



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN LA PERFORACIÓN Y  
VOLADURA MEDIANTE EL REDISEÑO DE MALLA Y LA  
CARGA EXPLOSIVA DETERMINADA EN LA RP1925, EN LA  
UNIDAD MINERA DE PARCOY DE CONSORCIO MINERO  
HORIZONTE S.A. LA LIBERTAD - 2022**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. EDISON PERCY TICONA VELASQUEZ**

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO – PERU**

**2023**



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN LA PERFORACIÓN**

AUTOR

**EDISON PERCY TICONA VELASQUEZ**

RECuento de palabras

**15549 Words**

RECuento de caracteres

**67376 Characters**

RECuento de páginas

**78 Pages**

Tamaño del archivo

**3.5MB**

Fecha de entrega

**Jun 19, 2023 7:32 AM CST**

Fecha del informe

**Jun 19, 2023 7:33 AM CST**

● **19% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Resumen



## DEDICATORIA

A mi querida madre Hilda Marina, por el gran apoyo incondicional que me otorgo día a día en proceso de mi formación y lograr mi título profesional como Ingeniero de Minas, por sus grandes esfuerzos y apoyo hacia mi persona para hacer realidad mi profesión que tanto anhelaba.

A mi esposa y mi hijo Thiago Fabián por ser parte importante de mi vida, por su apoyo moral y comprensión durante todo el momento de mi vida profesional.

**Edison Ticona**



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios.

A la universidad Nacional del altiplano -  
puno y a todos los docentes de la escuela profesional  
de ingeniería de minas por haber compartido todas  
sus enseñanzas, intelectos y anécdotas para mi  
formación profesional.

De la misma manera agradecer a la contrata  
minera CORIMAYO SERVICIOS MINEROS  
S.A.C, por brindarme la oportunidad de  
desarrollar y reforzar mis conocimientos en favor de  
nuestra formación profesional.

*Edison Ticona*



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

## **PRIMERA PARTE**

### **REPORTE DE EXPERIENCIA DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL**

**EXPERIENCIA LABORAL..... 8**

**RESUMEN ..... 12**

## **SEGUNDA PARTE**

### **CAPÍTULO I**

#### **ASPECTOS GENERALES**

**1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA..... 13**

**1.2 OBJETIVOS..... 14**

1.2.1 Objetivo general ..... 14

1.2.2 Objetivos específicos ..... 14

**1.3 GENERALIDADES..... 14**

1.3.1 Ubicación geográfica ..... 14

1.3.2 Accesibilidad ..... 14

1.3.3 Clima y relieve..... 16

1.3.4 Geomorfología ..... 16

### **CAPITULO II**

#### **GEOLOGIA Y OPERACIÓN DE MINADO ACTUAL**

**2.1 GEOLOGÍA REGIONAL..... 17**

**2.2 GEOLOGÍA LOCAL ..... 17**

**2.3 OPERACIONES MINA ..... 17**

2.3.1 Descripción de la RP1925..... 17

2.3.1.1 Labores de preparación ..... 18

**2.4 CICLO DE MINADO DE LA RP1925 ..... 18**

2.4.1 Perforación..... 18

2.4.1.1 Equipos de perforación ..... 19

2.4.1.2 Accesorios de perforación. .... 19

2.4.1.3 Errores de perforación: ..... 19

2.4.2 Voladura..... 20



2.4.2.1	Semexsa .....	21
2.4.2.2	Exsablock.....	22
2.4.2.3	Fulminante o detonador .....	22
2.4.2.4	Mecha de seguridad .....	22
2.4.2.5	Conector de ignición .....	23
2.4.2.6	Mecha rápida.....	23
2.4.2.7	Cordón detonante .....	23
2.4.2.8	Detonador no eléctrico.....	24
2.4.2.9	Tipos de arranques y cálculo de voladuras .....	24
2.4.2.10	Corte en paralelo .....	24
2.4.2.11	Calculo para las dimensiones del corte en paralelo con el modelo matemático de Calvin J. Konya.....	25
2.4.3	Voladura controlada.....	28
2.4.3.1	Ventajas .....	29
2.4.3.2	Desventajas .....	29
2.4.4	Ventilación.....	29
2.4.5	Limpieza y acarreo de desmonte .....	30
2.4.6	Sostenimiento.....	30
2.4.6.1	Sostenimiento con shotcrete vía húmeda.....	30
2.4.6.2	Sostenimiento con pernos swellex .....	31
2.4.6.3	Formas de evitar la sobrerotura .....	31
2.4.7	Geomecánica.....	32
2.4.7.1	Clasificación geomecánica .....	32
2.4.7.2	Clasificación de Bieniawski (CSIR).....	32
2.4.8	Mapeo geomecánico .....	33
2.4.9	Precios unitarios de Consorcio Minero Horizonte S.A.....	34

### **CAPÍTULO III**

#### **RESULTADOS**

<b>3.1</b>	<b>INFORMACION DE LA RP1925 CON LA MALLA ANTERIOR .....</b>	<b>39</b>
3.1.1	Sobrerotura.....	39
3.1.2	Perforación.....	40
3.1.2.1	Malla de perforación .....	40
3.1.3	Voladura.....	43
3.1.3.1	Requerimiento de explosivo .....	43



3.1.4	Costos.....	44
3.1.4.1	Costos de perforación.....	44
3.1.4.2	Costos de voladura.....	46
3.1.4.3	Costos de mano de obra.....	46
3.1.4.4	Costo de seguridad.....	47
3.1.5	Diseño de la malla de perforación.....	49
3.1.6	Cálculos para las dimensiones del corte en paralelo.....	49
<b>3.2</b>	<b>INFORMACION DE LA RP1925 CON LA MALLA PROPUESTA. ....</b>	<b>57</b>
3.2.1	Sobrerotura.....	57
3.2.2	Perforación.....	58
3.2.3	Voladura.....	59
3.2.4	Costos.....	61
<b>3.3</b>	<b>COMPARACION DE COSTOS DE LA MALLA DE PERFORACION ANTERIOR Y PROPUESTA.....</b>	<b>65</b>
<b>IV.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>67</b>
<b>V.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>68</b>
<b>V.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>70</b>

**Área:** Ingeniería de Minas

**Tema:** Perforación y Voladura

**FECHA DE SUSTENTACION:** 26 de julio de 2023



## PRIMERA PARTE

### REPORTE DE EXPERIENCIA DE LA ACTIVIDAD

#### PROFESIONAL

##### EXPERIENCIA LABORAL

**RUC:** 20451460570

**Razón Social:** CONTRATISTAS MINEROS Y CIVILES DEL PERU S.A.C.

**Tipo Empresa:** Sociedad Anónima Cerrada

**Condición:** Activo

**Fecha Inicio Actividades:** 21 / Enero / 2011

**CIU:** 74218

**Dirección Legal:** Cal. Albert Einstein Nro. 334

**Urbanización:** La Calera de la Merced

**Distrito / Ciudad:** Surquillo

**Departamento:** Lima, Perú

##### Ayudante de operaciones mina (mayo 2019 – septiembre 2019)

- Ejecutar los trabajos de Perforación y Voladura en Interior Mina y Sostenimiento del macizo rocoso y todo de tipo de trabajo de servicios auxiliares en mina, bajo los procedimientos y estándares establecidos de la empresa y de la Unidad Minera.
- Verificar las condiciones de seguridad de la labor asignada.
- Cargar los taladros con los explosivos de acuerdo al tipo de roca
- Ejecutar los trabajos de perforación y voladura en interior Mina y sostenimiento del macizo rocoso y todo de tipo de trabajo de servicios auxiliares en mina, bajo los procedimientos y estándares establecidos de la empresa y el de la Unidad Minera.





### **Bodeguero (octubre 2019 – marzo 2020)**

- Abastecer oportunamente los materiales de acuerdo a necesidades de la operación. Administrar y controlar los inventarios, niveles de stock, ítems críticos y los movimientos de materiales, asegurando su disponibilidad en las operaciones.
- Organizar físicamente los materiales en bodega de interior Mina.
- Recoger saldos de explosivos no usados, reportados por el Maestro Minero.
- Atender materiales en los horarios establecidos en las bodegas de interior mina y reparto de explosivos en las labores programadas para disparo.
- Solicitar materiales a bodega superficie con la debida anticipación, antes de agotar Stock. Por lo menos mantener stock para una guardia, sobre todo en: pernos hydrabolt, acelerante velox, tubos PVC, aceros, entre los más importantes.
- Reportar cualquier pérdida de materiales o herramientas, indicando responsables a logística superficie, para proceder con el descuento respectivo en la planilla del trabajador que incurrió en falta.

### **Auxiliar de costos (abril 2020 – junio 2020)**

- Controlar los recursos del Proyecto.
- Evaluar y gestionar el requerimiento de ampliación de presupuesto mensual, semestral o anual, según necesidad operativa del proyecto.
- Verificar en campo la utilización de los recursos asignados y coteja con los reportes diarios de avance y medir la factibilidad de lo presupuestado.
- Realizar las valorizaciones con entrega a compañía y realizar seguimiento hasta que se realicen las liquidaciones.
- Generar las alertas relacionadas al manejo del presupuesto mensual, trimestral, semestral y anual.
- Direccionar y controlar los costos relacionados al pago de los proveedores internos



y externos.

- Facilitar y validar la adquisición de recursos según presupuesto asignado
- Definir y analizar los KPI's de Gestión de Costos con la finalidad de implementar acciones de mejora.

**RUC:** 20513963085

**Razón Social:** CORIMAYO SERVICIOS MINEROS S.A.C.

**Nombre Comercial:** Cosersac

**Tipo Empresa:** Sociedad Anónima Cerrada

**Condición:** Activo

**Fecha Inicio Actividades:** 01 / Noviembre / 2006

**CIU:** 74218

**Dirección Legal:** Cal. Albert Einstein Nro. 334

**Urbanización:** La Calera de la Merced

**Distrito / Ciudad:** Surquillo

**Departamento:** Lima, Perú

**Supervisor de perforación y voladura (Julio 2020 – abril 2021)**

- Supervisar el carguío de taladros, amarres, puntos de perforación, voladuras y traslados de frentes en el proyecto.
- Analizar y elaborar indicadores de perforación y voladura.
- Verificar stock de explosivos y elaborar informes.
- Diseñar mallas de perforación y voladura por tajos y frentes.
- Realizar el seguimiento al control de dilución.
- Realizar el control de rendimientos de aceros de perforación.

**Supervisor de operaciones (mayo 2021 – actual)**

- Velar por la seguridad de los trabajadores en el área de trabajo.



- Facilitar y asistir primeros auxilios, evacuación de trabajadores lesionados y/o en situación de peligro.
- Supervisar los procedimientos de bloqueo y señalización de las maquinarias activas y en funcionamiento.
- Asegurar el correcto performance en la operación de las actividades de carguío, acarreo, descarga y otros trabajos auxiliares.
- Velar el cumplimiento de las inspecciones y los procedimientos de trabajo adecuados.
- Hacer cumplir las políticas y procesos del sistema de gestión en el ámbito ambiental.



## RESUMEN

En el presente informe profesional se detalla el inconveniente principal, la deficiencia en el avance lineal programado, uso excesivo de explosivo que genera mucho desmonte y una sobrerotura excesiva mayor a 15%, con la finalidad de reducir los costos se hizo seguimiento al pintado de la malla de perforación y voladura existentes para posteriormente rediseñar las mismas. Por esta razón se analizó cada proceso de execración siguiendo el modelo matemático Calvin. Konya. A fin de la conseguir información real se hizo seguimiento a 10 disparos el cual se obtuvo 3.17 metros de avance promedio por disparo teniendo una eficiencia de 95%. Así como también se reduce la sobrerotura de 15.45% a 5.47% mediante el control de las cargas desacopladas (cañas), manteniendo la constancia de mejores resultados se pasó a implementar y estandarizar la nueva malla de perforación y voladura en la RP1925. Después de experimentar y reducir los defectos de la perforación y voladura, el costo de perforación se redujo de 90.44 US\$ a 62.12 US\$ por metro lineal de avance obteniendo una reducción en costo de un 31.3%, así mismo se reduce los costos de voladura de 75.07 US\$ a 60.92 US\$ por metro lineal de avance reduciendo el costo a un 18.85%.

**Palabras claves:** Sobrerotura, perforación, voladura y costos.



## SEGUNDA PARTE

### CAPÍTULO I

#### ASPECTOS GENERALES

##### 1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La perforación y voladura es una de las operaciones unitarias fundamentales dentro del ciclo de minado que se realiza en la actividad minera. En la empresa minera de Parcoy de Consorcio Minero Horizonte S.A., se ejecuta la rampa (RP1925) como una de las labores de exploración y prioritaria, que tiene como finalidad de continuar la veta Afrodita.

Uno de los problemas que se tuvo es el aumento de costos en operación, estos casos se dan por diferentes motivos tales como: la inexperiencia de los trabajadores, al momento de la perforación no hacen un debido pintado de la malla de perforación, los trabajadores aducen que es por la falta de guidores en el frente de avance, lo cual ocasiona efectos negativos en la rotura de la roca, sobre carga de mineral ganga. si se tiene una mala perforación, al momento de hacer el carguío de explosivos se utiliza más de lo debido, en caso del taco se incrementa hasta unos 50 cm. Al hacer la revisión de carguío de los explosivos se observó que cargaban 70% sin embargo lo recomendable del carguío de explosivos es 2/3 del cargado. Todo esto ocurre porque no cuenta un control de los explosivos, que también generan costos elevados con respecto al ciclo de minado porque no se tiene el uso correcto de las cañas para controlar la corona, ausencia de taladros de pre corte en la perforación y en esta unidad minera la sobre rotura varía desde 15% hasta el 38%, lo cual redundo en la necesidad de sostenimiento pesado que se hace más costoso e influye en los costos totales de las operaciones. La sobrerotura propuesta por la compañía es de 10% como máximo, que pasado al porcentaje antes mencionado se aplican las penalidades de las cuales también generan los costos.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo general

Optimizar los costos de la perforación y voladura mediante el rediseño de malla y la carga explosiva determinada en la RP1925, en la Unidad Minera de Parcoy de Consorcio Minero Horizonte S.A. – La Libertad.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Reducir la sobrerotura para incrementar el desarrollo de la RP1925, cumplir con el avance requerida en la zona Sur – Rosa, en la Unidad Minera de Parcoy de Consorcio Minero Horizonte S.A. - La Libertad.
- Reducir los costos de perforación mediante el rediseño de malla en la RP1925, en la Unidad Minera Parcoy de Consorcio Minero Horizonte S.A. - La Libertad.
- Reducir los costos de voladura con la carga explosiva determinada en la RP1925, en la Unidad Minera de Parcoy de Consorcio Minero Horizonte S.A. - La Libertad.

## 1.3 GENERALIDADES

### 1.3.1 Ubicación geográfica

La Unidad Minera de Parcoy de Consorcio Minero Horizonte S.A. se ubicada en las confluencias de los ríos Parcoy y Llacuabamba, en la localidad de Retamas, distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento de La Libertad situado en el lado occidental, en las coordenadas geográficas: 77°27'30" longitud Oeste y 08°02'30" latitud Sur, y a una altura promedio de 2750m.s.n.m. (Consorcio Minero Horizonte, 2021). ver *Figura 1*.

### 1.3.2 Accesibilidad

Para llegar a la unidad minera se puede hacer vía terrestre Trujillo – Huamachuco Chagual – Retamas, se tiene que tener en cuenta en temporadas de

lluvias es un poco peligroso. El acceso por vía aérea es por la ruta Lima – Aeródromo de Pías y Trujillo – Aeródromo de Pías, tener en cuenta que el aeropuerto es de dimensiones pequeñas, solo pueden llegar avionetas (Consortio Minero Horizonte, 2021).

