamente.                                                         |        |           |                                                  |                             |
| 3.- Bajar del equipo correctamente.                                                             |        |           |                                                  |                             |
| 4.- Utilización del botón de hongo para desactivar equipo.                                      |        |           |                                                  |                             |
| 5.- Área amacizada y soportada (anclada y zarpeada).                                            |        |           |                                                  |                             |
| 6.- Ventilación <u>del lugar</u> por debajo de 100ppm.                                          |        |           |                                                  |                             |
| 7.- Manejo de Barricada para <u>delimitar su</u> área de trabajo.                               |        |           |                                                  |                             |
| 8.- Área libre de barrenos quedados (chocolones).                                               |        |           |                                                  |                             |
| 9.- Orden y limpieza del área de trabajo (aplica en los servicios).                             |        |           |                                                  |                             |
| 10.- Equipo de sistema contra incendio en condiciones.                                          |        |           |                                                  |                             |
| 11.- Llenado correcto de AST y verificar <u>check list</u> del <u>mito</u> . Básico del equipo. |        |           |                                                  |                             |

Figura 52. Protocolo de observación de actividades rutinarias de trabajo

### VI 3.2 Riesgos a la seguridad y la salud.

El proceso de cargado puede resultar una actividad riesgosa en términos de seguridad, así como para la afectación en la calidad del producto final, por esto es muy importante la aplicación disciplinada del procedimiento de cargado.

Antes de entrar al área de trabajo necesitan enterarse de las precauciones y medidas de seguridad requeridas, caminar con precaución verificando condiciones inseguras tales como rocas sueltas, concentración de gases, barrenos quedados, etc. A continuación se mencionan los riesgos asociados a la actividad y como prevenirlos:

- a. Riesgo de engasamiento: al inicio del turno deben de verificar que la ventilación sea la adecuada para iniciar el trabajo, con ayuda del detector de gases se apoyan para asegurarse de que no marque arriba de 100 partes por millón de monóxido de carbono, si se detecta una concentración arriba de 100 partes, se activará una alarma visual y sonora con la cual procederán a retirarse del lugar de trabajo poblado, barricando el lugar para que no entre personal; al contar con ventilación auxiliar en el rebaje, deben de verificar que el ventilador se encuentre arrancado, la manga de ventilación se encuentre a menos de 30 metros atrás del tope, si no se encuentra en estas condiciones deberán proceder a retirarse del rebaje, acordonar y avisar al facilitador, deberán esperar a que la concentración del monóxido de carbono baje a menos de 100 partes por millón para poder entrar al área de trabajo.
- b. Riesgo de caída de rocas: el personal debe de conocer el procedimiento de reamacice manual ya que al iniciar la actividad deberán ponerse de acuerdo sobre el trabajo a realizar, preguntar al facilitador del área si el lugar está ventilado, si no va a trabajar equipo y/o personal en el área, el reamacice manual lo deben de hacer con barras de aluminio de una longitud de 8 pies; para evitar ser golpeados por las rocas que quedaron flojas después de la barrenación, tienen que reamacizar por lo menos una longitud de 15 metros atrás de la zona que se va a cargar debido a que es el área de exposición

del equipo y personal. La inclinación de las barras de amacizar debe ser de 45 grados para evitar que se deslicen las rocas por la barra, deben de amacizar de lo seguro a lo inseguro (áreas no amacizadas).

- c. Riesgos de caídas a nivel y desnivel: el camión cargador de explosivos marca Getman cuenta con canastilla con barandal, el que deberán tener cuidado de revisar en cada turno, que se encuentre en buenas condiciones, así como el brazo extendible para lograr llegar a los extremos y al cielo de la obra con el objeto de no tener que estar moviendo el equipo constantemente de posición. Es importante no cargar barrenos estando fuera de la canastilla ni sobre el barandal para evitar una caída.
- d. Riesgo de esquirlas en el cuerpo y ojos: al sopletear los barrenos e inyectar el mexamón deberán de utilizar lentes y ropa de manga larga, no deben de colocarse de frente a los barrenos que se están soplando o cargando. No apuntar la manguera de aire comprimido hacia las personas.

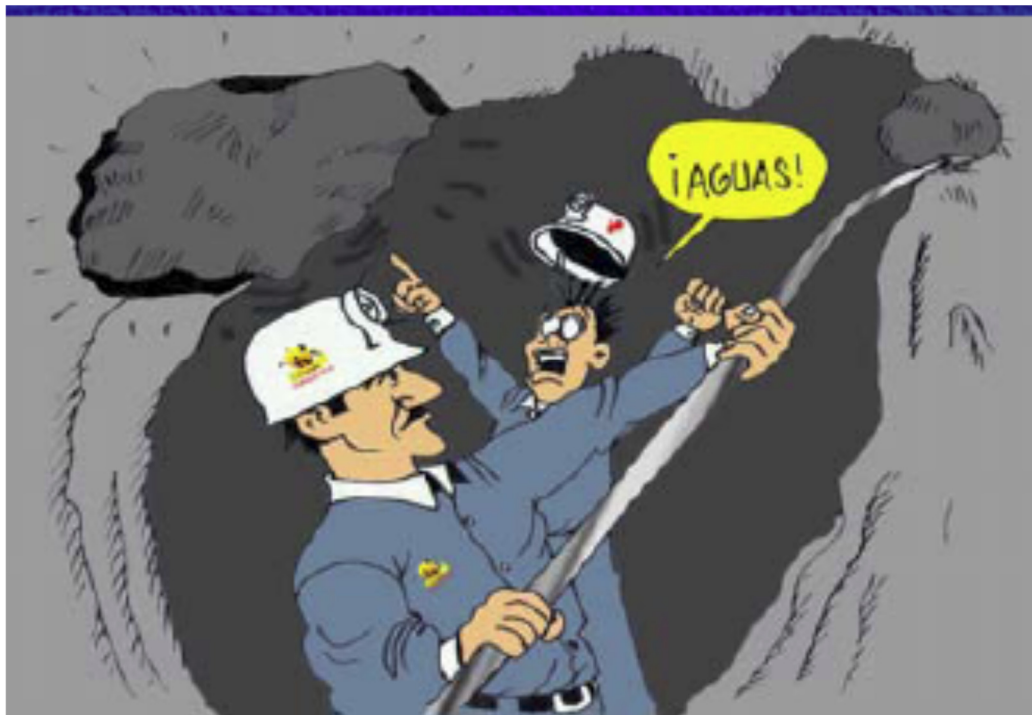


Figura 53. Representación del amacice manual con barra de aluminio.

### VI 3.3 Actividades del proceso de cargado.

Al llegar al lugar poblado para el cargado de la barrenación, se deberá de verificar que se encuentre anclado, se haya realizado la actividad del amacice en el cielo y hombro de la obra con equipo amacizador Getman; en caso de que se detecte que no se haya amacizado, no se realizará el cargado, procediendo a comunicarle al facilitador encargado del área para que se realice el amacice o se proceda a realizar el cargado en otro lugar.

Sólo se permitirá el acceso al sitio de carga de barrenos al personal autorizado para realizar esta actividad.

Para trasladar el explosivo a los lugares de cargado, el facilitador deberá realizar un recorrido con la cuadrilla de voladuras por los lugares donde realizarán el cargado y generar el vale para expedir el explosivo debidamente llenado con fecha, turno, nombre o número de la obras, nombre y firma del facilitador de Parreña encargado de los turnos, como el de la persona que recibirá el explosivo, además debe haber un listado de personal capacitado y autorizado para el manejo de explosivos. Una vez generado el vale deberá trasladarse al polvorín para surtir la carga, presentando al polvorero el vale expedido por el facilitador. Una vez despachado el explosivo, lo transportan por separado los artificios, del explosivo de alta y baja densidad, el vehículo que utilizan cuenta con un sistema supresor de incendios, tienen instalado cajones de madera que evitan la explosión por golpe, chispa o calentamiento del explosivo al ser transportado, siempre teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Sólo use explosivos si está familiarizado con ellos y ha recibido suficiente capacitación.
- Nunca encienda fuego cerca del explosivo, evite que los demás lo hagan.
- No se lleva en la ropa ningún tipo de explosivo.