**Tabla 1.**

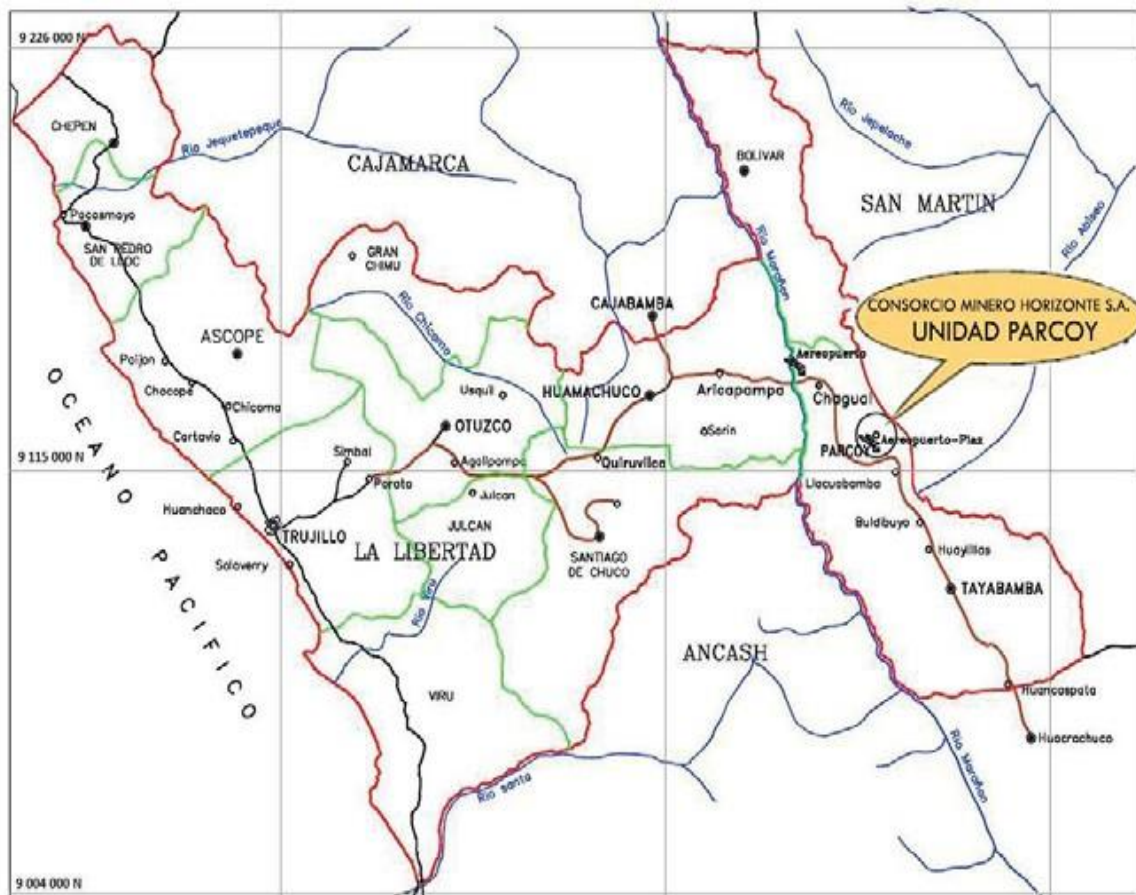
*Accesibilidad a CMH S.A.*

<b>VIA TERRESTRE</b>				
<b>Origen</b>	<b>Destino</b>	<b>Tipo de Vía</b>	<b>Tiempo (Hrs)</b>	<b>Distancia (Km)</b>
Lima	Trujillo	Asfaltada	10	557
Trujillo	Huamachuco	Asfaltada	3	180
Huamachuco	Chagual	Afirmada	5	135
Chagual	Retamas	Afirmada	3	60
<b>Total</b>			<b>21Hrs</b>	<b>932Km</b>

Fuente: (Departamento de geología CMH S.A.)

**Figura 1.**

*Ubicación y rutas de acceso a CMH S.A.*



Fuente: (Departamento de geología CMH S.A.)



### **1.3.3 Clima y relieve**

Debido a que Consorcio Minero Horizonte está ubicado en la sierra norte del Perú, el clima es en general templado durante el año, con lluvias entre los meses de diciembre y marzo. Se presentan ventarrones durante los meses de julio y agosto. Los cambios de temperatura están controlados básicamente por la geografía, con promedios de 20° C en la zona (Ministerio de Energía y Minas, 2018).

### **1.3.4 Geomorfología**

Fisiográficamente este yacimiento se encuentra ubicado en el flanco occidental de la cordillera oriental. Según Wilson Reyes (1964) en las líneas generales corresponde a la unidad de valles, observándose valles agudos y profundos que se han formado según el curso de las corrientes principales, los agentes modeladores preponderantes de la zona son la erosión glacial y erosión fluvial (Zarate, 2006).





## CAPITULO II

### GEOLOGIA Y OPERACIÓN DE MINADO ACTUAL

#### 2.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La geología regional que presenta la unidad minera Parcoy pertenece a las fosas tectónicas del Marañon. Diversos estudios realizados en las proximidades de la ubicación estuvieron orientados a la mineralización de oro y demás estructuras rocosas que se reportaron adentro del yacimiento. Investigaciones actuales han abordado estudios geoquímicos, isótopos, dataciones e inclusiones fluidas, llevando a afirmar que se trata de acumulaciones áureas, en la mayoría de situaciones ubicados en el flanco occidental de batolito. No obstante, la cartografía regional del batolito y de las unidades lito estratigráficas que componen la estructura geológica de su roca caja todavía no fueron examinadas detenidamente (Zarate, 2006).

#### 2.2 GEOLOGÍA LOCAL

La geología local que presenta la unidad minera Parcoy se caracteriza por el paralelismo de las fallas con el buzamiento. Las rocas que se encuentran en el lugar son yacimientos Mesozoico y cenozoico. La unidad minera Parcoy tiene límites con la falla regional por Parcoy, en la zona del centro por Pataz, en la zona oriental por los restos volcánicos. (Zarate, 2006).

#### 2.3 OPERACIONES MINA

##### 2.3.1 Descripción de la RP1925

La mina en la zona Rosa cuenta con dos estructuras principales llamada veta Afrodita y veta Candelaria, a partir de la rampa principal que es la RP2800 se ejecutan 2 labores de preparación principales que son la RP1925 para minar la veta afrodita y la RP1784 para minar la veta candelaria. En donde en este trabajo se realizará en la RP1925, una de las labores principales y de mucha importancia para la explotación de

la veta afroditita. (Departamento de perforación y coladura CMH S.A.)

### **2.3.1.1 Labores de preparación**

Para hacer la etapa de preparación tenemos que tener en cuenta que mineral, tipo de roca que se va extraer, para poder hacer una planificación de todas las actividades necesarias y así lograr la extracción del mineral. En este caso se aplica el método corte y relleno ascendente, para iniciar con la extracción, primero se realizó una pendiente con gradiente negativa 15%. En el punto RP1925 se realizó cruceros con una sección de 3.50m x 3.50m, estos cruceros se realizaron con una gradiente 1% para poder alcanzar a la veta, al encontrar la veta se sigue con galerías con una gradiente de 1% (Seguridad Minera, 2018). así como se muestra en el **Anexo 10.**

## **2.4 CICLO DE MINADO DE LA RP1925**

### **2.4.1 Perforación**

En la actividad minera es fundamental una buena perforación, si se hace una mala perforación afecta el carguío de explosivos, afecta en el avance proyectado. La unidad minera Parcoy se utiliza Jumbos electrohidráulicos RP1925 Sandivik 1 modelo es Axera (EXSA S.A., 2021).

### **Figura 2**

*Perforación con jumbo electrohidráulico.*



#### **2.4.1.1 Equipos de perforación**

En el mundo de la minería existe una gran diversificación en equipos de perforación, cada uno de los equipos tiene una característica en percusión, rotación o la combinación de estas dos. La unidad minera trabaja con el Jumbo electrohidráulico (EXSA S.A., 2021). ver **Figura 2**.

#### **2.4.1.2 Accesorios de perforación.**

**a. Brocas:** para el mundo de la minería las brocas que se utilizan tienen que ser de alta resistividad ya que en minería el trabajo de perforación es primordial y el uso es constante. Las brocas son de tungsteno las cuales se utilizan en la unidad minera, se tiene que revisar los insertos tiene que estar en buenas condiciones (Sanchez, 2014).

**b. Barras o Barrenos:** en la minería se utiliza barrenos o barras que tienen una gran resistividad a la rotación o percusión. Existen varios modelos de barrenos, el uso es dependiendo a la perforación que se da. En la unidad minera Parcoy se utiliza modelos hexagonales. Se colocan fácilmente ya que en el extremo es de rosca (Sanchez, 2014).

#### **2.4.1.3 Errores de perforación:**

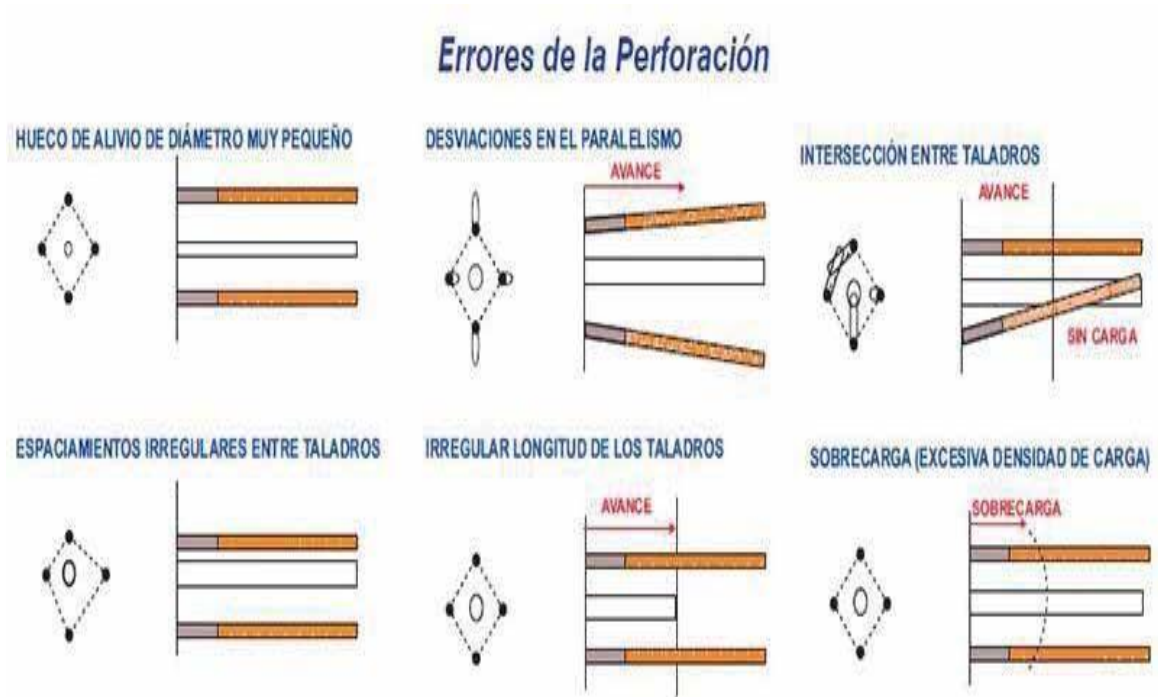
Hay varios errores en la perforación estas pueden ser culpa del perforista o del equipo de perforación, en caso del perforista este no puede estar concentrado o no tener experiencia. En caso del equipo esta no puede estar en buenas condiciones, utilizar brocas o barrenos que estén en mal estado (Guarin & Jimenez, 2012). Ver **figura 3**.

**a. Desviaciones en el paralelismo:** las desviaciones se pueden dar por una mala manipulación en la perforación, entre otros factores, al no tener un paralelismo, la sección del frente de avance no será uniforme (Guarin & Jimenez, 2012).

- b. Espaciamientos irregulares entre taladros:** los espaciamientos en los taladros ocasionan una mala voladura, una mala fragmentación en la roca, corre riesgo en no salir la voladura (EXSA S.A., 2021).
- c. La irregular longitud de taladros:** la longitud de una perforación tiene que ser uniforme para que después la cara libre también sea uniforme. otro factor es que el alivio no cuenta con una profundidad adecuada (Guarin & Jimenez, 2012).
- d. Mayor número de taladros:** si se aumentan más taladros esto ocasionaría un uso mayor de material voladura, trayendo consigo un aumento de costos, otro factor es que la sección se aumentaría, así como también, un aumento de la carga lo cual traerá un retraso en la operación (Caceres, 2017).

### Figura 3.

*Errores de perforación en los taladros*



Fuente: (Departamento de perforacion y coladura CMH S.A.)

#### 2.4.2 Voladura

Para hacer la voladura lo que utiliza la unidad Percoy son dos productos el semexa 65 y exsablock. El primer producto se utiliza para el punto RP1925 y el

segundo producto se utiliza para los frentes de producción. Para el inicio de la voladura se utiliza carmex, fulminante, la detonación se hace manualmente (EXSA S.A., 2021).

#### 2.4.2.1 *Semexsa*

Es una dinamita semi gelatinosa altamente versátil debido a sus propiedades explosivas pudiendo ir variando de acuerdo a las circunstancias, pudiéndose observar un elevado efecto empujador o un elevado poder rompedor, para la voladura de rocas con características intermedias o duras, su empleo es eficiente (EXSA S.A., 2021).

Debido al gran rendimiento, adaptabilidad y manipulación segura, son empleadas en la minería subterránea, canteras y obras civiles, produciendo un excelente comportamiento para las labores confinadas como rampas, chimeneas, piques, etc.

Finalmente, su correcta transferencia de energía liberada a la roca, reduce los daños cerca del taladro (Departamento de perforacion y coladura CMH S.A.).

#### **Figura 4.**

##### *Especificaciones técnicas de Semexsa*

Especificaciones técnicas	Unidades	Semexsa 45	Semexsa 65	Semexsa 80
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1.08 ± 3%	1.12 ± 3%	1.18 ± 3%
Velocidad de detonación*	m/s	3,800 ± 200	4,200 ± 200	4,500 ± 200
Presión de detonación	kbar	87	94	125
Energía**	KJ/kg	3,338	3,433	3,747
RWS**	%	89	92	99
RBS**	%	120	127	147
Volumen de gases	l/kg	1,016.	1,015	989
Resistencia al agua	Horas	Buena	Muy buena	Excelente
Categoría de humos	Categoría	1 era.	1 era.	1 era.

Fuente: (Departamento de perforacion y coladura CMH S.A.)

#### 2.4.2.2 *Exsablock*

Es la dinamita de baja energía especialmente utilizada en voladuras controladas, porque evita la sobre rotura de la roca remanente, así mismo previene la dilución del mineral, además es empleado en la rotura dimensional de la roca. También asegura la estabilidad en la roca próxima, disminuyendo la ampliación de la red de fracturas preexistentes, reduciendo los riesgos de desprendimiento del techo y asegurando la integridad de las personas, instalaciones y equipos (EXSA S.A., 2021).

#### **Figura 5.**

##### *Especificaciones técnicas de Exsablock*

<b>Especificaciones técnicas</b>	<b>Unidades</b>	<b>Exsablock</b>
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	0.91 +/- 5%
Velocidad de detonación*	m/s	2,800 +/- 200
Presión de detonación**	kbar	23
Energía**	Kj/kg	1720
RWS**	%	45
RBS**	%	54
Volumen de gases**	l/kg	771
Resistencia al agua	Horas	Nula
Categoría de humos	Categoría	1 era

Fuente: (Departamento de perforación y coladura CMH S.A.)

#### 2.4.2.3 *Fulminante o detonador*

El fulminante se utiliza para la voladura, tiene una forma cilíndrica, es muy sensible a los golpes, esta se conecta a una mecha de seguridad. Al momento de la explosión el fulminante entra en contacto con la dinamina (Famesa, 2018).

#### 2.4.2.4 *Mecha de seguridad*

La mecha de seguridad se utiliza en la voladura. la caracteriza que tiene es que trasmite el fuego lentamente. Está compuesto de pólvora, algodón y esta forrada con plástico. La mecha de seguridad va conectada con el fulminante (Famesa, 2018).

#### 2.4.2.5 Conector de ignición

Es un casquillo de aluminio con un ojal o corte lateral, que tiene una masa pirotécnica que recibe la llama de la mecha rápida y la transmite a la guía de seguridad, generando su encendido (Famesa, 2018).

#### 2.4.2.6 Mecha rápida

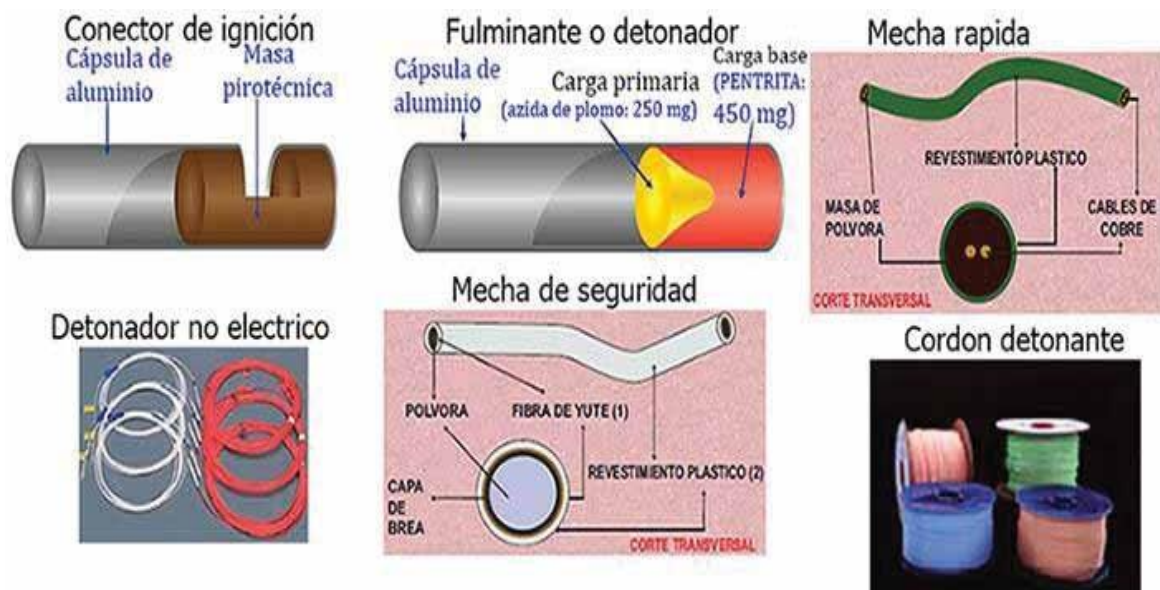
Este sistema de iniciación es crucial para asegurar una detonación controlada y sincronizada en las operaciones de voladura. El uso de iniciadores y guías de seguridad garantiza la propagación adecuada del encendido y minimiza los riesgos asociados con la voladura (Famesa, 2018).