#### VI 3.4 Cargado de barrenos

En un lugar seguro llenan la olla de mexamón teniendo cuidado de no sufrir un resbalón; es necesario contar con una criba al momento de vaciarlo a la olla, para evitar que se vayan bolas y correr el riesgo de que se tapen al momento de inyectarlo al barreno.

La operación de este equipo es de por lo menos dos persona, una en los controles de mando para manipular la inyección del mexamón y/o limpiando los barrenos, la otra persona en la canastilla para sujetar la manguera y realizar el cargado de la plantilla de barrenación.

Para iniciar el cargado deberán introducir el poliducto de 1 pulgada para limpiar y sopletear los barrenos y así dejarlos libre de agua y detritos. Para los bancos, la secuencia de limpieza debe de realizarse del cielo hacia abajo; en el caso de los desarrollos o cueles debe de retirarse toda la carga existente en la pata, para que pueda acercarse al tope y proceder a realizar la limpieza de los barrenos.

A una distancia segura de 15 metros del área del cargado, se preparan los cebos haciendo un orificio con un punzón de madera o aluminio en uno de los extremos del bombillo procediendo a introducir el capsul del nonel en el orificio del bombillo, cerciorándose de que quede el capsul en el bombillo y amarrar el tubo del nonel al bombillo realizando un nudo. Separar los noneles ya cebados de acuerdo a las plantillas de cargado para tener el control de la cantidad de explosivo que se va a utilizar. Durante esta actividad queda prohibido fumar mientras se está realizando cualquier actividad del proceso de cargado.

Posteriormente se introducen los bombillos cebados hasta el fondo del barreno y se utiliza la canastilla con la que cuenta el equipo de cargado Getman, para los barrenos que se encuentran en el hombro y cielo de la obra y que siempre cuenten con protección contra la caída de roca. Conectar la manguera de aire a la olla del mexamón e introducirla hasta el fondo del barreno para iniciar el llenado, abrir la válvula del aire para dejar pasar el mexamón; al mismo tiempo se debe de ir sacando la manguera hasta completar el cargado. Según la plantilla de voladura establecida para cada tipo de obra, realizar esta actividad para cada uno de los barrenos a cargar.



Fotografía 29. Encadenado de una voladura.

Actividades posteriores a la voladura: Queda prohibido volver al sitio de la voladura hasta que:

- 1.- Se asegure que el lugar ha sido ventilado, se hayan disipado el humo y los gases tóxicos (óxidos nitrosos, anhídrido sulfúrico o monóxido de carbono).
- 2.- El personal se halla cerciorado que no haya barrenos quedados y si se encuentran los tendrán que lavar para extraer los residuos de explosivo o volver a pegar en caso de que no se logre sacar el explosivo.

Después de haber realizado la voladura el personal deberá trasladarse de la mina a superficie, el sobrante de explosivos y artificios que no fueron utilizados deberán regresarse al polvorín, notificando al polvorero de qué lugar u obra son y este llenará un vale de registro que certificara la entrega del explosivo al polvorín.

Entregar tarjeta y comunicar al facilitador o coordinador general y de ser posible, al personal del siguiente turno de las condiciones del lugar y actividades pendientes, como pueden ser la instalación de servicios, de mantenimiento, orden y limpieza, etc.

#### V. Puntos críticos en la barrenación y el cargado

Después de muchos intentos para que los disparos con una profundidad de 20 pies tuvieran una eficiencia arriba del 90%, que son los parámetros mínimos que se requieren en la Unidad, se llegó a los siguientes puntos críticos donde se deberían de enfocar los esfuerzos y los resultados satisfactorios que se necesitan para los cumplimientos de los siguientes años.

#### VI.4.1 Barrenación.

Dentro de la barrenación se establecen los siguientes controles para garantizar una voladura eficiente:

1.- Falta de marcaje para la plantilla de barrenación, la que por procedimiento se tiene establecida. Esta operación es muy importante, ya que todos los operadores y los facilitadores la deben de realizar al pie de la letra debido a que si faltan barrenos, la secuencia de disparo no saldría, con la consecuente pérdida de tiempo y esfuerzo que se le dedicó ya que se tendría que repetir la barrenación.

2.- Longitud de los barrenos completa al perforar. Se determinó la forma en la que se debía barrenar y se detectó que la longitud era menor a lo que se esperaba, ya que el perforista lo hacía de esta manera más rápida, porque existía la presión por terminar el trabajo. Se tomó la determinación al estar barrenando con la barra de extensión, que se debe de asegurar de que toda la barra penetre en su totalidad y dar el suficiente tiempo al perforista para que acabe sin prisas.



Fotografía 30. Marcaje de la plantilla de barrenación para el desarrollo.

| <b>Muestra Tomadas en topes y cueles Terminados para Carga</b> |                       |                       |                       |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>Barra de 14 ft</b>                                          | <b>Barra de 14 ft</b> | <b>Barra de 16 ft</b> | <b>Barra de 16 ft</b> |
| <b>#1 (mts)</b>                                                | <b>#2 (mts)</b>       | <b>#3 (mts)</b>       | <b>#4 (mts)</b>       |
| 3.65                                                           | 3.9                   | 4.2                   | 4.3                   |
| 3.81                                                           | 3.7                   | 4.25                  | 4.15                  |
| 3.83                                                           | 3.85                  | 4.2                   | 4.2                   |
| 3.8                                                            | 3.9                   | 4.18                  | 4.15                  |
| 3.6                                                            | 3.7                   | 4.2                   |                       |
| <b>3.74</b>                                                    | <b>3.81</b>           | <b>4.21</b>           | <b>4.20</b>           |

Figura 54. Muestreo de la barrenación donde la profundidad de la barrenación con la que se barrenó no corresponde con la profundidad del barreno que se va a cargar.

#### VI.4.2 Cargado.

- 1.- Reamacice del área del trabajo al realizar el cargado: La actividad del reamacice es sumamente necesaria ya que al entrar a un terreno inestable por la acción de la barrenación se debe de realizar con el equipo mecanizado, ya que con esto se asegura la integridad del personal.
- 2.- Falta de sopleteo en los barrenos al iniciar el cargado: Al realizar el sopleteo de los barrenos se asegura que el explosivo se acople al barreno correctamente.
- 3.- Solicitud de explosivo: Se pide demasiado explosivo ya que al no estar familiarizados con la profundidad del barreno de 20 pies, creían que era necesario colocar mayor cantidad de explosivo en lugar de utilizar el mexamón, con lo que se incrementaba el factor de carga y por ende el explosivo se consumían de una manera desproporcional

| VALE DE EXPLOSIVO           |        |         | CARGA TOTAL DE EXPLOSIVO |        |  |
|-----------------------------|--------|---------|--------------------------|--------|--|
| Nonel LP d 18 ft periodo 1  | 1      |         | 1                        |        |  |
| Nonel LP d 18 ft periodo 2  | 1      |         | 1                        |        |  |
| Nonel LP d 18 ft periodo 3  | 1      |         | 1                        |        |  |
| Nonel LP d 18 ft periodo 4  | 1      |         | 1                        |        |  |
| Nonel LP d 18 ft periodo 5  | 2      |         | 2                        |        |  |
| Nonel LP d 18 ft periodo 6  | 2      |         | 2                        |        |  |
| Nonel LP d 18 ft periodo 7  | 4      |         | 4                        |        |  |
| Nonel LP d 18 ft periodo 8  | 4      |         | 4                        |        |  |
| Nonel LP d 18 ft periodo 9  | 4      |         | 4                        |        |  |
| Nonel LP d 18 ft periodo 10 | 4      |         | 4                        |        |  |
| Nonel LP d 18 ft periodo 11 | 4      |         | 6                        |        |  |
| Nonel LP d 18 ft periodo 12 | 14     |         | 7                        |        |  |
| Nonel LP d 18 ft periodo 13 | 6      | 51      | 5                        | 42     |  |
| Nonel LP d 18 ft periodo 14 | 0      |         |                          |        |  |
| Nonel LP d 18 ft periodo 15 | 0      |         |                          |        |  |
|                             |        |         |                          |        |  |
| Alto explosivo 1 1/2 x 39"  | 9cajas | 198 pzs | 6caja + 13pzs            | 145pzs |  |
| Alto explosivo T - 1        | 1cajas | 55 pzs  | 1 caja + 13pz            | 65pzs  |  |

| SOBRANTE   |                |
|------------|----------------|
| 1 1/2 X 39 | 2cajas + 9 pzs |
| FALTANTE   |                |
| T - 1      | 13pzs          |

Figura 55. Ejemplo de la solicitud de un vale de explosivo en el cargado de los desarrollos con una sección de 6 X 5.5 metros, donde se puede observar que se tienen sobrantes ya que no se contaba con una buena plantillas de cargado bien establecida.

4.- Manejo inadecuado del explosivo: Se tiene falta de orden al estar manejando el explosivo dado que el personal que lo transporta no tiene el cuidado necesario para dejarlo en un lugar específico porque se tiene la repartición en varios lugares.

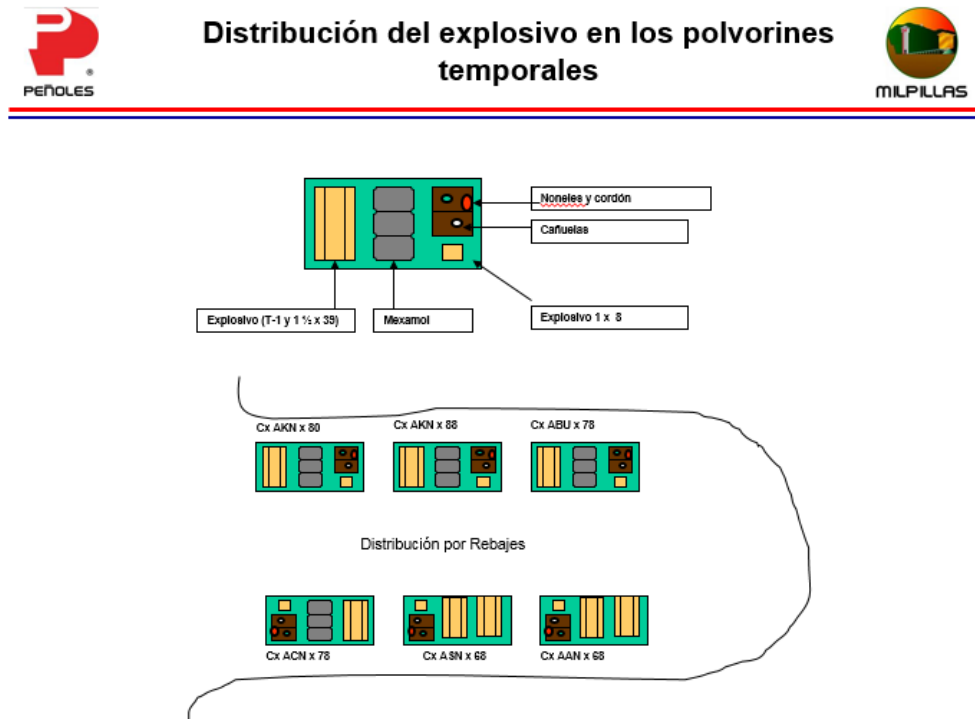


Figura 56. Se muestra el manejo que se tiene con el explosivo en los rebajes de producción.

5.- No se realizan adecuadamente las devoluciones de explosivo: El sobrante del explosivo se debe principalmente al no tener identificado desde un inicio, cuántos barrenos se tienen para cargar, ya que en muchos de los casos se tienen que esperar hasta el último momento para comenzar a cargar porque el jumbo no ha terminado de barrenar.

6.- Área de alojamiento de explosivo inadecuada y desordenada: No se tiene un área que cuente con condiciones de piso de concreto e iluminación para el explosivo que va a ser utilizado en las voladuras de los diferentes topes y bancos.

7.- Falta de conocimiento del procedimiento de cargado: El personal desconoce los pasos que se tienen que llevar a cabo para el cargado, debido que lo realizan

de acuerdo a una secuencia básica de pasos a seguir, sino dependen de la experiencia del oficial encargado.

#### IV.5 Programa de Trabajo para la corrección de los puntos críticos detectados.

Dentro de las actividades que se tienen contempladas para mejorar la eficiencia en el disparo, de acuerdo a los resultados mostrados anteriormente, se determinó:

1.- La plantilla de barrenación y cargado. Una vez identificados los puntos críticos para que la barrenación con una profundidad de 20 pies fuera posible, se establecieron las plantillas de barrenación de los desarrollos y tumbe que a continuación se muestran.



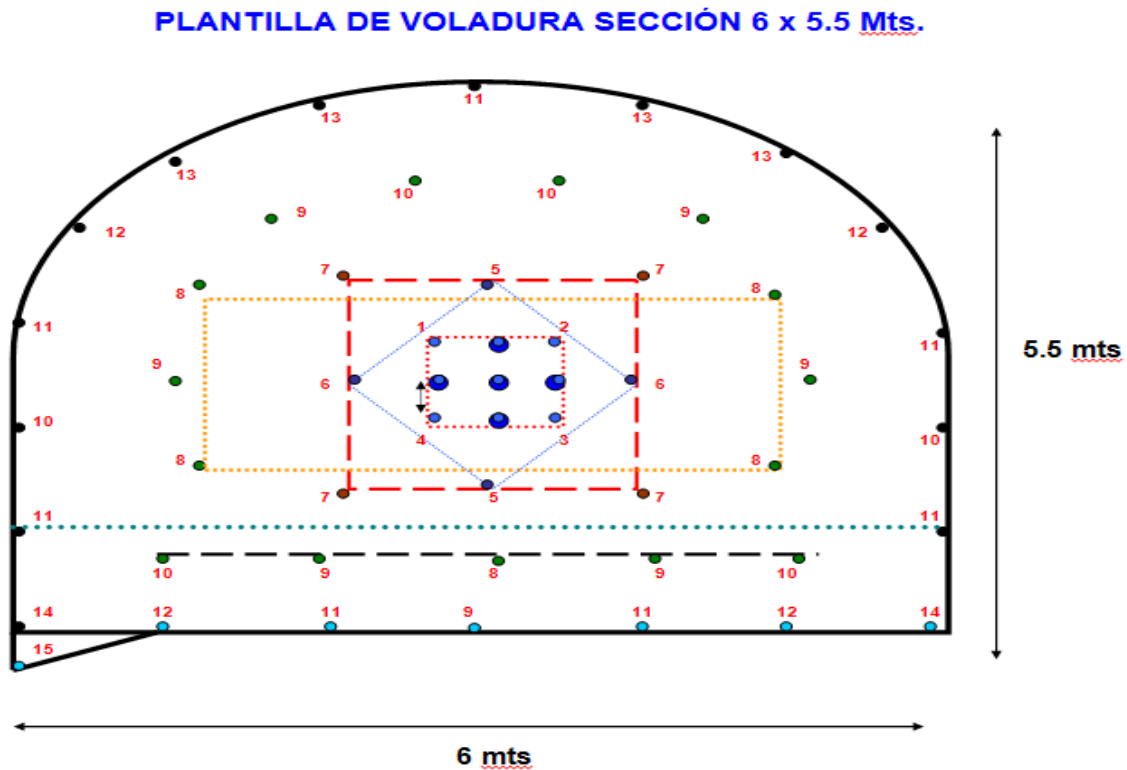


Figura 58. Plantilla de cargado para los desarrollos con sección de 6 X 5.5 metros donde destaca es la secuencia de encendido que se tiene con los iniciadores.