#### 2.4.2.7 Cordón detonante

La combinación de estas características hace que el cordón detonante sea ampliamente utilizado en la industria minera y en operaciones de demolición controlada. Su flexibilidad y resistencia permiten su aplicación en diferentes tipos de terrenos y escenarios de trabajo, mientras que su estructura protegida garantiza su estabilidad y seguridad durante el manejo y la detonación (Famesa, 2018).

**Figura 6.**

*Accesorios de voladura*



Fuente: (EXSA S.A., 2021)

#### **2.4.2.8 Detonador no eléctrico**

Los detonadores no eléctricos de retardo, están constituidos por tubos plásticos muy delgados, similares a cordones detonantes, que transmiten una onda explosiva desde el punto de iniciación hasta un detonador. Según las fábricas que los elaboran pueden ser: Exsanel, Mininel, Fanel, etc (EXSA S.A., 2021).

#### **2.4.2.9 Tipos de arranques y cálculo de voladuras**

La apertura de una cavidad inicial se denomina corte, cuele o arranque, destinada a crear una segunda cara libre de gran superficie para facilitar la subsiguiente rotura del resto de la sección, se clasifica en dos grandes grupos: arranques con taladros en paralelo y arranques con taladros en diagonal o en ángulo (EXSA S.A., 2021).

#### **2.4.2.10 Corte en paralelo**

El corte en paralelo se caracteriza por tener taladros una profundidad uniforme, ya que para abrir otra cara para el siguiente corte tiene que ser uniforme el frente, para lograr la uniformidad se utilizan equipos como jumbo con brazos que te dan paralelismo y profundidad uniforme (EXSA S.A., 2021).

- a. Corte quemado:** El corte quemado se caracteriza por tener varios taladros con una misma profundidad, esta forma al momento de la voladura dejara una cara libre uniforme.
- b. Corte cilíndrico:** este corte tiene características similares con el corte quemado ya que los taladros tienen que ser uniformes en profundidad, lo que lo diferencia es con el otro método, es que va haber taladros con diferentes tamaños en el diámetro, para el método de corte cilíndrico es de vital importancia determinar bien el barden.

Para hacer una voladura de un frente se debe considerar el estudio



geológico donde nos determina el tipo de roca, tipo de yacimiento. Se debe definir con qué tipo de equipos se trabajará puede ser jac let, jumbos entre otros, que tipo de explosivo se utilizará. Sabiendo todas esas características se puede diseñar una malla de perforación (Famesa, 2018).

El número de taladros se puede calcular con la siguiente expresión matemática:

$$N^{\circ} Tal = \frac{P}{S} + c * A \quad (1)$$

$$\bar{P} = 4\sqrt{A} \quad (2)$$

Donde:

**P:** Perímetro de la sección de la labor (m)

**A:** Área o sección de la labor – cara libre (m<sup>2</sup>)

**S:** Distancia entre taladros de la sección (m)

**c:** Coeficiente o factor de roca

**Tabla 2.**

*Tipo de roca, distancia entre taladros y coeficiente de roca*

Dureza de la roca	Distancia entre taladros (m)	Coeficiente de la roca (m)
Tenaz	0.50 – 0.55	2.00
Intermedia	0.60 – 0.65	1.50
Friable	0.70 – 0.75	1.00

Fuente: (EXSA Explosivos, 2009)

#### *2.4.2.11 Calculo para las dimensiones del corte en paralelo con el modelo matemático de Calvin J. Konya*

**a. Taladro (s) vacío (s) (DH):** El diámetro del barrenos vacío de alivio se designa como DH. Si se utiliza más de un barrenos vacío, se debe calcular el diámetro equivalente de un sólo barrenos vacío el cual contenga el volumen de todos los barrenos vacíos (Konya, 2010).

$$DH = Dh\sqrt{N} \quad (3)$$



Donde:

**DH:** Diámetro equivalente de un solo taladro vacío (mm)

**Dh:** Diámetro de los taladros vacíos (mm)

**N:** Número de taladro vacíos

- b. Profundidad del taladro (H):** La profundidad de los taladros puede romper hasta 95% o más de su profundidad total:

$$H = \frac{DH + 16.51}{41.67} \quad (4)$$

Donde:

**H:** profundidad del taladro (m)

**DH:** Diámetro del taladro equivalente (mm)

- c. Profundidad de avance (L) (esperada):**

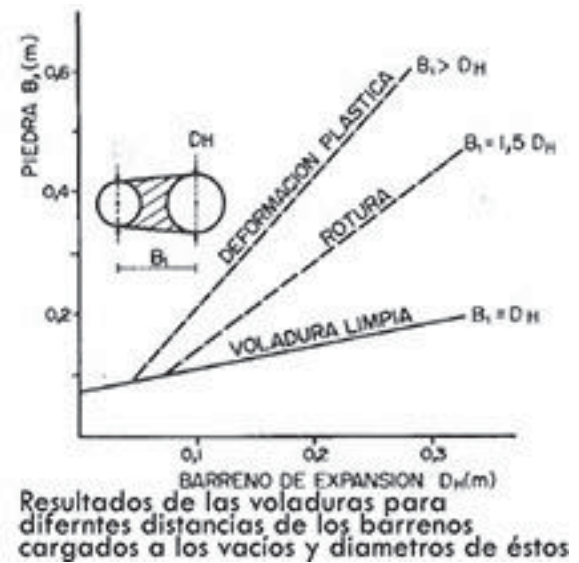
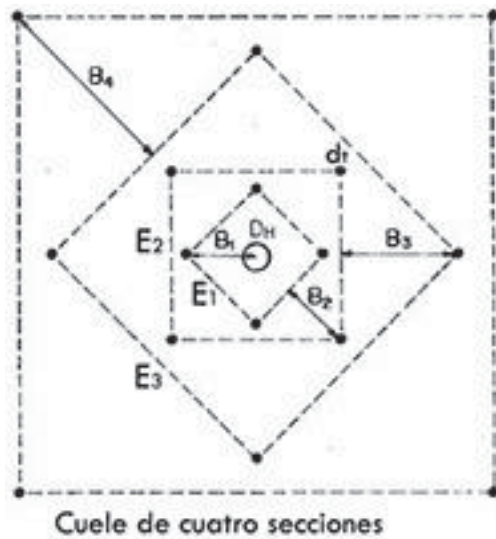
$$L = 0.95H \quad (5)$$

- d. Cálculo de B1 para el cuadro 1:** En la disposición de los barrenos, se establece que el primer cuadro de barreno se encuentra a una distancia B1 del centro de referencia. Esta distancia B1 se refiere a la distancia desde el centro exacto del corte o excavación. Además, se utiliza el término "radio" para denominar la distancia desde el centro exacto del corte hasta cualquier punto en la periferia de la excavación (Konya, 2010). Esta relación se ilustra en la **Figura 9**,

$$B_1 = 1.5D_H \quad (6)$$

**Figura 7**

*Corte en paralelo con cuatro secciones y resultados de las voladuras*



Fuente: (Konya, 2010)

El valor de espaciamento del corte (EC) denota el tamaño del corte o la distancia entre taladros del cuadro.

$$Sc_1 = B_1\sqrt{2} \quad (7)$$

Donde:

$$R_1 = B_1$$

**B<sub>1</sub>**: Burden o piedra (m)

**Sc**: Espaciamento entre taladros en el cuadro

**e. Cálculos simplificados para cortes cilíndrico.**

**Tabla 3.**

*Cálculos para cuadrantes*

Seccion n°	1	2	3	4
B	$1.5D_H$	$B_1\sqrt{2}$	$1.5B_2\sqrt{2}$	$1.5B_3\sqrt{2}$
R	$B_1$	$1.5B_2$	$1.5B_3$	$1.5B_4$
Sc	$B_1\sqrt{2}$	$1.5B_2\sqrt{2}$	$1.5B_3\sqrt{2}$	$1.5B_4\sqrt{2}$
T	$B_1$	$0.5B_2$	$0.5B_3$	$0.5B_4$
Revisar	$Sc \geq \sqrt{L}$	$Sc \geq \sqrt{L}$	$Sc \geq \sqrt{L}$	$Sc \geq \sqrt{L}$

Fuente: (Konya, 2010)



**f. Taladros auxiliares:**

$$B = 0.012 \left( \frac{2\rho_e}{\rho_r} + 1.5 \right) \partial e \quad (8)$$

$$Sc = 1.1B \quad (9)$$

$$T = 0.5B \quad (10)$$

Donde:

**B:** burden, línea de menos resistencia o piedra (m)

**$\rho_e$ :** Gravedad específica o densidad del explosivo (g/cm<sup>3</sup>)

**$\rho_r$ :** Gravedad específica o densidad de la roca (g/cm<sup>3</sup>)

**d<sub>e</sub>:** Diámetro del explosivo (mm).

**Sc:** esparcimiento entre taladros en el mismo cuadro

**T:** Taco (m)

**g. Taladros de piso**

$$Sc = 1.1B \quad (11)$$

$$T = 0.2B \quad (12)$$

**h. Taladros de contorno (corona)**

$$Sc = 1.1B \quad (13)$$

$$T = B \quad (14)$$

### 2.4.3 Voladura controlada

La voladura controlada se utiliza para romper macizos rocosos. La aplicación de este método se puede dar tanto superficial o subterránea. Este método nos ayuda a disminuir grietas en el frente de avance. Se tiene que tener en cuenta el estudio geológico ya que esta determinara que tipo de roca se presenta. Esta nos ayudara a determinar la cantidad adecuada de explosivo (Departamento de geología CMH S.A.).



#### **2.4.3.1 Ventajas**

- Produce superficies de rocas lisas y estables: El precorte permite generar una fractura controlada en la roca antes de realizar la voladura principal. Esto resulta en superficies de roca más lisas y estables, lo que facilita la posterior excavación y reduce los problemas de inestabilidad en la roca.
- Reduce la vibración de la voladura principal y la sobre excavación: Al crear una fractura previa en la roca, el precorte ayuda a disipar la energía explosiva de manera controlada.
- Produce menor agrietamiento en la roca remanente: Al aplicar el precorte, se canaliza y dirige la propagación de la fractura en una dirección específica, lo que ayuda a minimizar los agrietamientos indeseados en la roca remanente.

#### **2.4.3.2 Desventajas**

- Costo relativamente mayor que la voladura convencional por requerir más taladros y empleo de explosivos especiales o acondicionados a propósito.
- Mayor tiempo de preparación en perforación y carguío
- En material detrítico competente o deleznable que no pueda llegar a dar buenos resultados.

#### **2.4.4 Ventilación**

La ventilación en la minería subterránea es esencial para que pueda funcionar los equipos y el oxígeno que necesita el trabajador. la ventilación en el punto RP940 es mediante chimeneas, la ventilación en el cruceo 1300 la ventilación es mecánica con un ventilador que tiene la capacidad de 60000 CFM de modelo. Para poder trasladar el aire que ingresa mediante la ventiladora se utiliza mangas, la cual está distribuido hacia los diferentes frentes, el funcionamiento es constante las 24 horas (Departamento de geología CMH S.A.).



#### **2.4.5 Limpieza y acarreo de desmonte**

Al terminar la ventilación después de la voladura se hace la limpieza con Scooptram modelo (R1300G). El material generado por la voladura se lleva hacia la cámara de acumulación RP1925. El acarreo se hace con volquetes con capacidad de 15 y 22 Ton (Departamento de geología CMH S.A.).

#### **2.4.6 Sostenimiento**

El sostenimiento en la minería subterránea es importante para tener un trabajo seguro. El sostenimiento se da en lugares donde el macizo rocoso es inestable. El método de aplicación dependerá mucho del macizo rocoso y del método de explotación, pueden ser sostenimiento por cimbras metálicas, cuadros de madera, rectos, cónicos, cojos, etc.

El sostenimiento ayudara a que las rocas sueltas no caigan en lugares donde obstruyen el camino, pueden caer al trabajador. Y si no se pone sostenimiento puede jalarse el macizo rocoso hasta pudiendo perder la labor. En la RP1925 según la geología el macizo que presenta es variados, desde muy bueno hasta muy malo por lo cual se aplica diferentes métodos, shotcrete, malla electro soldada y simbras metálicas (Caceres, 2017). Por lo cual, para continuar la ejecución del proyecto se basa de acuerdo a la tabla geomecánica. Lo cual se puede apreciar en el anexo **1 y 2**.

##### ***2.4.6.1 Sostenimiento con shotcrete vía húmeda***

Este tipo de sostenimiento se aplica para tipo de roca muy mala, donde la roca es inestable. La aplicación de este método es con concreto, el material se prepara en la planta de concreto, posteriormente son llenados en los mixeres para luego ser transportadas hacia el lugar que necesite, previamente coordinado con el encargado. El mixer cuenta con un lanzador el cual es manipulado con un centro (Departamento de geología CMH S.A.).

#### 2.4.6.2 *Sostenimiento con pernos swellex*

Este método se aplica para poder tener una estabilidad en los bloques. En la empresa se aplica mucho en lugares de macizo rocoso muy malos I. estos lugares donde se encuentran las fallas tienden a tener una constante caída de rocas. Este método es costoso por lo cual solo se colocan en las galerías principales. La instalación de los pernos swellex se realiza con jumbos emperadores Sandvik (bolter) (Departamento de geología CMH S.A.).

#### 2.4.6.3 *Formas de evitar la sobrerotura*

La sobrerotura en la voladura tiene consecuencias en el aumento de costos de producción. Para evitar eso se tiene que tomar en cuenta lo siguiente, el empleo de cargas explosivas lineales de baja energía, cargas desacopladas, espaciado adecuado entre taladros y taladros cercanos entre sí son enfoques y técnicas utilizadas en la voladura para lograr un mayor control sobre el fragmentado, minimizar los riesgos y obtener los resultados deseados en términos de estabilidad y eficiencia en la excavación (Departamento de geología CMH S.A.).

La sobrerotura se puede calcular mediante la siguiente formula experimental:

$$Rr = Ar * Av * Fe \quad (15)$$

$$Rt = At * Av * Fe \quad (16)$$

$$Sr\% = \frac{Rr - Rt}{Rt} * 100\% - 100\% \quad (17)$$

Donde:

**Sr:** Porcentaje de sobrerotura (%)

**Rr:** Rotura real después de la voladura (m<sup>3</sup>)

**Rt:** Rotura teórica de acuerdo al diseño (m<sup>3</sup>) Ar: Área de la sección real (m<sup>2</sup>)

**At:** Área de la sección teórica de acuerdo al diseño (m<sup>2</sup>)



**Av:** Avance efectivo del disparo (m)

**Fe:** Factor de esponjamiento de la roca

#### **2.4.7 Geomecánica**

El estudio de la geomecánica de rocas es importante al momento de explotar una mina, ya que gracias a este estudio se puede caracterizar el macizo rocoso, gracias a estos datos se puede evitar accidentes, incidentes. La geomecánica determina el método de minado con la que contara (Departamento de geología CMH S.A.).

##### **2.4.7.1 Clasificación geomecánica**

Para la clasificación se tomó en cuenta los criterios ya establecidos, esta clasificación simplifica los diferentes tipos de macizo rocosos que se encuentra en la unidad minera. La información ayudara a determinar el tipo de macizo rocoso con la que contara cada frente de avance. Según la clasificación de Barton y Bieniaswki la unidad minera Percoy tiene un macizo rocoso malo (Departamento de geología CMH S.A.).

##### **2.4.7.2 Clasificación de Bieniawski (CSIR)**

Bieniawski, del CSIR (South African Council for Scientific and Industrial Research), desarrolló uno de los sistemas de clasificación más utilizados en los últimos años por los ingenieros geotécnicos, conocido como RMR, índice que sirve de base y guía para el mapeo, la excavación y el sostenimiento de labores mineras (Caceres, 2017).

**Obtención del índice RMR (Rock Mass Rating):** este sistema clasificación permite clasificar el macizo rocoso. Para la aplicación tienes que tener en cuenta la comprensión uniaxial, RQD, espaciamiento de diaclasas y las condiciones de aguas subterráneas (Departamento de geología CMH S.A.).