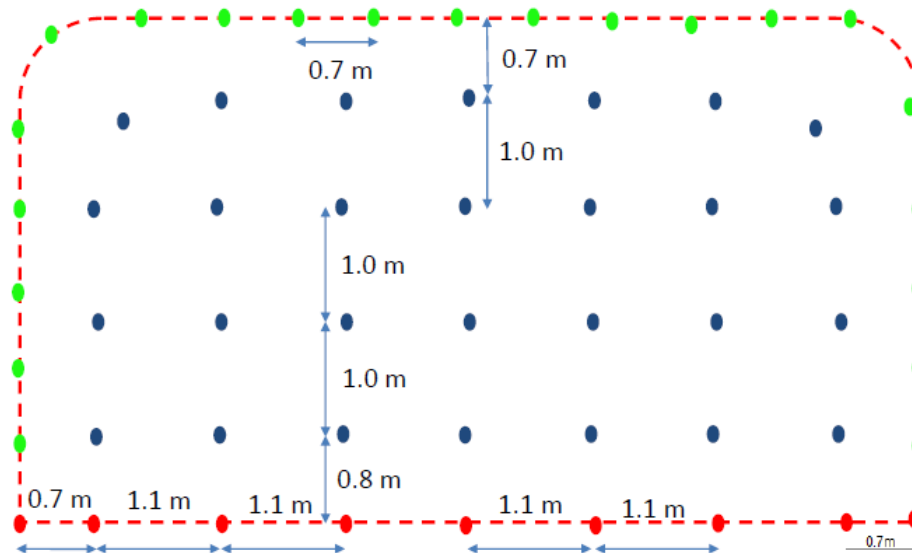


Figura 59. Plantilla de barrenación para el tumbé con sección de 8 X 4.5 metros, que muestra el dimensionamiento que se tiene entre los barrenos en la barrenación a 20 pies.

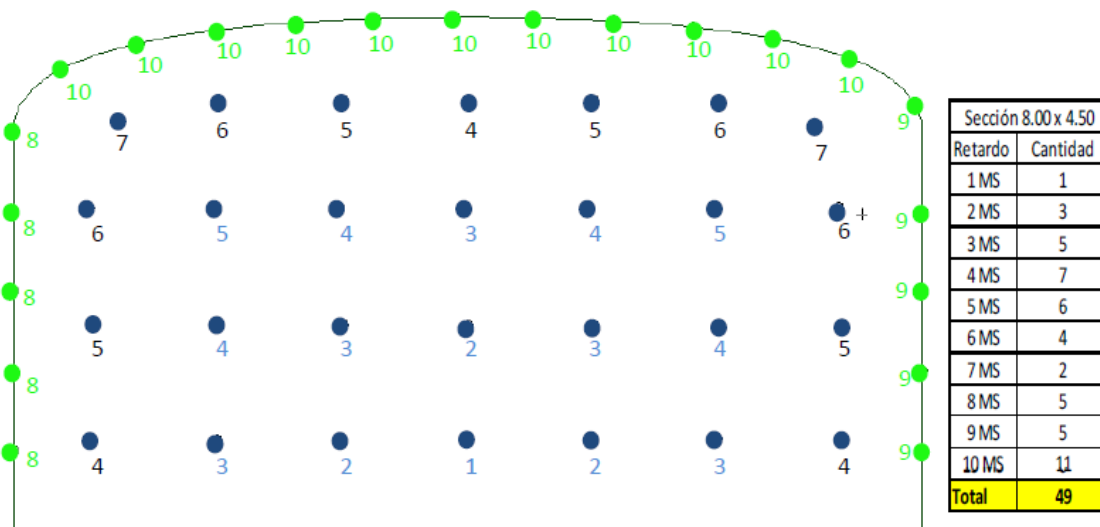


Figura 60. Plantilla de cargado para el tumbe con sección de 8 X 4.5 metros, donde se destaca la secuencia de encendido que se tiene con los iniciadores.

2.- La profundidad real de barrenación. Se incluye en el procedimiento que los facilitadores deben de verificar que la profundidad de barrenación corresponda a los 20 pies, midiendo los barrenos de forma aleatoria, antes de comenzar el cargado y registrar en los vales de explosivos, la profundidad a la que van a cargar y la sección; en el polvorín general tendrán las especificaciones de las cantidades a repartir dependiendo de la sección y la profundidad de barrenación.



Fotografía 30. Marcación de la plantilla de barrenación en los desarrollos con la profundidad de 20 pies.

3.- Sopleteo de los barrenos para el cargado. Dentro del programa de trabajo se determinó que los ayudantes del cargado deberán de estar realizando el sopleteo de los barrenos con ayuda de la manguera antiestática teniendo sumo cuidado de no estar de frente a los barrenos, ya que se corre el riesgo de ser golpeado por el material que esta saliendo de los barrenos a cargar.



Fotografía 31. Se observa al personal ayudante del cargado de explosivo realizando la actividad del sopleteo de los barrenos para que se acople completamente el explosivo en los barrenos y lograr así una buena voladura.

4.- Solicitud de explosivo. Se modifican los vales de explosivos, en donde sólo se les pedirá la sección que se va a utilizar, la profundidad de barrenación y si se tiene presencia de agua; con estos datos el polvorín general entregará las cargas que son necesarias para las especificaciones antes mencionadas, teniendo como resultado que sólo se utilice el explosivo que entregaron y no se tengan devoluciones.

|                                                                                   |                   |                                                |                       |          |                  |            |                       |                  |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------|-----------------------|----------|------------------|------------|-----------------------|------------------|-------------------|
|  |                   | <b>COMPAÑÍA MINERA LA PARREÑA, S.A. DE C.V</b> |                       |          |                  |            |                       |                  |                   |
|                                                                                   |                   | <b>UNIDAD MILPILLAS / ALMACEN GENERAL</b>      |                       |          |                  |            |                       |                  |                   |
| <b>VALE DE EXPLOSIVO PARA POLVORINES</b>                                          |                   |                                                |                       |          |                  |            |                       |                  |                   |
|                                                                                   |                   |                                                |                       |          |                  |            |                       | FOLIO:           |                   |
|                                                                                   |                   |                                                |                       |          |                  |            |                       |                  |                   |
| SOLICITADO POR                                                                    | COMPAÑIA:         |                                                |                       | PERSONA: |                  | LONGITUD:  |                       | DIA              | MES AÑO           |
| PARA USARSE EN:                                                                   | CON AGUA          | SIN AGUA                                       | TURNO:                |          | SECCION:         |            |                       |                  |                   |
| AUTORIZADO SUPERVISOR                                                             | DESPECHO POLVORIN |                                                | RECIBIDO DISTRIBUIDOR |          | RECIBIDO JUMBERO |            | RECIBIDO DISTRIBUIDOR |                  | RECIBIDO POLVORIN |
|                                                                                   |                   |                                                |                       |          |                  | DEVOLUCIÓN |                       | DEVOLUCIÓN       |                   |
| NOMBRE Y FIRMA                                                                    | NOMBRE Y FIRMA    |                                                | NOMBRE Y FIRMA        |          | NOMBRE Y FIRMA   |            | NOMBRE Y FIRMA        |                  | NOMBRE Y FIRMA    |
|                                                                                   |                   |                                                |                       |          |                  |            |                       |                  |                   |
|                                                                                   |                   |                                                |                       |          |                  |            |                       | <b>PROCESO</b>   |                   |
|                                                                                   |                   |                                                |                       |          |                  |            |                       | Preparacion 3102 |                   |
|                                                                                   |                   |                                                |                       |          |                  |            |                       | Explotacion 4102 |                   |
|                                                                                   |                   |                                                |                       |          |                  |            |                       | Amortizable      |                   |

Figura 61. Se puede observar que con este tipo de vales simplifican la operación y se mantiene controlado el consumo del explosivo.