**Figura 8.**

*Clasificación geomecánica de Bieniawski*

Ensayo carga puntual	>10 (15)	10-4 (12)	4-2 (7)	2-1 (4)			7
Compresión simple (MPa)	>250 (15)	250-100 (12)	100-50 (7)	50-25 (4)	25-5 (2)	5-1 (1) <1 (0)	
RQD		90%-100% (20)	75%-90% (17)	50%-75% (13)	25%-50% (8)	<25% (3)	13
Separación entre diaclasas	Separación entre diaclasas	>2 m (20)	0,8-2m (17)	0,2-0,6m (10)	0,08-0,2m (8)	<0,08m (5)	10
Estado de las discontinuidades	Long. discontinuidad	<1m (8)	1-3m (4)	3-10m (2)	10-20m (1)	>20m (0)	4
	Abertura	Nada (8)	<0,1mm (5)	0,1-1,0mm (3)	1-5mm (1)	>5mm (0)	3
	Rugosidad	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Ligeramente rugosa (3)	Ondulada (1)	Suave (0)	3
	Relleno	Ninguno (8)	Relleno duro <5mm (4)	Relleno duro >5mm (2)	Relleno blando <5mm (2)	Relleno blando >5 mm (0)	2
	Alteración	Inalterada (8)	Ligeramente alterada (5)	Moderadamente alterada (3)	Muy alterada (1)	Descompuesta (0)	3
Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo (15)	<10 l/min (10)	10-25 l/min (7)	25-125 l/min (4)	>125 l/min (0)	15
	Presión agua/tensión principal mayor	0 (15)	0-0,1 (10)	0,1-0,2 (7)	0,2-0,5 (4)	>0,5 (0)	
	Estado general	Seco (15)	Ligeramente húmedo (10)	Húmedo (7)	Goteando (4)	Agua fluyendo (0)	
Corrección orientación discontinuades	Dirección y buzamiento	Muy favorables	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables	-2
	Túneles	0	-2	-5	-10	-12	
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25	
	Taludes	0	-5	-25	-50	-80	
Clasificación	Puntuación	(81-100)	(61-80)	(41-60)	(21-40)	(<20)	58
	Clase	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V	Tipo III
	Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala	Media

Fuente: (Mestas, 2016)

Se tiene que tomar en cuenta todos los parámetros, comprensión simple, RQD, separación de las diaclasas, agua, estados de las discontinuidades y corrosión orientación de las discontinuidades. Cada parámetro tiene un valor, la suma de estos valores nos da la clasificación del macizo rocoso. Donde el tipo I es muy buena, tipo II es buena, tipo III es media, tipo IV es mala y Tipo V es muy mala (Konya, 2010). **Ver figura 9.**

#### 2.4.8 Mapeo geomecánico

En la RP 1925 – Mina Rosa Nv.1865; De acuerdo a los mapeos geomecánicos, esta labor presenta RMR entre 31 – 40 (Mala A) y 21 – 30 (Mala B). Como se puede apreciar en el plano geomecánico **Anexo 11**, que presenta

fracturamiento sub paralelos con buzamiento contrarios, interceptados con fallas sub perpendiculares (potencia de 0.80 m), en los contactos con las fallas el relleno es suave, planos lisos, de moderado a muy alterado, ligera humedad, dichas condiciones generan desprendimiento de bloques tanto de la corona como de los hastiales (sobre excavación) (Departamento de geología CMH S.A.).

**Figura 9.**

*Parámetros de clasificación y sus valores*

PARÁMETROS		ESCALA DE VALORES							
1	Resistencia de la roca intacta	Índice de carga puntual	>10 MPa	4-10 Mpa	2-4 Mpa	1-2 MPa	Para valores bajos es preferible la resistencia a compresión simple		
		A compresión simple (uniaxial)	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	VALOR	15	12	7	4	2	1	0	
2	R.Q.D	90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%			
	VALOR	20	17	13	8	3			
3	ESPACIADO DE LAS JUNTAS	>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm			
	VALOR	20	15	10	8	5			
4	CONDICIONES DE LAS JUNTAS		Muy rugosas, sin continuidad, cerradas, roca labios sana.	Ligeramente rugosa separación <1 mm, roca labios ligeramente meteorizada.	Ligeramente rugosa separación <1 mm, roca labios muy meteorizada.	Espejo o falla o relleno de espesor <5 mm, o juntas abiertas 1-5 mm, juntas continuas.	Relleno blando de espesor >5 mm, o juntas abiertas >5 mm, juntas continuas.		
	VALOR		30	25	20	10	0		
5	AGUA	Flujo en cada 10 m. de túnel, (l/min)	Ninguno	<10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	>125 l/min		
		Relación presión del agua en las juntas/tensión principal máxima.	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
	CONDICIONES GENERALES		Completamente seco	Manchas de humedad	Muy húmedo	Goteo	Flujo de agua		
	VALOR		15	10	7	4	0		

Fuente: (Mestas, 2016)

#### 2.4.9 Precios unitarios de Consorcio Minero Horizonte S.A.

Es importante saber el precio unitario de cada bien o servicio que cuenta el consorcio minero Horizonte. Los precios se detallarán en la Tabla 4, Tabla 5, Tabla 6, Tabla 7, Tabla 8 y Tabla 9.

**Tabla 4.**

*Costo de mano de obra*

categoria	Ud	Jornal (s/.)	Jornal (\$)	Leyes sociales 66.85%	C. U. \$/jornal
Jefe de guardia	S/. / Jornal	250	77.23	51.63	128.86
Capataz	S/. / Jornal	115	35.53	23.75	59.28
Maestro de operaciones	S/. / Jornal	68	21.01	14.04	35.05



Ayudante de operaciones	S/. / Jornal	63	19.46	13.01	32.47
Operador jumbo	S/. / Jornal	101	31.20	20.86	52.06

Fuente: (Departamento de perforacion y coladura CMH S.A.)

**Tabla 5.**

*Costo de equipos*

equipos	und	Costo total US\$/Hr	Consumo combustible	Unidad consumo
Jumbo electrohidráulico	\$/hr	138	1.5	gal/hr
Scoop diésel 4.1Yd3	\$/hr	118	6.5	gal/hr
Jumbo emperrador (bolter)	\$/hr	119	1.5	gal/hr
Camión hormigonero (Mixer)	\$/hr	60	2.8	gal/hr
Lanzador de concreto (Robot)	\$/hr	102	2	gal/hr

Fuente: (Departamento de perforacion y coladura CMH S.A.)

**Tabla 6.**

*costo de aceros de perforación*

Descripción	Unidad	Precio \$	Vida útil	Ud vida útil
Barra MF T38xH35xR32x14 FTS	\$/pza	513.94	2500	m
Barra MF T38xH35xR32x12 FTS	\$/pza	536.11	2500	m
Barra R32-H28-R28x8' (bolter)	\$/pza	273.05	2500	m
Shank adapter HLx5xT38, 7304-7585	\$/pza	254.3	3500	m
Shank adapter hembra (bolter)	\$/pza	302.66	3500	m
Broca B R32x45MM	\$/pza	83.12	200	m
Broca B R28 X 37MM	\$/pza	72.09	200	m
Broca rimadora R32x102MM, S45	\$/pza	221.92	200	m
Adaptador de rimadora PIL R32	\$/pza	133.17	200	m

Fuente: (Departamento de perforacion y coladura CMH S.A.)



**Tabla 7.**

*Costo de herramientas y materiales*

descripción	unidad	Precio \$	Vida útil	Ud útil
Combustible (Petróleo)	\$/gal	3.13		
Aceite almo	\$/gal	8.51		
Cadena de eslavón 3/16	\$/m	1.09		
Tubería de polietileno de 2"	\$/pza	2.37		
Tubo pvc (voladura precorte)	\$/pza	1.88		
Tubo pvc (tubo de arrastre)	\$/pza	1.28		
Cinta masking tape 3/4"	\$/ud	1.48		
Cinta aislante scotch 3/4" 3M	\$/ud	6.33		
Manguera de jebe	U.S.\$/Mts	3.25	100	disp
Pintura esmalte color rojo	\$/pza	6.46		
Brocha tumi de 3"	\$/pza	4.63	10	disp
Escalera telescópica	\$/ud	13.21	150	disp
Guiadores	\$/pza	1.54	150	disp
Lampa tipo cuchara	\$/pza	5.79	50	disp
Pico minero	\$/pza	7.56	50	disp
Comba de 6 Lbs	\$/pza	7.92	150	disp
Llave Stilson de 12"	\$/pza	11.49	150	disp
Llave Francesa de 8"	\$/pza	5.83	150	disp
Barretilla de 6'	\$/pza	17.42	30	disp
Barretilla de 8'	\$/pza	17.50	30	disp
Barretilla de 10'	\$/pza	20.39	30	disp
Barretilla de 12'	\$/pza	24.89	30	disp
Barretilla de 14'	\$/pza	28.63	30	disp
Cucharilla	\$/pza	2.58	30	disp
Tacos de arcilla	\$/pza	0.50		



Atacador	\$/pza	1.50	20	disp
Llave stillson de 14"	\$/pza	33.54		
Manga de ventilación	\$/m	1.29		
Alcayata 3/4	\$/pza		2.57	
Grapas y accesorios	General		3.67	
Cizalla para fe tipo tijera 1/2"	ud		51.63	
Llave francesa de 14"	ud		16.03	
Perno de anclaje expansivo swellex	\$/pza		9.56	
Malla electrosoldada de 4"x4"	\$/m2		2.32	
Calibrador biselado 45° D/madera	\$/pza		0.10	
Acelerante (L-30 cilindro x1246.50kg)	\$/kg		0.86	
Shotcrete vía húmeda (mezcla)	\$/m3		310	
Cartucho de cemento cembol	\$/ud		0.19	

Fuente: (Departamento de perforacion y coladura CMH S.A.)

### Tabla 8.

#### *Costo de explosivo y accesorios*

Descripción	Unidad	Precio \$
Pentacord o cordón detonante	\$/m	0.27
Igneter cord	\$/m	1.31
Guia ensamblada 2.4 mts	\$/pza	0.86
Exsanel 4.20 mts N 180 (200)	\$/pza	1.25
Exsanel 4.80 mts N 180 (200)	\$/pza	1.61
Exsablock 1-1/8"x8" (160) cart	\$/cart	0.29
Exsablock 7/8"x7" (160) cart	\$/cart	0.20
Semexa 65 1-1/8"x12" (122) cart	\$/cart	0.59

Fuente: (Departamento de perforacion y coladura CMH S.A.)



**Tabla 9.**

*Costo de Equipo de Protección Personal (EPPs)*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio \$</b>	<b>Vida util</b>	<b>Und vida util</b>
Bota de jebe punta de acero	\$/pza	18.02	180	disp
Chaleco amarillo limón de malla c/cinta reflectiva	\$/pza	5.41	60	disp
Short amarillo limón con cinta reflectiva	\$/pza	4.83	60	disp
Casco jockey con portalámpara azul	\$/pza	9.05	365	disp
Barbiquejo	\$/pza	0.60	60	disp
Respirador	\$/pza	18.12	180	disp
Filtro	\$/pza	3.36	7	disp
Cartucho	\$/pza	4.35	30	disp
Retenedor	\$/pza	2.31	180	disp
Guantes de Cuero	\$/pza	3.04	7	disp
Guantes de Neopreno	\$/pza	7.14	7	disp
Correa Portalámpara	\$/pza	3.33	365	disp
Tapón de oído	\$/pza	0.33	30	disp
Protector auricular (orejeras)	\$/pza	8.80	365	disp
Camisa + pantalón	\$/pza	30.43	180	disp
Lámpara minera	\$/pza	78.98	365	disp
Anteojo	\$/pza	4.08	120	disp
Tafilete	\$/pza	3.24	365	disp

Fuente: (Departamento de perforación y coladura CMH S.A.)

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS

#### 3.1 INFORMACION DE LA RP1925 CON LA MALLA ANTERIOR

##### 3.1.1 Sobrerotura

Se evalúa la sobrerotura de 10 disparos en la RP1925 para luego influenciar el cálculo porcentaje de sobrerotura, ver de igual forma el avance de cada disparo como se muestra en la **Tabla 10**.

**Tabla 10.**

*Porcentaje de sobrerotura en la RP1925*

N.º disparo	Ancho (m)	Altura (m)	Ancho real (m)	Altura real (m)	Avance real (m)	Rotura real (m <sup>3</sup> )	Rotura diseño (m <sup>3</sup> )	Sobrerotura %
1	3.50	3.50	3.75	3.80	2.84	38.02	32.69	16.33%
2	3.50	3.50	3.68	3.86	2.78	37.10	32.00	15.96%
3	3.50	3.50	3.65	3.80	2.86	37.27	32.92	13.22%
4	3.50	3.50	3.60	3.98	2.86	38.50	32.92	16.96%
5	3.50	3.50	3.64	3.84	2.84	37.30	32.69	14.10%
6	3.50	3.50	3.75	3.78	2.98	39.69	34.30	15.71%
7	3.50	3.50	3.72	3.80	3.02	40.11	34.76	15.40%
8	3.50	3.50	3.71	3.76	2.78	36.44	32.00	13.87%
9	3.50	3.50	3.68	3.81	2.89	38.07	33.26	14.46%
10	3.50	3.50	3.86	3.76	2.84	38.73	32.69	18.48%
<b>Promedio</b>			<b>3.70</b>	<b>3.82</b>	<b>2.87</b>	<b>38.12</b>	<b>33.02</b>	<b>15.45%</b>
<b>Total (avance y rotura)</b>					<b>28.69mts</b>	<b>381.24</b>	<b>330.22</b>	<b>15.45%</b>

Fuente: (Departamento de perforacion y coladura CMH S.A.)

Para el cálculo de sobrerotura tomamos en cuenta la sección diseñada de la labor (3.50mx3.50m), la sección real después de la voladura (3.86mx3.76m) y 2.84 de avance efectivo en el número de disparo N.º 10 de la **Tabla 10**, Calculamos la rotura real, teórica y porcentaje de sobrerotura en las ecuaciones **15, 16 y 17**.



$$Rr = Ar * Av * Fe$$

$$Rr = 3.86m * 3.76m * 2.84m * 0.93 * 1.0103 = 38.73m^3$$

$$Rt = At * Av * Fe$$

$$Rt = 3.50m * 3.50m * 2.84m * 0.93 * 1.0103 = 32.69m^3$$

$$Sr\% = \frac{Rr - Rt}{Rt} * 100\% - 100\%$$

$$Sr\% = (38.73 - 32.69)/32.69 * 100\% - 100\% = 18.48\%$$

### 3.1.2 Perforación

#### 3.1.2.1 Malla de perforación

Una malla de perforación tiene la finalidad distribuir los taladros. Para tal caso se tomó en cuenta la información del macizo rocoso que es de RMR 31 y RMR 40. El diseño que se tiene actualmente es de manera convencional, ya que no existe una malla predeterminada.

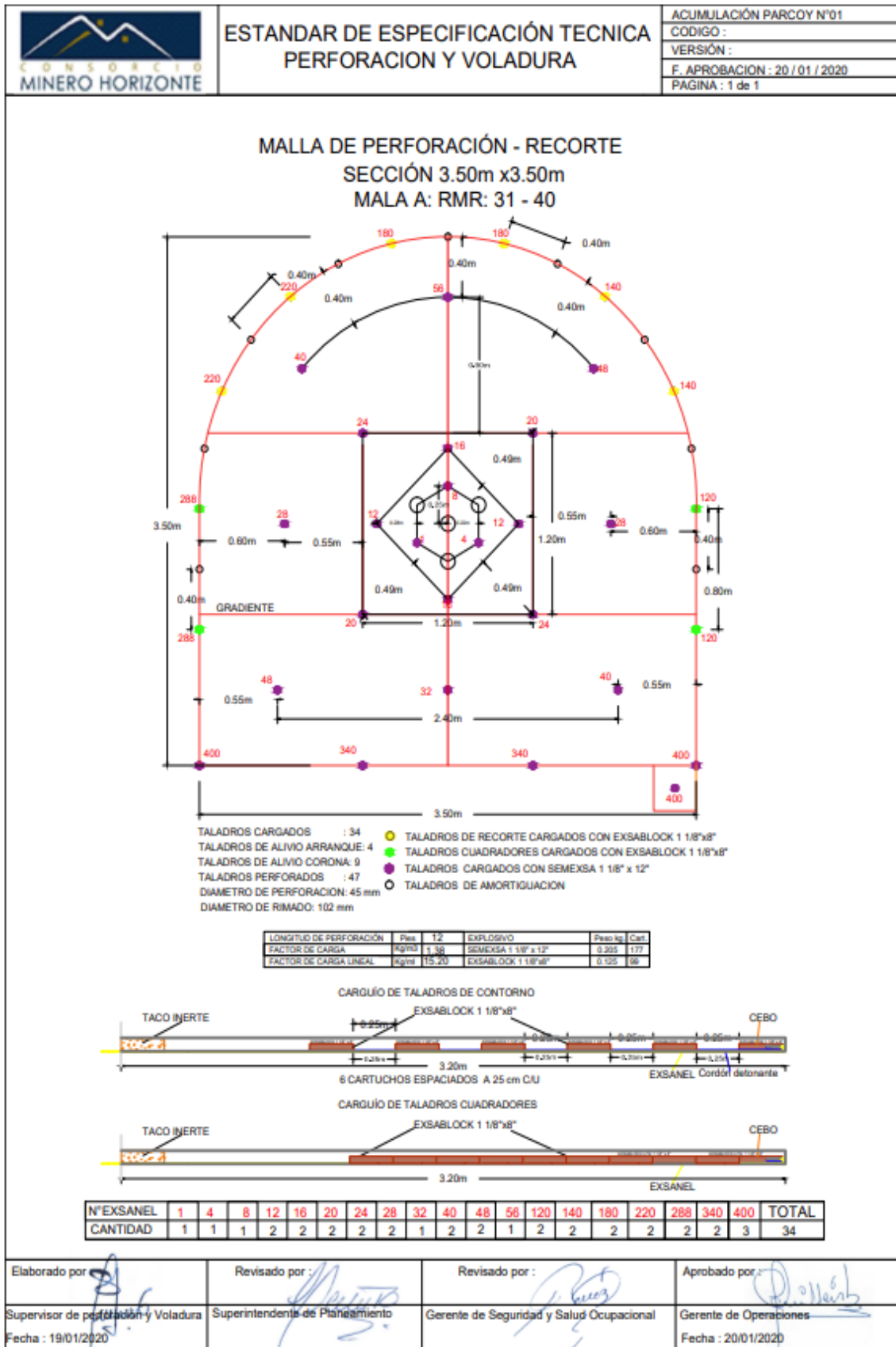
Datos del diseño de malla de perforación y voladura:

- Ancho de labor: 3.50metros.
- Altura de labor: 3.50 metros.
- Tipo de roca: Granodiorita (2.7tn/m<sup>3</sup>)
- RMR: 31 – 40
- Equipo de perforación: Jumbo.
- Tipo de corte: Corte quemado o cilíndrico.
- Longitud de la barra: 12pies, eficiencia de perforación 90%
- Perforación efectiva:  $12 * 0.305 * 0.9 = 3.29$  metros.
- Taladros perforados: 47 taladros.
- Taladros rimados: 4 taladros.



**Figura 10.**

Malla estándar de perforación y voladura



Fuente: (Departamento de perforación y coladura CMH S.A.)

En la **Figura 10** se puede visualizar una malla de perforación de recorte que cuenta con una sección 3.50m x 3.50m. se tomó en cuenta la clasificación de macizo rocoso el cual me proporciono el área de geomecánica del Consorcio Minero Horizonte S.A.

De acuerdo al **Anexo 3** se calcula la eficiencia de perforación con jumbo y se muestra en la **Tabla 11**.

**Tabla 11.**

*Eficiencia de perforación con jumbo electrohidráulico*

descripción	unidad	Tipo de roca MALA – A
Cantidad de taladros perforados	ud	47
Cantidad de taladros rimados	ud	4
Longitud de perforación	m	3.29
Longitud total perforado por disparo	m	154.63
Tiempo promedio de perforación por taladro	min	2.18
Velocidad promedio de perforación por taladros	m/min	1.51
Tiempo promedio de emboquillado por taladro	min	0.42
Tiempo promedio de cambio de taladro a taladro	min	0.1
Tiempo promedio de demoras por taladro	min	0.23
Tiempo neto de perforación del frente	min	102.46
Tiempo total de emboquillado de taladro	min	19.74
Tiempo total de cambio de taladro a taladro	min	4.7
Tiempo total de demoras	min	10.81
Tiempo total de perforación	min	137.71
Tiempo total instalación, y otros	min	5
<b>tiempo total de perforación del frente</b>	<b>min</b>	<b>142.71</b>
	<b>hrs</b>	<b>2.38</b>
<b>rendimiento del jumbo electrohidráulico</b>	<b>m/hr</b>	<b>65.01</b>

### 3.1.3 Voladura

#### 3.1.3.1 Requerimiento de explosivo

Es importante implementar medidas de control y supervisión rigurosas en la generación de los vales de explosivo, asegurando que se realicen de manera precisa y acorde a las necesidades de cada frente de carga. Esto implica establecer protocolos claros, capacitar al personal involucrado y llevar a cabo un seguimiento regular para corregir cualquier inconsistencia o error que se presente. La cantidad de explosivo solicitado en el polvorín para un frente a cargar es variable, esto es debido a la falta de control al momento de generar los vales de explosivo por los bodegueros; se hizo la recopilación de varios vales de explosivos de la RP1925, y se obtuvo la siguiente muestra para la malla de perforación mostrada en la **Figura 10**.

**Tabla 12.**

*Cantidad de explosivo para el frente*

Sección	N.º tal.	Longitud de carga (m)	Cartuchos/taladro		Total cartuchos/taladro	
			Semexa 65 1-1/8"x12"	Exsablock 1-1/8"x8"	Semexa 65 1-1/8"x12"	Exsablock 1-1/8"x8"
Arranque	3	2.9	11		33	
Ay. arranque	4	2.7	10		40	
Ay. de cuadrador	4	2	8		32	
Ay. de corona	3	2	8		24	
Ay. de arrastre	3	2.5	9		27	
Cuadradores	4	1.7	4	5	16	20
Arrastre	4	2.5	9		36	
Cuneta	1	1.4	5		5	
Contorno	6		1	5	6	30
Alivios arranque	4				0	



Alivios	9		0	
contorno				
<b>Total perforados</b>	<b>47</b>	<b>Peso por cartucho</b>	<b>0.205</b>	<b>0.125</b>
<b>Total cargados</b>	<b>34</b>	<b>Kilos de explosivo</b>	<b>49.815</b>	<b>6.25</b>
<b>Total semexa y exsablock pedido en el polvorín (cartuchos)</b>			<b>243</b>	<b>50</b>

### 3.1.3.1.1 Rendimiento del explosivo

Para el cálculo de la sumisión del explosivo se estima el peso del explosivo mostrado en la **Tabla 12**, los deferentes del explosivo cargado en el frente se muestran en la **Tabla 13**.

**Tabla 13.**

#### *Rendimiento del explosivo*

Descripción	Unidad	Total
Peso de explosivo	kg	56.07
Longitud del taladro	m	3.29
Volumen total	m <sup>3</sup>	37.48
Tonelaje total	tn	101.20
Factor de carga	kg/m <sup>3</sup>	1.55
Factor de potencia	kg/tn	0.55
Factor de carga lineal	kg/m	17.04

### 3.1.4 Costos

#### 3.1.4.1 Costos de perforación

Los precios de la operación dependen mucho de la cantidad de mineral que requiera la planta de beneficios. De acuerdo a ese hará la proyección de herramientas, equipos, mano de obra. Los precios del jumbo en la perforación se pueden visualizar en la **tabla 14**.

**Tabla 14.**

*Costo de perforación*

Descripción	Unidad	Total
Tiempo total de perforación del frente	hrs	2.38
Costo horario del jumbo electrohidráulico	\$/hr	138.00
Combustible (petróleo)	\$	11.17
<b>Costo del jumbo por disparo</b>	<b>\$</b>	<b>339.61</b>
<b>Costo de perforación por metro lineal</b>	<b>\$/m</b>	<b>119.58</b>

El costo de aceros de perforación y herramientas y materiales usados en la perforación del frente se muestra en la **Tabla 15**, los costos unitarios de aceros de perforación se muestran en **Tabla 6**, y costos unitarios de materiales y herramientas en **Tabla 7**.

**Tabla 15.**

*Costo de herramientas y materiales de perforación*

Descripción	Consumo por guardia	ud de consumo	vida útil	ud vida útil	Precio (\$)	Costo total (\$)
<b>Aceros de perforación</b>						
Barreno	154.63	m	2500	m	536.11	33.16
Shank adapter	154.63	m	3500	m	254.3	11.23
Broca B R32x45MM	154.63	m	200	m	83.12	64.26
Broca rimadora R32x102MM	13.61	m	200	m	221.92	15.10
Adaptador de rimadora	13.61	m	200	m	133.17	9.06
<b>Herramientas y materiales</b>						
Aceite almo	0.18	gal	1	gal	8.51	1.53
tubo de arrastre	10	Und	1	disp	1.28	12.80
Pintura esmalte color rojo	0.2	Galones	1	gal	6.46	1.29
Brochas tumi de 3"	1	ud	10	disp	4.63	0.46
Guiadores 1.5m	3	ud	150	disp	1.54	0.03
lampa tipo cuchara	1	ud	50	disp	5.79	0.12
Pico	1	ud	50	disp	7.56	0.15
Comba de 6 Lbs	1	ud	150	disp	7.92	0.05



Llave Stillson de 12"	1	ud	150	disp	11.49	0.08
Llave Francesa de 8"	1	ud	150	disp	5.83	0.04
Barretilla de 6'	2	ud	30	disp	17.42	1.16
Barretilla de 8	2	ud	30	disp	17.5	1.17
Barretilla de 10'	2	ud	30	disp	20.39	1.36
Barretilla de 12'	2	ud	30	disp	24.89	1.66
Cucharilla	2	ud	30	disp	2.58	0.17
Manguera de jebe	50	m	100	disp	3.25	1.63
Tacos de arcilla	35	ud	1	disp	0.5	17.50
Tubo (voladura precorte)	5	ud	1	disp	1.88	9.40
Cinta masking tape 3/4"x25m	1	ud	1	disp	1.48	1.48
Atacador	2	ud	20	disp	1.5	0.15
Escalera telescopica 3 m.	1	ud	150	disp	13.21	0.09
<b>Costo herramientas y materiales por disparo (\$/)</b>						<b>187.05</b>
<b>Costo herramientas y materiales por metro lineal (\$/m)</b>						<b>65.86</b>

#### 3.1.4.2 Costos de voladura

Para determinar los costos de voladura dependerá del explosivo que se utiliza en cada frente y también se tiene que tener en cuenta de que empresa adquirirlos. Los precios se visualizan en la **tabla 16**.

**Tabla 16.**

*Costo de voladura por disparo del frente*

Descripción	Consumo por disparo	Unidad consumo	Precio (\$)	Costo total (\$)
Semexa 65 1-1/8"x12"	243	ud	0.59	143.37
Exsablock 1-1/8"x8"	50	ud	0.29	14.50
Exsanel 4.20m N 180	34	ud	1.25	42.50
Guia ensamblada 2.4m-carmex	2	ud	0.86	1.72
Igneter cord	0,1	m	0.31	0.03
Cordón detonante (pentacord)	41	m	0.27	11.07
<b>Costo total por disparo (\$/disp)</b>				<b>213.19</b>
<b>Costo voladura por metro lineal (\$/m)</b>				<b>75.07</b>

#### 3.1.4.3 Costos de mano de obra

El costo de mano obras se calcula de acuerdo a la jornada de trabajo y teniendo el tiempo del ciclo de minado en el punto RP1925. El precio se expresa en dólares por cada metro de avance. Conforme a la tabla 4 se evidencian las horas de perforación y el costo se pueden visualizar en la **tabla 17**

**Tabla 17.**

*Costo total de mano de obra*

<b>Operaciones</b>	<b>Descripción</b>	<b>Horas por labor</b>	<b>Und</b>	<b>Incidencia (%)</b>	<b>Costo (\$)</b>	<b>Total (\$)</b>
Perforación	Operador de jumbo	2.38	h/h	20.70	52.06	10.77
Voladura	Maestro de operaciones	11.5	h/h	100.00	35.05	35.05
	Ayudante de operaciones	11.5	h/h	100.00	32.47	32.47
Servicios	Bodeguero	0.42	h/h	3.65	32.47	1.19
Supervisión	Jefe de guardia	0.5	h/h	4.35	128.86	5.60
	Capataz/Supervisor	1	h/h	8.70	59.28	5.15
<b>Costo total de mano de obra por disparo (\$)</b>						<b>90.24</b>
<b>Costo total de mano de obra por disparo (\$/m)</b>						<b>31.77</b>

#### *3.1.4.4 Costo de seguridad*

Para determinar el costo de seguridad se toma en cuenta los Epps, el número de personal y tiempo de vida útil, se tiene que tener equipos extras por si no cumple su vida útil.

En la **tabla 18** se representa los costos.

**Tabla 18.**

*Costo de Equipos de Protección Personal (EPPs)*

<b>Descripción</b>	<b>ud</b>	<b>Hrs por gdia.</b>	<b>Vida Util</b>	<b>Und Vida Util</b>	<b>Precio %</b>	<b>Costo Total \$</b>
Botas minero	Par	12	180	disp	18.02	1.20
Chaleco de malla	ud	12	60	disp	5.41	1.08
Short	ud	12	60	disp	4.83	0.97
Casco con portalámpara azul	ud	12	365	disp	9.05	0.30
Barbiquejo	ud	12	60	disp	0.6	0.12



Respirador 3M	ud	12	180	disp	18.12	1.21
Filtro 3M	Par	12	7	disp	3.36	5.76
Cartucho 3M	Par	12	30	disp	4.35	1.74
Retenedor	Par	12	180	disp	2.31	0.15
Guantes de Cuero	Par	5	7	disp	3.04	2.17
Guantes hyplex	Par	7	7	disp	7.14	7.14
Correa Portalámpara	ud	12	365	disp	3.33	0.11
Tapón de oído	par	5	30	disp	0.33	0.06
Protector auricular (orejeras)	par	7	365	disp	8.8	0.17
Camisaco y pantalón	ud	12	180	disp	30.43	2.03
Lámpara	ud	12	365	disp	78.98	2.60
lentes	ud	12	120	disp	4.08	0.41
Tafilete	ud	12	365	disp	3.24	0.11
<b>Costo total de implementos de seguridad por disparo (\$)</b>						<b>27.31</b>
<b>Costo de implementos de seguridad por metro lineal (\$/m)</b>						<b>9.62</b>

**Tabla 19.**

*Resumen de costo de operaciones*

Operaciones unitarias	Descripción	Total
<b>Perforación</b>	Costo del jumbo electrohidráulico	339.61 \$/disparo
	Costo de herramientas y materiales	187.05 \$/disparo
	<b>Costo total de perforación</b>	<b>526.66 \$/disparo</b>
<b>Voladura</b>	Costo de voladura	213.19 \$/disparo
	<b>Costo total de voladura</b>	<b>213.19 \$/disparo</b>
<b>mano de obra</b>	Costos de mano de obra	90.24 \$/disparo
	<b>Costo total de mano de obra</b>	<b>90.24 \$/disparo</b>
<b>Seguridad</b>	Costos de implementos de seguridad	27.31 \$/disparo
	<b>Costo total de seguridad</b>	<b>27.31 \$/disparo</b>
<b>COSTO TOTAL POR DISPARO</b>		<b>857.40 \$/disparo</b>



**Tabla 20.***Resumen de costo de operaciones por metro lineal con la malla.*

<b>operaciones unitarias</b>	<b>descripción</b>	<b>total</b>
<b>perforación</b>	Avance real	2.84 m
	Costo del jumbo	119.58 \$/m
	Costo de herramientas y materiales	65.58 \$/m
	<b>Costo total de perforación</b>	<b>185.16 \$/m</b>
<b>voladura</b>	Avance real	2.84 m
	Costo de voladura	75.07 \$/m
	<b>Costo total de voladura</b>	<b>75.07 \$/m</b>
<b>mano de obra</b>	Avance real	2.84 m
	Costos de mano de obra	31.77 \$/m
	<b>Costo total de mano de obra</b>	<b>31.77 \$/m</b>
<b>seguridad</b>	Avance real	2.84 m
	Costos de EPPs	9,62 \$/m
	<b>Costo total de seguridad</b>	<b>9.62 \$/m</b>
<b>COSTO TOTAL POR METRO DE AVANCE</b>		<b>301.90 \$/metro</b>

### 3.1.5 Diseño de la malla de perforación

Se diseña la malla de perforación mediante el modelo matemático de Calvin J. Konya, este método matemático nos ayudara a determinar la clasificación de macizo rocoso, para depues determinar la malla de perforación adecuada, sin que más adelante nos presente problemas como sobreroturas, mala fragmentación.

### 3.1.6 Cálculos para las dimensiones del corte en paralelo

#### 3.1.6.1 *Diámetro equivalente (DH)*

Para poder conseguir un avance esperado hasta un 95% de la profundidad de los taladros de 12pies se considera 4 taladros de alivio de 102mm de diámetro, calculamos el diámetro equivalente utilizando la ecuación 3.

$$D_H = D_k \sqrt{N}$$

$$D_H = 102\sqrt{4} = 204mm$$

### 3.1.6.2 Profundidad del taladro (H)

La profundidad de los taladros que pueden romper hasta 95% o más dependen directamente del tamaño de diámetro del taladro vacío, calculamos con la ecuación 4.

$$H = \frac{DH + 16.51}{41.67}$$
$$H = \frac{204 + 16.51}{41.67} = \frac{220.51}{41.67} = 5.29 \text{ mts}$$

### 3.1.6.3 Profundidad de avance esperada (L)

Calculamos el avance esperado en la ecuación 5.

$$L = 0.95H$$
$$L = 0.95 * 5.29 = 5.03m$$

### 3.1.6.4 Número de taladros por frente

Según la evaluación geomecánica del macizo rocoso, la dureza de la roca es suave o blanda, entonces de acuerdo a la **Tabla 9** se tiene:

$$S: 0.60m - 0.65m = 0.625m.$$

$$c: 1.50m.$$

Determinamos el número de taladros en la ecuación 1 y 2.

$$A = 3.50 * 3.50 * 0.93 = 11.39m^2$$

$$P = 4\sqrt{A}$$

$$P = 4 * \sqrt{11.39} = 13.50m$$

$$N^{\circ} \text{ tal} = 16.47/0.625 + 1 * 11.39 = 32.1 \text{ tal/disp} = 32 \text{ tal/disp}$$

Como resultado se obtiene que solo se puede disparar 32 taladros por cada disparo, si se tiene macizo rocoso V o IV, se pobra bajar el número de taladros. Se tiene que tomar en cuenta la experiencia y el razonamiento.

### 3.1.6.5 Cálculo de burden por secciones.



De acuerdo a la **Tabla 10** se calcula los burden para las 4 secciones. Como se puede observar en la **figura 11**. Y luego hacer el nuevo diseño de la malla de perforación dentro del rango de los resultados hallados para el arranque, ayudas de arranque, ayudas de cuadradores, ayudas de corona, ayudas de arrastre, cuadradores o hastiales, corona y arrastre o piso respectivamente.