COMPAÑÍA MINERA LA PARREÑA, S.A. DE C.V

UNIDAD MILPILLAS / ALMACEN GENERAL

VALE DE EXPLOSIVO PARA POLVORINES

FOLIO:

|                 |           |          |                          |     |     |     |
|-----------------|-----------|----------|--------------------------|-----|-----|-----|
| SOLICITADO POR  | COMPAÑIA: | PERSONA: | LONGITUD DE BARRENACION: | DIA | MES | AÑO |
| PARA USARSE EN: |           | TURNO:   | SECCION:                 |     |     |     |

| CUAPe    | ARTICULO                    | UNIDAD MEDIDA | CANTIDAD SOLICITADA | DEVOLUCION | CONSUMO REAL | CUAPe |  |  |  |  |  |
|----------|-----------------------------|---------------|---------------------|------------|--------------|-------|--|--|--|--|--|
|          |                             |               |                     |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073822 | Nonel LP 18ft periodo 1     | PIEZA         | 1                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073823 | Nonel LP 18ft periodo 2     | PIEZA         | 1                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073824 | Nonel LP 18ft periodo 3     | PIEZA         | 1                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073825 | Nonel LP 18ft periodo 4     | PIEZA         | 1                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073826 | Nonel LP 18ft periodo 5     | PIEZA         | 2                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073827 | Nonel LP 18ft periodo 6     | PIEZA         | 2                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073828 | Nonel LP 18ft periodo 7     | PIEZA         | 4                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073829 | Nonel LP 18ft periodo 8     | PIEZA         | 4                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073830 | Nonel LP 18ft periodo 9     | PIEZA         | 4                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073831 | Nonel LP 18ft periodo 10    | PIEZA         | 5                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073832 | Nonel LP 18ft periodo 11    | PIEZA         | 6                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073833 | Nonel LP 18ft periodo 12    | PIEZA         | 4                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073834 | Nonel LP 18ft periodo 13    | PIEZA         | 4                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073835 | Nonel LP 18ft periodo 14    | PIEZA         | 4                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073836 | Nonel LP 18ft periodo 15    | PIEZA         | 2                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
|          |                             |               |                     |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00002513 | Super Mexamon               | SACO          | 6                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00043996 | Alto Explosivo 1" x 8"      | PIEZA         | 29                  |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00055337 | Alto Explosivo 1 1/2" x 39" | PIEZA         | 20                  |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 0002515  | Alto Explosivo T-1          | CAJA          | 1                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00071006 | Cordo detonante             | METRO         | 25                  |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00069780 | CANUELA                     | PIEZA         | 2                   |            |              |       |  |  |  |  |  |

Figura 62. Vale de despacho de explosivo en las obras de desarrollo con sección de 6 X 5.5 metros, sin presencia de agua.



COMPAÑÍA MINERA LA PARREÑA, S.A. DE C.V

UNIDAD MILPILLAS / ALMACEN GENERAL

VALE DE EXPLOSIVO PARA POLVORINES

FOLIO:

|                 |           |          |                          |     |     |     |
|-----------------|-----------|----------|--------------------------|-----|-----|-----|
| SOLICITADO POR  | COMPAÑÍA: | PERSONA: | LONGITUD DE BARRENACION: | DIA | MES | AÑO |
| PARA USARSE EN: |           | TURNO:   | SECCION:                 |     |     |     |

| CUAPe    | ARTICULO                    | UNIDAD MEDIDA | CANTIDAD SOLICITADA | DEVOLUCION | CONSUMO REAL | CUAPe |  |  |  |  |  |
|----------|-----------------------------|---------------|---------------------|------------|--------------|-------|--|--|--|--|--|
|          |                             |               |                     |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073822 | Nonel LP 18ft periodo 1     | PIEZA         | 1                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073823 | Nonel LP 18ft periodo 2     | PIEZA         | 1                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073824 | Nonel LP 18ft periodo 3     | PIEZA         | 1                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073825 | Nonel LP 18ft periodo 4     | PIEZA         | 1                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073826 | Nonel LP 18ft periodo 5     | PIEZA         | 2                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073827 | Nonel LP 18ft periodo 6     | PIEZA         | 2                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073828 | Nonel LP 18ft periodo 7     | PIEZA         | 4                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073829 | Nonel LP 18ft periodo 8     | PIEZA         | 4                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073830 | Nonel LP 18ft periodo 9     | PIEZA         | 4                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073831 | Nonel LP 18ft periodo 10    | PIEZA         | 5                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073832 | Nonel LP 18ft periodo 11    | PIEZA         | 6                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073833 | Nonel LP 18ft periodo 12    | PIEZA         | 4                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073834 | Nonel LP 18ft periodo 13    | PIEZA         | 4                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073835 | Nonel LP 18ft periodo 14    | PIEZA         | 4                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00073836 | Nonel LP 18ft periodo 15    | PIEZA         | 2                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
|          |                             |               |                     |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00002513 | Super Mexamon               | SACO          |                     |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00043996 | Alto Explosivo 1" x 8"      | PIEZA         |                     |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00055337 | Alto Explosivo 1 1/2" x 39" | PIEZA         | 170                 |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 0002515  | Alto Explosivo T-1          | CAJA          | 1                   |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00071006 | Cordo detonante             | METRO         | 25                  |            |              |       |  |  |  |  |  |
| 00069780 | CANUELA                     | PIEZA         | 2                   |            |              |       |  |  |  |  |  |

Figura 63. Vale de despacho de explosivo en las obras de desarrollo con sección de 6 X 5.5 metros, con presencia de agua.

5.- Falta de conocimiento del procedimiento de cargado: el personal desconoce los pasos que se tienen que llevar a cabo, sólo dependen de la experiencia del oficial encargado del cargado.



Fotografía 32. Se muestran las marcas de las medias cañas “pintadas” en la roca con el incremento de la eficiencia del disparo, gracias al apoyo del personal de la empresa y de los contratistas.

6.- Determinar el factor de carga con la nueva profundidad de 20 pies, en el desarrollo y el tumbe tipo Milpillars. Una vez que se tienen establecidas las plantillas de barrenación y el cargado, se realizaron los cálculos de los factores de carga, para el control y determinación del costo por metro y tonelada; con estas bases de cálculo, se pueden determinar los presupuestos para años posteriores.

| ESTANDAR DE EXPLOSIVO |                             |          |         |           |                             |          |         |           |
|-----------------------|-----------------------------|----------|---------|-----------|-----------------------------|----------|---------|-----------|
| TOPES SIN AGUA        |                             |          |         |           |                             |          |         |           |
| CANTIDAD A USAR       |                             |          |         |           |                             |          |         |           |
|                       | 5 pzs de explosivo por bno. |          |         |           | 5 pzs de explosivo por bno. |          |         |           |
|                       | BARRA DE 20FT               |          |         |           | BARRA DE 22 FT              |          |         |           |
| SECCION               |                             | 6 X 5.5  |         |           |                             | 6 X 5.5  |         |           |
| BARRA                 |                             | 16' PIES | 4' PIES |           |                             | 16' PIES | 6' PIES |           |
| LONG. REAL            |                             | 5.80     | 5.22    | mts       |                             | 6.30     | 5.67    | mts       |
| A CARGAR              |                             | 4.80     | mts     |           |                             | 5.30     | mts     |           |
| TACO                  |                             | 1        | mt      |           |                             | 1        | mt      |           |
| BNOS DADOS            |                             | 53       |         |           |                             | 53       |         |           |
| BNOS DISP.            |                             | 48       |         |           |                             | 48       |         |           |
| T - 1                 | 14BNOS                      | 70 PZAS  | 33.7    | \$814.8   | 14BNOS                      | 70PZAS.  | 33.7    | \$814.8   |
| 1 1/2" X 39"          | 7 BNOS.                     | 35 PZAS. | 39.8    | \$765.2   | 7 BNOS.                     | 35 PZAS. | 39.8    | \$765.2   |
| 1 x 8"                | 27BNOs                      | 27 PZAS  | 2.8     | \$53.7    | 27BNOs                      | 27 PZAS  | 2.8     | \$53.7    |
| Mexamol               | 27BNOs                      | 135 KGS  | 135.0   | \$1,127.3 | 27BNOs                      | 149 KGS  | 149.0   | \$1,244.2 |
|                       |                             |          | 211.2   |           |                             |          | 225.2   |           |
| NONEL LP              |                             | 48 PZAS  |         | \$1,142.4 |                             | 48 PZAS  |         | \$1,142.4 |
| CORDON                |                             | 1 ROLLO  |         | \$2.6     |                             | 1 ROLLO  |         | \$2.6     |
| CAÑUELA               |                             | 2 PZAS.  |         | \$14.7    |                             | 2 PZAS   |         | \$14.7    |
|                       | Total de costo de explosivo |          |         | \$3,920.6 | Total de costo de explosivo |          |         | \$4,037.5 |
|                       | FC =                        |          |         | 40.46     | FC =                        |          |         | 39.72     |
|                       | Costo x metro lineal        |          |         | \$676     | Costo x metro lineal        |          |         | \$641     |