**a) Burden para la primera sección**

$$B_1 = 1.5D_H$$

$$B_1 = 1.5 * 204 = 265.5mm = 0.31m$$

**b) Burden para la segunda sección**

$$B_2 = B_1\sqrt{2}$$

$$B_2 = 0.31 * \sqrt{2} = 0.43m$$

**c) Burden para la tercera sección**

$$B_3 = 1.5B_2\sqrt{2}$$

$$B_3 = 1.5 * 0.44 * \sqrt{2} = 0.92m$$

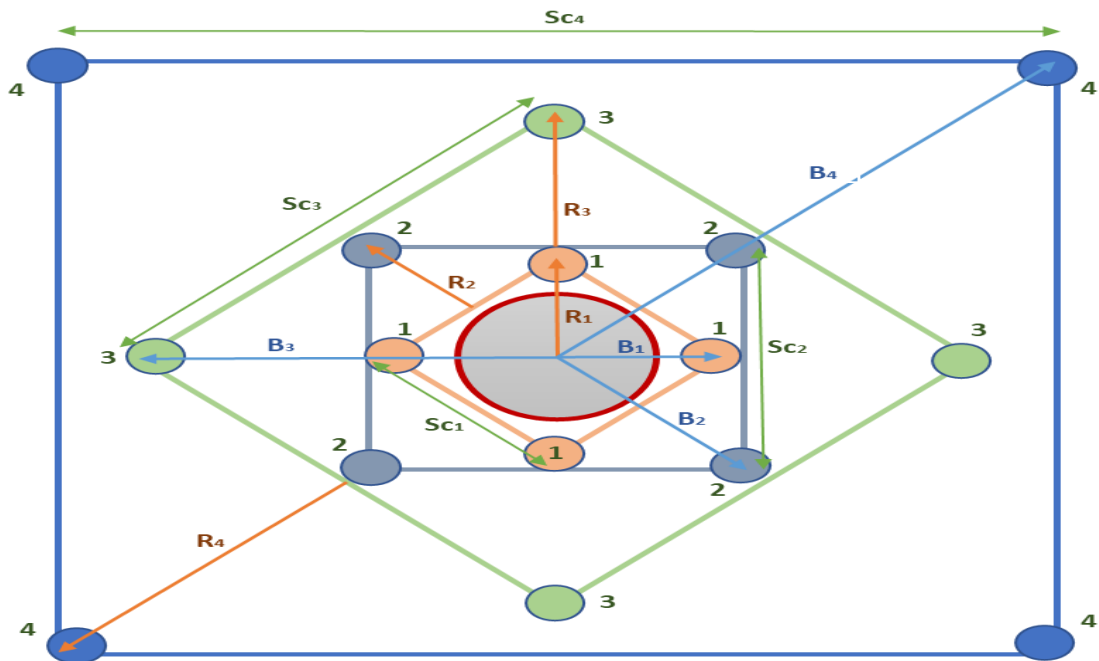
**d) Burden para la cuarta sección**

$$B_4 = 1.5B_3\sqrt{2}$$

$$B_4 = 1.5 * 0.93 * \sqrt{2} = 1.95m$$

**Figura 11.**

*Dimensiones del burden para las 4 secciones*



Fuente: (Konya, 2010)

### 3.1.6.6 Cálculo de radios por secciones.

De acuerdo a la **Tabla 3** se calcula las distancias o radios desde el centro exacto del corte hasta los taladros del corte como se pueden observar en la **figura 11** para las 4 secciones.

#### a) Radio para la primera sección

$$R_1 = B_1 = 0.31m$$

#### b) Radio para la segunda sección

$$R_2 = 1.5B_2$$

$$R_2 = 1.5 * 0.44 = 0.65m$$

#### c) Radio para la tercera sección

$$R_3 = 1.5B_3$$

$$R_3 = 1.5 * 0.93 = 1.38m$$

#### d) Radio para la cuarta sección

$$R_4 = 1.5B_4$$

$$R_4 = 1.5 * 1.97 = 2.92m$$

### 3.1.6.7 *Cálculo de espaciamiento entre taladros por secciones.*

De acuerdo a la **Tabla 3** se calcula los espaciamientos entre taladros dentro de la sección del corte que se puede observar en la **figura 11** para las 4 secciones.

#### a) **Espaciamiento entre taladros para la primera sección**

$$SC_1 = B_1\sqrt{2}$$

$$SC_1 = 0.31 * \sqrt{2} = 0.43m$$

#### b) **Espaciamiento entre taladros para la segunda sección**

$$SC_2 = 1.5B_2\sqrt{2}$$

$$SC_2 = 1.5 * 0.44 * \sqrt{2} = 0.92m$$

#### c) **Espaciamiento entre taladros para la tercera sección**

$$SC_3 = 1.5B_3\sqrt{2}$$

$$SC_3 = 1.5 * 0.93 * \sqrt{2} = 1.95m$$

#### d) **Espaciamiento entre taladros para la cuarta sección:**

$$SC_4 = 1.5B_4\sqrt{2}$$

$$SC_4 = 1.5 * 1.97 * \sqrt{2} = 4.13m$$

### 3.1.6.8 *Cálculo de tacos por secciones.*

De acuerdo a la **Tabla 3** se calcula el taco para cada sección del corte para las 4 secciones.

#### a) **Taco para la primera sección:**

$$T_1 = B_1$$

$$T_1 = 0.31m$$

#### b) **Taco para la segunda sección:**

$$T_2 = 0.5B_2$$

$$T_2 = 0.5 * 0.44 = 0.22m$$

**c) Taco para la tercera sección:**

$$T_3 = 0.5B_3$$

$$T_3 = 0.5 * 0.93 = 0.46m$$

**d) Taco para la cuarta sección:**

$$T_4 = 0.5B_4$$

$$T_4 = 0.5 * 1.97 = 97m$$

**3.1.6.9 Burden, espaciamento y taco para taladros auxiliares**

Para el cálculo de burden y espaciamento de los taladros auxiliares o ayudas se requiere las características de los explosivos a utilizar, en la **Figura 4 y Figura 5** se muestra las características de los explosivos usados en la voladura.

De acuerdo a la **Figura 4** se tiene los datos del explosivo semexsa:

- Densidad del explosivo semexsa 65: 1.12gr/cm<sup>3</sup>
- Densidad de la roca: 2.7gr/cm<sup>3</sup>
- Diámetro del explosivo: 1-1/8pulg = 28.6mm

Calculamos el burden, espaciamento y taco en la ecuacion **8, 9 y 10**, respectivamente.

$$B = 0.012 \left( \frac{2\rho_e}{\rho_r} + 1.5 \right) \theta_e$$

$$B = 0.012 \left( \frac{2 * 1.12}{2.7} + 1.5 \right) * 28.6 = 1.07m$$

$$Sc = 1.1B$$

$$Sc = 1.1 * 1.07 = 1.17m \text{ (cuadradores)}$$

$$T = 0.5B$$

$$T = 0.5 * 1.07 = 0.53m$$

**3.1.6.10 Burden, espaciamento y taco para los taladros de piso o arrastre**

De acuerdo a la **Figura 4** se tiene los datos del explosivo semexsa:



- Densidad del explosivo semexsa 65:  $1.12\text{gr/cm}^3$
- Densidad de la roca:  $2.7\text{gr/cm}^3$
- Diámetro del explosivo:  $1-1/8\text{pulg} = 28.6\text{mm}$

Calculamos el burden, espaciamiento y taco en la ecuación **8, 11 y 12**, respectivamente.

$$B = 0.012(2\rho_e/\rho_r + 1.5) \partial e$$

$$B = 0.012 \left( \frac{2 * 0.90}{2.7} + 1.5 \right) * 28.6 = 0.96\text{m}$$

$$S_c = 1.1B$$

$$S_c = 1.1 * 0.96 = 1.05\text{m (cuadrador o corona)}$$

$$T = B$$

$$T = 0.96 = 0.96\text{m}$$

### **3.1.6.11 Cálculo de burden y taladros de precorte.**

#### **a) Cálculo del burden para taladros de precorte corona**

$$\frac{B}{S} = 1.5$$

**S:** consideramos un distanciamiento de 0.30 mts para tener mayor control de la corona.

$$B = 1.5 * 30 = 45\text{cm} = 0.45\text{m}$$

#### **b) Cálculo de número de taladros de precorte corona**

Los taladros de precorte serán perforados en todo el contorno de la corona espaciados.

$$\text{N}^\circ \text{tal. precorte} = \frac{\text{perimetro de seccion} - (\text{ancho de labor} + 2 * \text{gradiente})}{\text{espaciamiento de taladro a taladro}} + 1$$

$$\text{N}^\circ \text{tal. precorte} = \frac{13.5 - (3.50 + 2 * 1.15)}{0.30} + 1$$

$$\text{N}^\circ \text{ de talPrec.} = 26.67 = \mathbf{27\text{taladros}}$$



**Tabla 21.**

*Dimensiones para el diseño de malla de perforación*

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Cantidad de taladros de alivio		4	ud
Diámetro de taladro de alivio	Dh	102	mm
Diámetro equivalente (alivio)	DH	204	mm
Longitud del taladro	H	5.29	m
Profundidad de avance esperada	L	5.03	m
Número de taladros producción	Nº tal	32	m
Cantidad de taladros precorte	Nº tal	27	m
Cantidad total de taladros perforados	Nº tal	59	m
	Burden	B	m
	Radio	R	0.31
Primera sección	Espaciamiento	Sc	0.43
	Taco	T	0.31
	Burden	B	0.43
	Radio	R	0.65
Segunda sección	Espaciamiento	Sc	0.92
	Taco	T	0.22
	Burden	B	0.92
	Radio	R	1.38
Tercera sección	Espaciamiento	Sc	1.95
	Taco	T	0.46
	Burden	B	1.95
	Radio	R	2.92
Cuarta sección	Espaciamiento	Sc	4.13
	Taco	T	0.97
	Burden	B	1.07
Taladros auxiliares y/o cuadradores	Espaciamiento	Sc	1.17
	Taco	T	0.53
	Burden	B	1.07
Taladros de arrastre	Espaciamiento	Sc	1.17
	Taco	T	0.21
Taladros de precorte	Burden	B	0.45



---

Espaciamiento      Sc      11.66      m

---

### 3.2 INFORMACION DE LA RP1925 CON LA MALLA PROPUESTA.

#### 3.2.1 Sobrerotura

El seguimiento se realizó en 10 disparos en el punto RP2705, el seguimiento nos ayudara a determinar cuanta sobrerotura tiene la voladura. Asi como se puede ver en la **Tabla 22**.

**Tabla 22.**

*sobrerotura en la RP1925 con la malla propuesta*

N.º disp.	Ancho (m)	Altura (m)	Avance (m)	Rotura real (m <sup>3</sup> )	Rotura diseño (m <sup>3</sup> )	Sobrerotura %
1	3.65	3.57	3.10	37.95	35.68	6.37%
2	3.63	3.60	3.13	38.43	36.03	6.68%
3	3.59	3.62	3.12	38.10	35.91	6.09%
4	3.60	3.56	3.18	38.29	36.60	4.62%
5	3.58	3.61	3.16	38.37	36.37	5.50%
6	3.62	3.59	3.11	37.97	35.80	6.09%
7	3.56	3.54	3.15	37.30	36.26	2.88%
8	3.60	3.62	3.16	38.69	36.37	6.38%
9	3.65	3.56	3.20	39.07	36.83	6.07%
10	3.58	3.56	3.17	36.49	37.96	4.04%
<b>Promedio</b>	<b>3.61</b>	<b>3.58</b>	<b>3.15</b>	<b>38.28</b>	<b>36.23</b>	<b>5.65%</b>
<b>Total (avance y rotura)</b>			<b>31.48</b>	<b>382.78</b>	<b>362.33</b>	<b>5.64 %</b>

Calculamos la sobrerotura de la siguiente forma con las ecuaciones 1, 2 y 3, en el disparo N.º 10 de la RP1925, se observa el porcentaje de la sobrerotura que se muestran en la **Tabla 23**:

$$Rr = Ar * Av * Fe$$

$$Rr = 3.58m * 3.56m * 3.17m * 0.93 * 1.0103 = 37.96m^3$$

$$Rt = At * Av * Fe$$

$$Rt = 3.50m * 3.50m * 3.17m * 0.93 * 1.0103 = 36.49m^3$$

$$Sr\% = \frac{Rr - Rt}{Rt} * 100\% - 100\%$$

$$Sr\% = (37.96 - 36.49)/36.49 * 100\% - 100\% = 4.04\%$$

### 3.2.2 Perforación

#### 3.2.2.1 Malla de perforación propuesta

De acuerdo a los parámetros de perforación real, tipo de roca y el tipo de explosivo a utilizar se diseñó las mallas de perforación estándar para el tipo de roca IV Mala A, (RMR 31 – 40), realizando ajustes para mantener la simetría y correcta distribución de los taladros en el frente.

**Tabla 23.**

*Eficiencia de perforación con la malla propuesta de acuerdo al **anexo 4**.*

Descripción	Unidad	Tipo de roca MALA – A
Cantidad de taladros perforados	ud	42
Cantidad de taladros rimados	ud	4
Longitud de perforación	m	3.3
Longitud total perforado por disparo	m	142.8
Tiempo promedio de perforación por taladro	min	1.95
Velocidad promedio de perforación por taladros	m/min	1.74
Tiempo promedio de emboquillado por taladro	min	0.27
Tiempo promedio de cambio de taladro a taladro	min	0.08
Tiempo promedio de demoras por taladro	min	0.15
Tiempo neto de perforación del frente	min	81.9
Tiempo total de emboquillado de taladro	min	11.34
Tiempo total de cambio de taladro a taladro	min	3.36
Tiempo total de demoras	min	6.3

Tiempo total de perforación	min	102.9
Tiempo total instalación, y otros	min	5
<b>Tiempo total de perforación del frente</b>	<b>min</b>	<b>107.9</b>
	<b>hrs</b>	<b>1.80</b>
<b>Rendimiento del jumbo electrohidráulico</b>	<b>m/hr</b>	<b>79.41</b>

### 3.2.3 Voladura

#### 3.2.3.1 Requerimiento de explosivo

El pedido del explosivo en el polvorín de acuerdo a las pruebas realizadas en el terreno y evaluación geomecánica se muestra en la **Tabla 25**.

**Tabla 24.**

*Cantidad de explosivo para la malla propuesta*

Sección	N° tal.	Cartuchos/taladro		Total cartuchos/taladro	
		Semexa 65 1-1/8"x12"	Exsablock 1-1/8"x8"	Semexa 65 1-1/8"x12"	Exsablock 1-1/8"x8"
Arranque	4	10		40	0
Ay. de arranque	4	9		36	0
Ay. de cuadrador	3	8		24	0
Cuadrador	4	4	7	16	28
Ay. arrastre	3	8	0	24	0
Arrastre	4	8	0	32	0
Cuneta	1	6	0	6	0
Ay. corona	4	5	7	20	28
Corona	5	0	5	0	25
Alivios arranque	4			0	0
Alivios contorno	6			0	0
<b>Total perforados</b>	<b>42</b>	<b>peso por cartucho</b>		<b>0,205</b>	<b>0.125</b>
<b>Total cargados</b>	<b>32</b>	<b>kilos de explosivo</b>		<b>40,59</b>	<b>10.125</b>
<b>Total semexa y exsablock pedido en el polvorín (cart.)</b>				<b>198</b>	<b>81</b>

#### 3.2.3.2 Rendimiento del explosivo

Según la información de la tabla 24, calculamos los siguientes datos:

#### **Kilogramos totales de explosivo**



$Kg = \text{pero de cartucho} * \text{número de cartuchos}$

$$Kg = 0.205 * 198 + 0.125 * 81$$

$$Kg = 50.72 \text{ kilogramos}$$

### **Volumen roto**

$$V = A * H * Av * 0.93$$

$$V = 3.50 * 3.50 * 3.40 * 0.93$$

$$V = 38.73 \text{ m}^3$$

### **Toneladas rotas**

$Tn \text{ rotas} = \text{Volumen} * \text{densidad de roca}$

$$Tn \text{ rotas} = 38.73 * 2.7 = 104.58 \text{ toneladas}$$

### **Factor de carga**

$$Fc = \frac{\text{kg de explosivo}}{A * H * L * 0.9} = \frac{198 * 0.205 + 81 * 0.125}{3.50 * 3.50 * 3.4 * 0.9}$$

$$Fc = 1.35 \text{ kilogramos/m}^3$$

### **Factor de potencia**

$Fp = \text{kilogramos de explosivo} / \text{toneladas rotas}$

$$Fc = 50.72 / 104.58$$

$$Fc = 0.48 \text{ kilogramos/toneladas}$$

### **Factor de carga lineal**

$Fc \text{ lineal} = \text{kilogramos de explosivo} / \text{longitud de taladro}$

$$Fc \text{ lineal} = 50.72 / 3.40$$

$$Fc \text{ líneal} = 14.92 \text{ kilogramos/metro}$$

El rendimiento del explosivo considerando el peso del explosivo mostrado en **Tabla 24** con la malla propuesta se muestra en la **Tabla 25**.

**Tabla 25.***Cantidad de explosivo para la malla propuesta*

<b>Rendimiento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Total</b>
Kilos de explosivo	kg	50.72
Longitud del taladro	m	3.40
Volumen	m <sup>3</sup>	38.73
Tonelaje	tn	104.58
Factor de carga	kg/m <sup>3</sup>	1.35
Factor de potencia	kg/tn	0.48
Factor de carga lineal	kg/m	14.92

### 3.2.4 Costos

El costo se determinó de acuerdo con los precios ya mencionados, aplicados en la malla de perforación RP1925

#### 3.2.4.1 Costos de perforación

Según la **Tabla 5**, **Tabla 6** y **Tabla 7** donde se muestran costo horario del jumbo electrohidráulico, costos unitarios de aceros de perforación y costos unitarios de herramientas y materiales usados para la perforación del frente establecido en CMH S.A.

En la **Tabla 26** y **Tabla 27** se muestran el costo de perforación, costo de aceros de perforación y costo de herramientas y materiales en la perforación del frente con la malla propuesta.

**Tabla 26.***Costo de perforación con la malla propuesta*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Total</b>
Tiempo total de perforación	hrs	1.80
Costo horario del jumbo	\$/hr	138.00
Combustible (petróleo)	\$	8.45
<b>Costo del jumbo por disparo</b>	<b>\$</b>	<b>256.85</b>
<b>Costo de perforación por metro lineal</b>	<b>\$/m</b>	<b>81.03</b>

**Tabla 27.**

*Costo de aceros, herramientas y materiales de perforación con la malla propuesta*

Descripción	Consumo por guardia	Unidad de consumo	Vida útil	Unidad vida útil	Precio (\$)	Costo total (\$)
<b>Aceros de perforación</b>						
Barreno	142.8	m	2500	m	536.11	30.62
Shank adapter	142.8	m	3500	m	254.3	10.38
Broca B R32x45MM	142.8	m	200	m	83.12	59.35
Broca rimadora R32x102MM	13.61	m	200	m	221.92	15.10
Adaptador de rimadora	13.61	m	200	m	133.17	9.06
<b>Herramientas y materiales</b>						
Aceite de perforación almo	0.18	gal	1	gal	8.51	1.53
Tubo pvc (tubo de arrastre)	10	ud	1	disparo	1.28	12.80
Pintura esmalte color rojo	0.2	gal	1	gal	6.46	1.29
Brochas tumi de 3"	1	ud	10	disparo	4.63	0.46
Guiadores 1.5m	3	ud	150	disparo	1.54	0.03
Lampa tipo cuchara	1	ud	50	disparo	5.79	0.12
Pico minero	1	ud	50	disparo	7.56	0.15
Comba de 6 Lbs	1	ud	150	disparo	7.92	0.05
Llave Stillson de 12"	1	ud	150	disparo	11.49	0.08
Llave Francesa de 8"	1	ud	150	disparo	5.83	0.04
Barretilla de 6'	2	ud	30	disparo	17.42	1.16
Barretilla de 8'	2	ud	30	disparo	17.5	1.17
Barretilla de 10'	2	ud	30	disparo	20.39	1.36
Barretilla de 12'	2	ud	30	disparo	24.89	1.66
Cucharilla	2	ud	30	disparo	2.58	0.17
Manguera de jebe	50	m	100	disparo	3.25	1.63
Tacos de arcilla	25	ud	1	disparo	0.5	12.50
Tubo pvc (precorte)	5	ud	1	disparo	1.88	9.40
Cinta masking tape 3/4"x25m	1	ud	1	disparo	1.48	1.48
Atacador	2	ud	20	disparo	1.5	0.15



Escalera telescópica	1	ud	150	disparo	13.21	0.09
<b>Costo herramientas y materiales por disparo (\$/)</b>						<b>171.82</b>
<b>Costo herramientas y materiales por metro lineal (\$/m)</b>						<b>54.20</b>

#### 3.2.4.2 Costos de voladura

La cantidad de explosivo requerido en el disparo con la malla propuesta se muestra en la **Tabla 25** y los precios unitarios en la **Tabla 6**, con los cuales se calcula el costo de voladura con la mallapropuesta.

**Tabla 28.**

*Costo de explosivos por disparo con la malla propuesta*

Descripción	Consumo por disparo	Unidad consumo	Precio (\$)	Costo total (\$)
Semexa 65 1-1/8"x12"	198	ud	0.59	116.82
Exsablock 1-1/8"x8"	81	ud	0.29	23.49
Exsanel 4.20m N 180	32	ud	1.25	40.00
Guia ensamblada 2.4m-carmex	2	ud	0.86	1.72
Igneter cord	0,1	m	0.31	0.03
Cordón detonante (pentacord)	41	m	0.27	11.07
<b>Costo total por disparo (\$/disp)</b>				<b>193.13</b>
<b>Costo voladura por metro lineal (\$/m)</b>				<b>60.92</b>

#### 3.2.4.3 Costos de mano de obra

De acuerdo a la **Tabla 4** se calcula el costo de mano de obra de todo el personal involucrado en el ciclo de minado en la RP1925.

**Tabla 29.**

*Costo de mano de obra para la malla propuesta*

Operaciones	Descripción	Horas por labor	Und	Incidencia (%)	Costo (\$)	Total (\$)
Perforación	Operador de jumbo	2.38	h/h	20.70%	52.06	10.77
	Maestro de operaciones	11.5	h/h	100.00%	35.05	35.05
Voladura	Ayudante de operaciones	11.5	h/h	100.00%	32.47	32.47
	Bodeguero	0.42	h/h	3.65%	32.47	1.19



Supervisión	Jefe de guardia	0.5	h/h	4.35%	128.86	5.60
	Capataz/Supervisor	1	h/h	8.70%	59.28	5.15
<b>Costo total de mano de obra por disparo (\$)</b>						<b>90.24</b>
<b>Costo total de mano de obra por disparo (\$/m)</b>						<b>28.47</b>

#### 3.2.4.4 Costo de seguridad

De acuerdo a la **Tabla 9** se calcula el costo de implementos de seguridad para la malla propuesta en la RP1925.

**Tabla 30.**

*Costo de implementos de seguridad con la malla propuesta*

Descripción	Ud	Cantidad Guardia	Vida útil	Ud vida útil	Precio \$	Costo total \$
Botas minero	par	12	180	disp	18.02	1.20
Chaleco de malla	ud	12	60	disp	5.41	1.08
Short	ud	12	60	disp	4.83	0.97
Casco con portalámpara azul	ud	12	365	disp	9.05	0.30
Barbiquejo	ud	12	60	disp	0.60	0.12
Respirador 3M	ud	12	180	disp	18.12	1.21
Filtro 3M	par	12	7	disp	3.36	5.76
Cartucho 3M	par	12	30	disp	4.35	1.74
Retenedor	par	12	180	disp	2.31	0.15
Guantes de Cuero	par	3	7	disp	3.04	2.17
Guantes hyplex	par	5	7	disp	7.14	7.14
Correa Portalámpara	ud	12	365	disp	3.33	0.11
Tapón de oído	Par	5	30	disp	0.33	0.06
Protector auricular (orejeras)	Par	7	365	disp	8.80	0.17
Camisaco y pantalón	ud	12	180	disp	30.43	2.03
Lámpara minera	ud	12	365	disp	78.98	2.60
lentes	ud	12	120	disp	4.08	0.41
Tafilete	ud	12	365	disp	3.24	0.11
<b>Costo total de implementos de seguridad por disparo (\$)</b>						<b>27.41</b>
<b>Costo de implementos de seguridad por metro lineal (\$/m)</b>						<b>8.65</b>



**Tabla 31.**

*Resumen de costo de operaciones unitarias con la malla propuesta*

<b>Operaciones unitarias</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total</b>
	Avance real	3.17 m
Perforación	Costo del jumbo	81.03 \$/m
	Costo de herramientas y materiales	54.20 \$/m
	<b>Costo total de perforación</b>	<b>135.23 \$/m</b>
	Avance real	3.17 m
Voladura	Costo de voladura	60.92 \$/m
	<b>Costo total de voladura</b>	<b>60.92 \$/m</b>
	Avance real	3.17 m
mano de obra	Costos de mano de obra	28.47 \$/m
	<b>Costo total de mano de obra</b>	<b>28.47 \$/m</b>
	Avance real	3.17 m
seguridad	Costos de EPPs	7.70 \$/m
	<b>Costo total de seguridad</b>	<b>7.70 \$/m</b>
<b>COSTO TOTAL POR METRO DE AVANCE</b>		<b>232.32 \$/metro</b>

### 3.3 COMPARACION DE COSTOS DE LA MALLA DE PERFORACION

#### ANTERIOR Y PROPUESTA

**Tabla 32.**

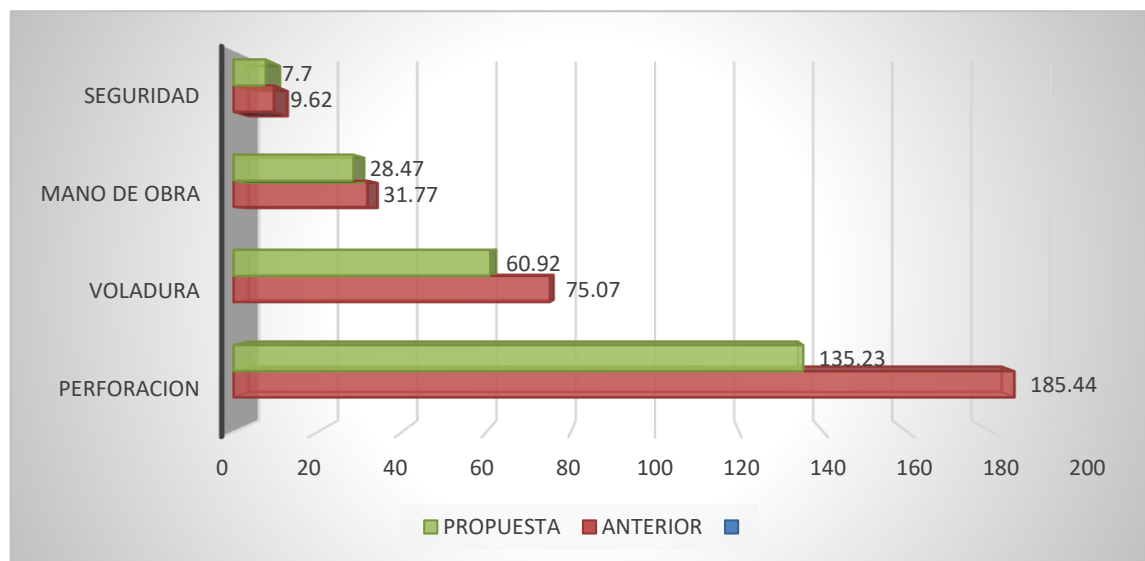
*Cuadro comparativo de costos del diseño anterior y el propuesto*

<b>Operaciones unitarias</b>	<b>Descripción</b>	<b>Anterior</b>	<b>Propuesta</b>	<b>Diferencia</b>
	Avance efectivo por disparo	2.84	3.17	0.33 m
Perforación	Costo del jumbo	119.58	81.03	38.56 \$/m
	Costo de herramientas y materiales	65.86	54.20	11.66 \$/m
	<b>Costo total de perforación</b>	<b>185.44</b>	<b>135.23</b>	<b>50.21 \$/m</b>
	Avance efectivo por disparo	2.84	3.17	0.33 m
Voladura	Costo de voladura	75.07	60.92	14.14 \$/m
	<b>Costo total de voladura</b>	<b>75.07</b>	<b>60.92</b>	<b>14.14 \$/m</b>

Mano de obra	Avance efectivo por disparo	2.84	3.17	0.33	m
	Costos de mano de obra	31.77	28.47	3.31	\$/m
	<b>Costo total de mano de obra</b>	<b>31.77</b>	<b>28.47</b>	<b>3.31</b>	<b>\$/m</b>
Seguridad	Avance efectivo por disparo	2.84	3.17	0.33	m
	Costos de seguridad (EEPs)	9.62	7.70	1.92	\$/m
	<b>Costo total de seguridad</b>	<b>9.62</b>	<b>7.70</b>	<b>1.92</b>	<b>\$/m</b>
<b>COSTO TOTAL POR METRO DE AVANCE</b>		<b>301.90</b>	<b>232.32</b>	<b>69.58</b>	<b>\$/m</b>

**Figura 13.**

*Gráfico comparativo de costos con la malla anterior y propuesta*



En la **figura 13.** Se muestra los costos de perforación, voladura, mano de obra y los implementos de seguridad por metro de avance lineal con la malla de perforación antigua y propuesta, y sus costos de ganancias son:

- Perforación: 50.21 US\$/m.
- Voladura: 14.14 US\$/m.
- Mano de obra: 3.31 US\$/m.
- Seguridad (EEPs): 1.92 US\$/m



## IV. CONCLUSIONES

- a) Por medio del rediseño de la malla de perforación y la correcta distribución de la cantidad de explosivo para la voladura, se obtuvo mejoras de avance con una eficiencia de 95%, en donde los costos de perforación se reducen a un 32.2% y los costos de la voladura se minimizan a 18.8% en la RP1925. Por lo tanto, se cumple el programa de avances, logrando reducir los tiempos y costos unitarios de las operaciones dentro del ciclo de minado.
- b) Gracias a la aplicación de la propuesta de la nueva malla de perforación se logró reducir la sobrerotura de 15.45% a 5.47% en promedio de 10 disparos
- c) A través de la ejecución de la malla de perforación y voladura propuesta, los costos de perforación se minimizaron de 119.58 US\$/metro a 81.03 US\$/metro, reduciendo a 38.55 US\$/metro cotejando con lo que se venía haciendo con la malla anterior.
- d) Los costos de voladura se redujeron de 75.07 US\$/metro a 60.92 US\$/metro, por ende, una reducción total de 14.25 US\$/metro, adecuando la carga explosiva se las características de la masa rocosa de la RP1925.



## V. RECOMENDACIONES

- a) Se debe realizar seguimiento y control operativo, tales como el cumplimiento de los parámetros del nuevo diseño de malla de perforación en cada voladura, perforación eficiente y uniforme según el pintado de la malla, correcta distribución de explosivo y una adecuada secuencia de salida.
- b) Es muy necesario mantener el paralelismo en las perforaciones con el uso correcto de los guidores y también es igual de necesario evitar la sobre perforación, ya que ambos son factores de merman el avance de la voladura.
- c) Se recomienda también el uso de los tacos inertes, con la finalidad de evitar la fuga de las energías explosivas del taladro, para así obtener una voladura eficiente.
- d) Al momento de la voladura los supervisores tienen que estar fiscalizando.



## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Caceres, L. (2017). *Ottimizacion de la perforacion y voladura con un nuevo diseño de una malla en el crucero 1014 en la empresa Minera Marza*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Consorcio Minero Horizonte, S. (2021). *Somos consorcio minero horizonte*. págs. 1-1.
- Departamento de geología CMH S.A. (s.f.). *perforacion y voladura de rocas en mineria*.
- Departamento de geología CMH S.A. (s.f.). *Reduccion de sobrerotura mediante el uso de voladura controlada del precorte en el crucero CX 1160 del nivel 2360 de la zona candelaria de la cia consorcio minero Horizonte*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Departamento de perforacion y coladura CMH S.A. (s.f.). *Manual practico de voladura* (Segunda ed.). La Libertad.
- EXSA Explosivos. (2009). *Manual practico de voladura de rocas* (1ra edicion ed.). Lima.
- EXSA S.A. (2021). *Manual práctico de Voladura de Rocas* (Primera ed.). Lima.
- Famesa, E. (2018). Tipos de accesorios. *Famesa explosivos*. Obtenido de <http://www.famesa.com.pe/productos/sistemas-de-iniciacion/fulminante-comun-fulmesa/>
- Guarin, M., & Jimenez, J. (27 de 06 de 2012). Analisis y diseño de la operacion de perforacion y voladuras en mineria de superficie empleando el enfoque de la progracion de estructura.
- Incognitovs. (4 de octubre de 2011). *slideshare.net*. Obtenido de [es.slideshare.net](https://es.slideshare.net/incognitokvs/voladura-controlada): <https://es.slideshare.net/incognitokvs/voladura-controlada>
- Konya, C. (2010). *Manual de voladura konya*. España.
- Mestas, R. (2016). *Diseño de mallas de perforacion y voladura aplicado al modelo matematico* (1ra Edicion ed.). Lima.
- Ministerio de Energia y Minas, M. (2018). Decripcion Parcoy. En MINEM. Obtenido de <https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/dgaam/publicaciones/evats/parcoy/parcoy2.pdf>
- Propio. (2023). *Informe de Practicas*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Sanchez, J. (2014). *Equipos y accesorios de perforacion*.
- Seguridad Minera, R. (2018). Perforación minera: tipos, clases de maquinaria y ubicación de taladros. *Revista de seguridad minera*. Obtenido de <https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/perforacion-minera-tipos-clases-de-maquinaria-y-ubicacion-de-taladros/>
- Zarate, H. (marzo de 2006). *cenepred.gob*. Obtenido de [cenepred.gob](http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/INGEMMET/Estudio%20geologico%20del%20batolito%20de%20Balsas%20Pataz%20Buldibuyo.pdf): <http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/INGEMMET/Estudio%20geologico%20del%20batolito%20de%20Balsas%20Pataz%20Buldibuyo.pdf>