Figura 64. Cálculo del factor de carga para el desarrollo sin presencia de agua.

| ESTANDAR DE EXPLOSIVO |                             |          |       |           |                            |          |       |        |
|-----------------------|-----------------------------|----------|-------|-----------|----------------------------|----------|-------|--------|
| BANCOS SIN AGUA       |                             |          |       |           |                            |          |       |        |
| CANTIDAD A USAR       |                             |          |       |           |                            |          |       |        |
|                       | 5 pzs x bno de T-1 contorno |          |       |           | 4pzs x bno de T-1 contorno |          |       |        |
| SECCION               | 8 X 4.5                     |          |       |           | 8 X 4.5                    |          |       |        |
|                       |                             |          | ton   |           |                            |          | ton   |        |
| BARRA                 |                             | 22 PIES  | 544   |           |                            | 20 PIES  | 501   |        |
|                       |                             |          |       |           |                            |          |       |        |
| LONG. REAL            |                             | 6.3      | 5.67  | mts       |                            | 5.8      | 5.22  | mts    |
|                       |                             |          |       |           |                            |          |       |        |
| A CARGAR              |                             | 5.3      | mts   |           |                            | 4.8      | mts   |        |
|                       |                             |          |       |           |                            |          |       |        |
| TACO                  |                             | 1        | mts   |           |                            | 1        | mts   |        |
|                       |                             |          |       |           |                            |          |       |        |
| BNOS DADOS            |                             | 28       |       |           |                            | 28       |       |        |
|                       |                             |          |       |           |                            |          |       |        |
| BNOS DISP.            |                             | 28       |       |           |                            | 28       |       |        |
|                       |                             |          |       |           |                            |          |       |        |
| T - 1                 | 13 BNOS                     | 65 PZAS. | 29.5  | \$715.3   | 13 BNOS                    | 52 PZAS. | 23.6  | 572.2  |
|                       |                             |          |       |           |                            |          |       |        |
| 1 x 8                 | 15 BNOS.                    | 15PZAS.  | 1.5   | \$29.8    | 15 BNOS.                   | 15PZAS.  | 1.5   | 29.8   |
|                       |                             |          |       |           |                            |          |       |        |
| MEXAMOL               | 15 BNOS.                    | 82.5 KG  | 82.5  | \$688.9   | 15 BNOS.                   | 75KG     | 75.0  | 626.3  |
|                       |                             |          | 113.6 |           |                            |          | 100.2 |        |
| NONEL MS              |                             | 28 PZAS  |       | \$599.2   |                            | 28 PZAS  |       | 599.2  |
|                       |                             |          |       |           |                            |          |       |        |
| CORDON                |                             | 1 ROLLO  |       | \$2.6     |                            | 1 ROLLO  |       | 2.57   |
|                       |                             |          |       |           |                            |          |       |        |
| CAÑUELA               |                             | 2 PZAS   |       | \$14.7    |                            | 2 PZAS   |       | 14.74  |
|                       | Costo de explosivo          |          |       | \$2,050.5 | Costo de explosivo         |          |       | 1844.8 |
|                       |                             |          | 0.21  |           |                            |          | 0.20  |        |

Figura 65. Cálculo del factor de carga para el tumbe tipo Milpillas sin presencia de agua.

#### IV.3.4 Resultados obtenidos con las mejoras en el cargado

Una vez implementadas las medidas en la barrenación, el cargado y el control del explosivo, se obtuvieron los siguientes resultados:

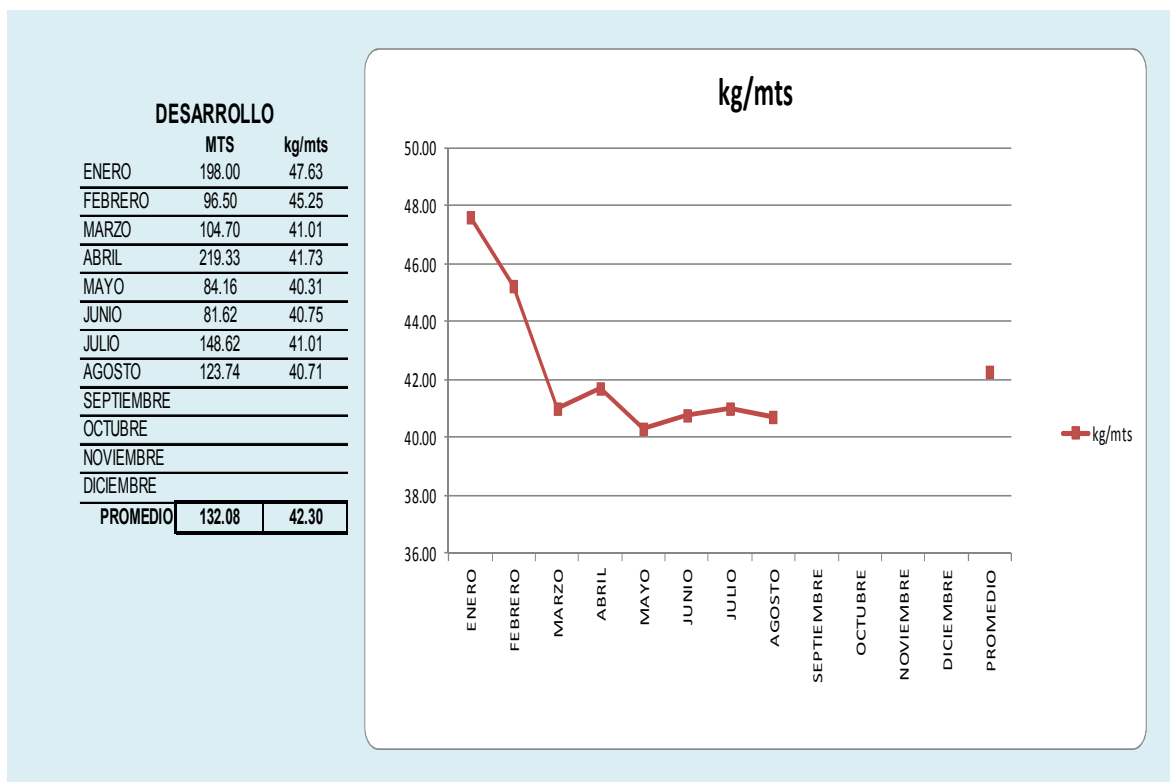


Figura 66. Tabla de resultados de los factores de carga de explosivo durante el año 2015 con la profundidad de 20 pies, para el desarrollo.

En la tabla anterior se puede constatar que en los primeros meses, se tenía fuera de control el proceso de cargado para la profundidad de 20 pies en el desarrollo debido a que no se tenía un consumo estándar y el factor de carga era de 47.63 Kg/ml, lo que representa que el consumo de alto explosivo con medida de 1 ½ X 39 pulgadas era muy elevado. Esto derivó un problema en los consumos establecidos en el año en el permiso que se expidió por la SEDENA, en el mes de Noviembre del 2015; las cantidades contempladas en el permiso se consumieron

por completo y la Unidad se quedó sin explosivo durante una semana ocasionando un paro en las labores; sin embargo, por el cambio en el sistema de explotación de tumbe sobre carga tipo Milpillas, se contaba con un stock de 100,000 toneladas en los rebajes, por lo que las labores de extracción de mineral prosiguieron. En la tabla también es posible observar que a partir de abril cuando ya se tienen bien establecidas las mejoras antes mencionadas, se constata una reducción en los factores de carga y los metros de desarrollo comienzan aumentar con una eficiencia del disparo arriba del 90%.

Otro aspecto que influyo fue la participación activa de los facilitadores que comenzaban a aplicar el nuevo método de explotación, así como los controles que se les pedían y de la extensa capacitación en el procedimiento de cargado que se le impartió a todo el personal colaborador de la Unidad Milpillas.

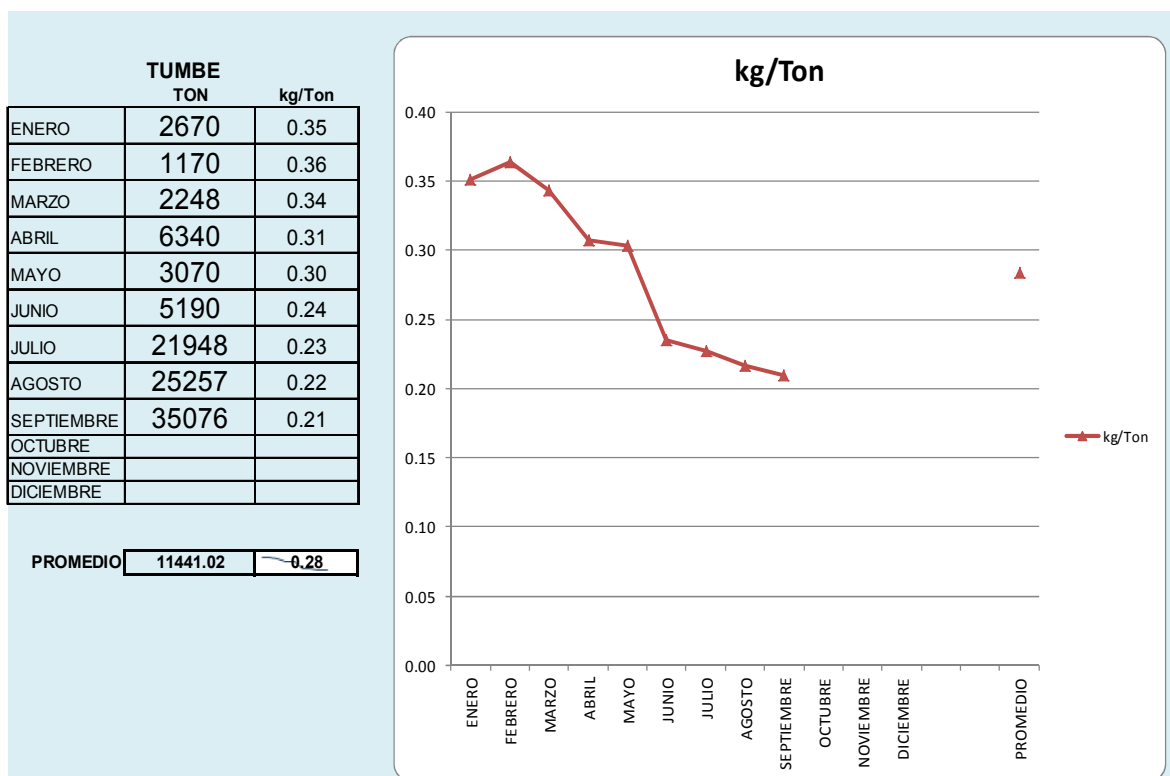


Figura 67. Tabla de resultados de los factores de carga durante el año 2015 con la profundidad de 20 pies, para el tumba tipo Milpillas.

En la tabla anterior se pueden observar los resultados de los factores de carga con la profundidad de 20 pies para el tumbe tipo Milpillas; estos resultados reflejan que al iniciar el año, no se tenía bajo control el proceso de cargado y el consumo de alto explosivo (1 ½ X 39 pulgadas) era muy elevado. Al poner en práctica los controles de la plantilla de cargado y el control en los vales del explosivo en el polvorín general, el consumo de explosivo y sus artificios fueron de forma gradual con tendencia a la baja. Al tener bajo control el cargado se puede observar que los stock's de mineral en los rebajes aumentaron considerablemente ya que empezaron a obtener por cada voladura entre 420 y 450 toneladas, lo que ha permitido el cumplimiento del objetivo de producción de la empresa de 2,400,000 toneladas en el año.

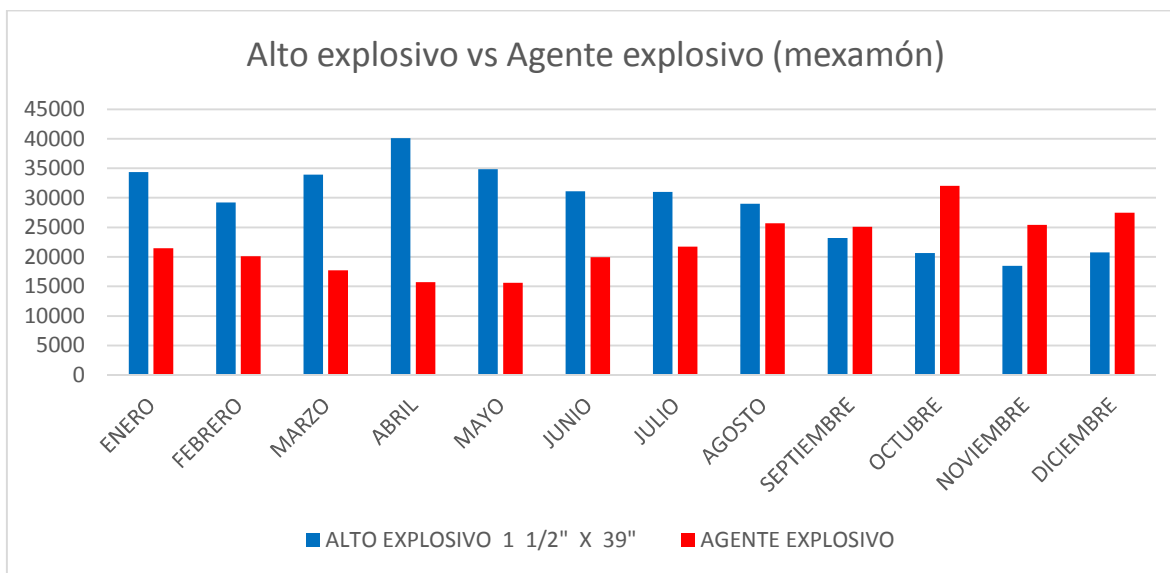


Figura 68. Tabla comparativa del uso de alto explosivo vs agente explosivo (mexamón).

En la gráfica es posible observar la cantidad de alto explosivo que se consumía en los primeros meses , en contra de lo que se consumía de mexamón; el costo por disparo también se veía afectado ya que el costo del alto explosivo es de 1.136 dólares por cada pieza a comparación de 0.70 centavos de dólar por kilogramo. Se puede comprobar que con las buenas prácticas que se tienen en la Unidad, los resultados han favorecido a todos los trabajadores ya que el negocio incremento sus utilidades.

## V. Conclusiones y Recomendaciones.

Al desarrollar una variante del ya conocido método de explotación, no sólo con los métodos tradicionales (los resultados pueden ser sorprendentes por la innovación que se tenga) sino por lo que significa en la actualidad el desarrollo de nuevas técnicas de trabajo, donde los resultados en la seguridad y el cumplimiento de objetivos específicos tienen un favorable impacto en la producción, experiencia que otras unidades de negocio pueden implementar y ayudar a lograr sus objetivos.

Una parte fundamental del logro de resultados en el tumbe sobre carga instrumentado en la Unidad Milpillás, es el tener bien ajustado el proceso de disciplina operativa, donde se manejan los cumplimientos rigurosos, tanto de seguridad como operativos, ya que se complementan, debido a los compromisos que se adquieren con el personal y la sociedad, de que todos los procesos productivos se pueden lograr con base en los protocolos de “cero accidentes”.

Al tener implementado el método de explotación de tumbe sobre carga, los resultados comenzaron a darse, pero a un costo muy alto debido a que el consumo de explosivo de alta velocidad de detonación, era desproporcionado. Esto dio la pauta para hacer un análisis de costo beneficio, implementando los procedimientos operativos de cargado.

| Frentes, Cruceiros y Rampas sección de 6.0 X 5.5 metros |                |              |                   |            |                 |                                  |         |             |
|---------------------------------------------------------|----------------|--------------|-------------------|------------|-----------------|----------------------------------|---------|-------------|
| Sección 6 X 5.5 m                                       | Tovex 1 X 8 Kg | Tovex T-1 Kg | Tovex 1 1/2X39 Kg | Mexamón Kg | Cordon mt       | noneles pza                      | Cañuela | Total       |
| Cantidades                                              | 2.80           | 33.70        | 39.80             | 135        | 25              | 48                               | 2       |             |
| Precio                                                  | 19.18          | 24.18        | 19.23             | 8.35       | 0.10            | 24.39                            | 7.35    |             |
| Costo total                                             | 53.70          | 814.80       | 765.20            | 1,127.30   | 2.60            | 1,142.40                         | 14.70   | \$ 3,920.70 |
| Avance de 4.1 metros por disparo                        |                |              |                   |            |                 |                                  |         |             |
| Costo por metro explosivo                               | 13.10          | 198.73       | 186.63            | 274.95     | 0.63            | 278.63                           | 3.59    | \$ 751.09   |
| Kilogramos explosivo                                    |                |              |                   |            | 211.3           |                                  |         |             |
| Factor de carga                                         |                |              |                   |            | 40.46           | Kilogramos por cada metro lineal |         |             |
| Presupuesto desarrollo                                  |                |              |                   |            | 19,500          | metros                           |         |             |
| Presupuesto calculado                                   |                |              |                   |            | \$14,646,293.10 |                                  |         |             |
| Factor inflación 23%                                    |                |              |                   |            | \$18,014,940.52 |                                  |         |             |

Figura 69. Cálculo del presupuesto de desarrollo con profundidad de 20 pies.

Con base en los datos calculados del presupuesto del 2015 se puede observar que tendrían una reducción en el presupuesto anual de \$11,492,412.00, que representa un 38.92%, de reducción en el presupuesto anual por el concepto de consumo de explosivo para el desarrollo, por lo que al establecer los controles en la plantilla de barrenación, la capacitación en el procedimiento de cargado y el control con los vales de explosivo en el polvorín general; a su vez se garantiza que se puedan llegar a los cuerpos de mineral en el tiempo proyectado. Si se sigue trabajando con la profundidad de 16 pies sólo se garantizan 4.1 metros (considerando una barrenación efectiva de 15 pies y una eficiencia en el disparo del 90%) contra 5.22 metros que se obtienen con la profundidad de 20 pies (considerando una barrenación efectiva de 19 pies y una eficiencia en el disparo de 90%).

|                                                               |              |                   |                                                               |              |                   |
|---------------------------------------------------------------|--------------|-------------------|---------------------------------------------------------------|--------------|-------------------|
| Datos calculador para la barrenación a 20 pies de profundidad |              |                   | Datos calculador para la barrenación a 16 pies de profundidad |              |                   |
| Factor de carga                                               | 40.46        | Kilogramo / metro | Factor de carga                                               | 52.9         | Kilogramo / metro |
| Costo del explosivo                                           | \$752        | por metro         | Costo del explosivo                                           | \$1,231      | por metro         |
| Desarrollo anual                                              | 19,500       | metros            | Desarrollo anual                                              | 19,500       | metros            |
| Total del presupuesto anual                                   | \$14,662,050 |                   | Total del presupuesto anual                                   | \$24,005,475 |                   |
| Aplicación del factor de inflación                            | \$18,034,322 |                   | Aplicación del factor de inflación                            | \$29,526,734 |                   |

Memoria de cálculo

Total de presupuesto= Costo del explosivo (kilogramo / metro) X Desarrollo anual (m) = Total del presupuesto anual (\$)

Factor de inflación 23%

Figura 70. Comparativo entre el presupuesto para el desarrollo con profundidad de 20 pies y de 16 pies en el presupuesto del 2015.

|                               |                |              |                   |            |           |             |         |         |
|-------------------------------|----------------|--------------|-------------------|------------|-----------|-------------|---------|---------|
| Tumbe con seccion 8.0 X 4.5 m |                |              |                   |            |           |             |         |         |
| Barrenos dados                | 28             |              |                   |            |           |             |         |         |
| Barrenos disparados           | 28             |              |                   |            |           |             |         |         |
| Bnos post-corte               | 21             |              |                   |            |           |             |         |         |
| Bnos de produccion            | 28             |              |                   |            |           |             |         |         |
| Sección 8.0 X 4.5 m           | Tovex 1 X 8 Kg | Tovex T-1 Kg | Tovex 1 1/2X39 Kg | Mexamón Kg | Cordon mt | Noneles pza | Cañuela | Total   |
| Cantidades                    | 1.50           | 23.60        | 0.00              | 75.000     | 25        | 28          | 2       |         |
| Precio                        | 19.87          | 24.25        | 24.24             | 8.35       | 0.10      | 21.40       | 7.35    |         |
| Costo total                   | 29.80          | 572.20       | 0.00              | 626.30     | 2.60      | 599.20      | 14.70   | 1844.80 |
|                               |                |              |                   | 0.150      | kg/ton    |             |         |         |
|                               |                |              |                   | 1.25       | costo/kg  |             |         |         |
|                               |                |              |                   | 0.09       |           |             |         |         |
| Toneladas por disparo         | 501.0          |              |                   | 13.339     |           |             |         |         |
| Costo por tonelada            | 0.10           | 1.85         | 0.00              | 2.02       | 0.01      | 1.94        | 0.05    | 3.68    |

|                       |                                       |
|-----------------------|---------------------------------------|
| Kilogramos explosivo  | 100.1                                 |
| Factor de carga       | 0.20 Kilogramos por cada metro lineal |
| Presupuesto tumba     | 2,400,000 Toneladas                   |
| Presupuesto calculado | \$8,837,365.27                        |
| Factor inflación 23%  | \$10,869,959.28                       |

Figura 71. Cálculo del presupuesto de tumba con profundidad de 20 pies.

|                                                                  |              |                      |                                                                  |              |                      |
|------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|
| Datos calculados para la barrenación a 20 pies<br>de profundidad |              |                      | Datos calculados para la barrenación a 16 pies<br>de profundidad |              |                      |
| Factor de carga                                                  | 0.20         | Kilogramo / tonelada | Factor de carga                                                  | 0.29         | Kilogramo / tonelada |
| Costo del explosivo                                              | \$3.68       | por tonelada         | Costo del explosivo                                              | \$7.06       | por tonelada         |
| Tumbe anual                                                      | 2,400,000    | toneladas            | Tumbe anual                                                      | 2,400,000    | toneladas            |
| Total del presupuesto anual                                      | \$8,832,000  |                      | Total del presupuesto anual                                      | \$16,944,000 |                      |
| Aplicación del factor de inflación                               | \$10,863,360 |                      | Aplicación del factor de inflación                               | \$20,841,120 |                      |

Memoria de cálculo

Total de presupuesto= Costo del explosivo (kilogramo / tonelada) X Tumbe anual (ton) = Total del presupuesto anual (\$)

Factor de inflación 23%

Figura 72. Comparativo entre el presupuesto en el tumba con una profundidad de 20 pies y de 16 pies en el presupuesto del 2015.

En la tabla comparativa del presupuesto del tumba se puede observar que tendrían una reducción en el presupuesto anual de \$ 9,977,760 que representa un 47.87%, de reducción en el presupuesto anual por el concepto de consumo de explosivo para el tumba.

Las áreas de oportunidad siempre estarán a la vista de todos los que trabajan en la mina, la generación de nuevas ideas y el trabajo en equipo son de vital importancia; la presentación de nuevos resultados ha favorecido a que la Unidad Milpillas mejore sus procesos y en un futuro se coloque dentro de los primeros lugares como productor nacional de cobre.

## REFERENCIAS

Altamirano M. C., 1999, Reporte de Geoquímica de Superficie y del Sustrato Rocoso del Depósito de Milpillas, Sonora: Reporte Interno Peñoles, p. 1-8.

Anderson, T. H., Silva, L. J., 1977, U-Pb isotope ages of granitic plutons near Cananea, Sonora: Economic Geology, v. 72, p. 827-836.

Damon PE, Shafiqullah M, Clark K, 1983, Geochronology of the porphyry copper deposits and related mineralization of Mexico. Can J Earth Sci 20: p.1052-1071

Gustafson L. B., 2000, Reporte Interno Peñoles, p. 1-11.

Hammer D. F., 1999, Report on phase 1 activities in Milpillas copper deposit, p. 1-13