# ANEXOS

## Anexo 1

### Tabla geomecánica para labores permanentes para la mina Parcoy

TABLA GEOMECÁNICA Y ESTÁNDAR DE SOSTENIMIENTO						ANEX-02-E001	
UNIDAD PARCOY-CMH							
PERMANENTES							
Código de Colores	Clasificación RMR		Valuación Índice Q			SOSTENIMIENTO	
	RMR	Tipo de Roca	De	A	Tipo	Descripción	
Blanco (I)	81-100	I Muy Buena	50	1000	I-III	Muy Buena - Excep. Buena	Sin Sostenimiento
Verde Claro (II-A)	61-80	II Buena	10	50	IV	Buena	Según Sección de Excavación
Verde Oscuro (II-B)	51-60	III Regular A	5	10	V	Regular	Según Sección de Excavación
Amarillo (III-B)	41-50	III Regular B	1	5	VI	Mala	Según Sección de Excavación
Anaranjado (IV-A)	31-40	IV Mala A	0.1	1	VII	Muy Mala	Según Sección de Excavación
Rosa (IV-B)	21-30	IV Mala B	0.01	0.1	VIII	Extremadamente Mala	Según Sección de Excavación
Marrón (V)	0-20	V Muy Mala	0.001	0.01	IX	Excepcionalmente Mala	Según Sección de Excavación

LABORES PERMANENTES SECCIÓN ENTRE 1.8 A 3.0 m.	
Código de Colores	TIPO DE SOSTENIMIENTO
Blanco (I)	Sin sostenimiento.
Verde Claro (II-A)	Sin soporte, o Pernos de Fricción 5' instalados ocasionalmente.
Verde Oscuro (II-B)	Pernos de Fricción / Compresión 5', ocasionales, o Sistemáticos rango de 1.5 a 1.8m, o Shotcrete Estructural 1.0" (F/15-20kg).
Amarillo (III-B)	Shotcrete Estructural 1.0" (F/15-20kg) + Pernos de Compresión 5' / Adhesión 6' sistemáticos rango de 1.2 a 1.5m.
Anaranjado (IV-A)	Shotcrete Estructural 2" (F/20-25kg) + Pernos de Compresión 5' / Adhesión 6' sistemáticos rango de 1.2 a 1.5m.
Rosa (IV-B)	Shotcrete Estructural 2" (F/20-25kg) + Pernos de Compresión 5' / Adhesión 6' sistemáticos rango de 1.0 a 1.2m, ó Cuadros metálicos 4"x4"x13 para Ch Sh Est. 2" (F/25-30kg) + Pernos de Compresión 5' / Adhesión 6' sist. rango de 1.0 a 1.2m, de requerir + Sh 1" (F/20kg) ó Cimbra/Cuadros metálicos 4"x4"x13/ Ch.

LABORES PERMANENTES SECCIÓN ENTRE 3.0 A 5.0 m.	
Código de Colores	TIPO DE SOSTENIMIENTO
Blanco (I)	Sin sostenimiento.
Verde Claro (II-A)	Sin soporte o Pernos de Compresión / Fricción 7' instalados ocasionalmente en cuñas potencialmente inestables.
Verde Oscuro (II-B)	Shotcrete Estructural 1" (F/15-20kg) + Pernos de Compresión / Fricción 7' Sistemáticos rango de 1.5 a 1.8m.
Amarillo (III-B)	Shotcrete Estructural 2" (F/15-20kg) + Pernos de Compresión 7' / Adhesión 8' Sistemáticos rango de 1.2 a 1.5m.
Anaranjado (IV-A)	Shotcrete Estructural 2" (F/20-25kg) + Pernos de Compresión 7' / Adhesión 8' Sistemáticos rango de 1.2 a 1.5m.
Rosa (IV-B)	Shotcrete Estructural 3" (F/25-30kg) + Pernos de Compresión 7' / Adhesión 8' sist. rango 1.0 a 1.2m, de requerir + mas capa 1" de Shotcrete Estructural.
Marrón (V)	Cimbras de 4"x4"x13 / 6"x6"x20lb/pie ó Sh. Estructural 4" (F/30-35kg) + Mala + Pernos de Compresión 7'/Adhesión 8' sist. rango 0.80 a 1.0m + Caja Sh Est. 1" ó I/C.

INTERSECCIONES Y LABORES PERMANENTES SECCIÓN ENTRE 5.0 A 20.0 m.	
Código de Colores	TIPO DE SOSTENIMIENTO
Blanco (I)	Sin sostenimiento.
Verde Claro (II-A)	Shotcrete Estructural 1" (F/15-20kg) + Pernos de Compresión/Adhesión 7' - 8' sistemáticos rango de 1.2 a 1.5m.
Verde Oscuro (II-B)	Shotcrete Estructural 2" (F/15-20kg) + Pernos de Compresión/Adhesión 7' - 8' sistemáticos rango de 1.0 a 1.2m.
Amarillo (III-B)	Shotcrete Estructural 2" (F/20-25kg) + Pernos de Compresión/Adhesión 7' - 8' sistemáticos rango de 1.0 a 1.2m.
Anaranjado (IV-A)	Shotcrete Estructural 2" (F/25-30kg) + Pernos de Compresión/Adhesión 7' - 10' sistemáticos rango de 0.8 a 1.0m, de requerir + capa de Sh Est. 1"
Rosa (IV-B)	Sh. Est. 3" (F/30-35kg) + Per. Compresión/Adhesión 8'-10' sist. Rango de 0.8 a 1.0m, de requerir + capa de Sh Est. ó cimbras 6"x6"x20; ó inyección de C.
Marrón (V)	Cimbras de 6"x6"x20 lb/pie ó Sh Est. 4" (F/30-40kg) + Per. Compresión/Adhesión 8'-10' sist. Rango de 0.8 a 1.0m, de requerir. + Sh Est. 1", ó inyección de consolidación con resina y/o muros de Concreto.

**NOTA:** El Shotcrete estructural será lanzado principalmente de la bóveda hasta la gradiente (1.0m de pie de hasta), según recomendación geomecánica. Casos excepcionales en roca muy alterada se lanzará a sección completa. De presentarse esfuerzos, con potencial de generar crujiidos o "seudo estallidos de rocas", se empleará malla de estabones sobre el refuerzo indicado en las opciones anteriores.

LEYENDA	
Pernos de Fricción	Split Set o variedades.
Pernos de Compresión	Hydrabolt, Swellex, X-Pandabolt, Phytan
Pernos de Adhesión	Pernos Helicoidales, Pernos Autoperforantes, Varillas de fc.
Inyecciones de Consolidación	Con resinas ó lechada de Cemento
Puntales de Seguridad	Puntales de madera de 8" a 10" de diámetro.
Shotcrete Estructural	Shotcrete con Fibra Metálica 65/35 entre 15.20,30,40kg/m3 ó Fibra 45/35 30,40,50kg/m3
Malla	Malla Electro-soldada cocada 4"x4" ó 2"x2"
Malla de estabones	Malla de estabones de alambre galvanizado cocada 3"x3"
Cuadros Metálicos	Cuadros de vigas "H" de 4"x4"x13 Libras/pie para Chimeneas construidos con Alimak, secciones variables.
Cimbras Metálicas	Estructuras de vigas "H" de 6"x6"x 20Libras/pie para labores de secciones = ó > a 4x4m. Vigas "H" de 4"x4"x13lb/pie para secciones < 3x3.5m.
Jack Pot	Para puntales de madera de 7", 8" a 10" de diámetro, son Platos inflables a presión hidráulica.
Spilling Bar	Puede ser con Varillas de fierro corrugado, pernos Autoperforantes, con cementante/resina; ó pernos de compresión.
Fibra F/20kg	Fibra metálica y su dosificación por m3, en este caso 20kg
Jack Pat	Mantas Metálicas inflables a presión hidráulica, para confinar Wood Pack
Wood Pack	Castillos de cribado.

Fuente: Estudio geomecánica de la Mina Parcoy (Consorcio Minero Horizonte S.A, 2017, pág. 190)

## Anexo 2

### Instalación de shotcrete y pernos swellex en la RP2705

MINERO HORIZONTE		ESTANDAR DE ESPECIFICACIÓN TÉCNICA INSTALACIÓN DE SHOTCRETE Y PERNOS SWELLEX		ACUMULACIÓN PARCODY NP1																																																		
				CODIGO : EET-E0014																																																		
				VERSIÓN : 02																																																		
				F. VIGENCIA : 19/08/17																																																		
				PÁGINA : 01																																																		
<p>Sección: 4,5 m x 4,2 m.</p> <p>Mortero y/o concreto lanzado (Shotcrete estructural)</p> <p>Taladro Perforado 7 Pies</p> <p>Perno Swellex 7 Pies</p> <p>Presión de Instalación: 300(bar)</p>		<p>PARAMETROS GEOMECÁNICOS DE LA MASA ROCOSA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">CLASIFICACIÓN RMR</th> <th colspan="2">CLASIFICACIÓN INDICE Q</th> </tr> <tr> <th>RES. COMP. UNI.</th> <th>TIPO ROCA</th> <th>RMR</th> <th>Q</th> <th>TIPO ROCA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25 - 30</td> <td>MALA - B</td> <td>21 - 30</td> <td>0.01 - 0.1</td> <td>Extremadamente Mala</td> </tr> </tbody> </table> <p>TIPO DE SOSTENIMIENTO</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>SEC. LABOR</th> <th>CIMBRAS</th> <th>SHOTCRETE</th> <th>PERNOS</th> <th>MACLA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4,5 m x 4,2 m</td> <td>NO</td> <td>7" de espesor con Fibra sintética, se lavará 1" adicional, previa evaluación Geomecánica</td> <td>swellex 7" b= 1.2 x 1.2 m (Dist. control)</td> <td>NO</td> </tr> </tbody> </table> <p>MACLA SISTEMÁTICA DE PERNOS</p> <p>VISTA FRONTAL</p> <p>METODOLOGIA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lavar el techo y los bastidores con agua a presión.</li> <li>Realizar el desate de roca eliminando cuñas y bloques (minucioso), cumpliendo el PETS de desate de roca.</li> <li>Aplicar una primera capa de shotcrete e instalar los calibreadores (1 cal/m<sup>2</sup>)</li> <li>Completar la aplicación de Shotcrete a 2".</li> <li>Instalar Pernos Swellex 7" con el espaciamiento recomendado y de forma sistemática.</li> <li>Si se recomienda 3" de shotcrete, la última capa se instalará después de colocado los pernos de anclaje.</li> <li>El shotcrete será lanzado a sección completa, según la recomendación geomecánica.</li> </ul> <p>DISEÑO DEL SHOTCRETE (SFR) / M3</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Composición de Shotcrete por tipo de Acelerante</th> <th>Recomendaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ALCALINO</td> <td>LIBRE DE ALCALIS</td> <td>Desate constante de roca</td> </tr> <tr> <td>1637 Kg de Agregado</td> <td>1699 Kg de Agregado</td> <td>Lavar techo y bastidores</td> </tr> <tr> <td>400 Kg de Cemento</td> <td>386 Kg de Cemento</td> <td>Usar Calibreador, 1 cal/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>180 Li de Agua</td> <td>163 Li de Agua</td> <td>Lanzar el espesor Recomendado</td> </tr> <tr> <td>2.5 Lt/m<sup>3</sup> de SH-5</td> <td>2.7 Lt/m<sup>3</sup> de SH-5</td> <td>Curado de shotcrete durante siete días.</td> </tr> <tr> <td>40 - 50 Kg de Fibra metálica</td> <td>40 - 50 Kg de Fibra metálica</td> <td></td> </tr> <tr> <td>9 - 14 Li de Aditivo Acelerante</td> <td>20 - 25 Li de Aditivo Acelerante</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				CLASIFICACIÓN RMR			CLASIFICACIÓN INDICE Q		RES. COMP. UNI.	TIPO ROCA	RMR	Q	TIPO ROCA	25 - 30	MALA - B	21 - 30	0.01 - 0.1	Extremadamente Mala	SEC. LABOR	CIMBRAS	SHOTCRETE	PERNOS	MACLA	4,5 m x 4,2 m	NO	7" de espesor con Fibra sintética, se lavará 1" adicional, previa evaluación Geomecánica	swellex 7" b= 1.2 x 1.2 m (Dist. control)	NO	Composición de Shotcrete por tipo de Acelerante		Recomendaciones	ALCALINO	LIBRE DE ALCALIS	Desate constante de roca	1637 Kg de Agregado	1699 Kg de Agregado	Lavar techo y bastidores	400 Kg de Cemento	386 Kg de Cemento	Usar Calibreador, 1 cal/m <sup>2</sup>	180 Li de Agua	163 Li de Agua	Lanzar el espesor Recomendado	2.5 Lt/m <sup>3</sup> de SH-5	2.7 Lt/m <sup>3</sup> de SH-5	Curado de shotcrete durante siete días.	40 - 50 Kg de Fibra metálica	40 - 50 Kg de Fibra metálica		9 - 14 Li de Aditivo Acelerante	20 - 25 Li de Aditivo Acelerante	
CLASIFICACIÓN RMR			CLASIFICACIÓN INDICE Q																																																			
RES. COMP. UNI.	TIPO ROCA	RMR	Q	TIPO ROCA																																																		
25 - 30	MALA - B	21 - 30	0.01 - 0.1	Extremadamente Mala																																																		
SEC. LABOR	CIMBRAS	SHOTCRETE	PERNOS	MACLA																																																		
4,5 m x 4,2 m	NO	7" de espesor con Fibra sintética, se lavará 1" adicional, previa evaluación Geomecánica	swellex 7" b= 1.2 x 1.2 m (Dist. control)	NO																																																		
Composición de Shotcrete por tipo de Acelerante		Recomendaciones																																																				
ALCALINO	LIBRE DE ALCALIS	Desate constante de roca																																																				
1637 Kg de Agregado	1699 Kg de Agregado	Lavar techo y bastidores																																																				
400 Kg de Cemento	386 Kg de Cemento	Usar Calibreador, 1 cal/m <sup>2</sup>																																																				
180 Li de Agua	163 Li de Agua	Lanzar el espesor Recomendado																																																				
2.5 Lt/m <sup>3</sup> de SH-5	2.7 Lt/m <sup>3</sup> de SH-5	Curado de shotcrete durante siete días.																																																				
40 - 50 Kg de Fibra metálica	40 - 50 Kg de Fibra metálica																																																					
9 - 14 Li de Aditivo Acelerante	20 - 25 Li de Aditivo Acelerante																																																					
Elaborado por: Superintendencia de Geomecánica	Revisado por: Ing. Henry Guillen Vilca Superintendente de Geomecánica	Revisado por: Ing. Juan Ruffo Perez Superintendente de SSOMA	Aprobado por: Ing. Otto Sandoval Zaa Gerente Central de Operaciones																																																			
Fecha: 19 de Septiembre de 2017																																																						

Fuente: Área del departamento de geomecánica CMH S.A

## Anexo 3

### Tiempo de perforación de la malla anterior de la figura 9.

N.º tal.	Descripción del taladro	Emboquillado	Perforación 12 pies	Cambio de tal. a tal.	Demoras	tiempo total por taladro
1	Arrastre	0:00:34	0:02:04	0:00:05	0:01:52	0:04:35
2	Arrastre	0:00:53	0:02:16	0:00:03	0:02:15	0:05:27
3	Arrastre	0:00:22	0:02:43	0:00:06	0:02:28	0:05:39
4	Arrastre	0:00:31	0:02:34	0:00:06	0:02:05	0:05:16
5	Cuneta	0:00:41	0:03:32	0:00:07	0:00:59	0:05:19
6	Cuadrador	0:00:20	0:02:15	0:00:04		0:02:39
7	Cuadrador	0:00:15	0:01:25	0:00:05		0:01:45
8	Contorno	0:00:28	0:02:06	0:00:06		0:02:40



---

9	Contorno	0:00:22	0:01:40	0:00:06	0:02:08
10	Contorno	0:00:22	0:02:01	0:00:06	0:02:29
11	Contorno	0:00:12	0:02:05	0:00:07	0:02:24
12	Contorno	0:00:27	0:02:11	0:00:04	0:02:42
13	Contorno	0:00:23	0:01:27	0:00:05	0:01:55
14	Contorno	0:00:14	0:01:42	0:00:06	0:02:02
15	Contorno	0:00:22	0:02:11	0:00:07	0:02:40
16	Contorno	0:00:22	0:01:21	0:00:04	0:01:47
17	Contorno	0:00:12	0:01:42	0:00:05	0:01:59
18	Contorno	0:00:18	0:01:42	0:00:06	0:02:06
19	Contorno	0:00:25	0:01:33	0:00:07	0:02:05
20	Contorno	0:00:28	0:02:15	0:00:04	0:02:47
21	Contorno	0:00:22	0:02:11	0:00:08	0:02:41
22	Contorno	0:00:27	0:01:40	0:00:06	0:02:13
23	Contorno	0:00:14	0:02:05	0:00:07	0:02:26
24	Contorno	0:00:22	0:01:42	0:00:04	0:02:08
25	Producción	0:00:18	0:01:33	0:00:07	0:01:58
26	Producción	0:00:34	0:02:15	0:00:06	0:02:55
27	Producción	0:00:53	0:01:40	0:00:07	0:02:40
28	Producción	0:00:22	0:01:42	0:00:05	0:02:09
29	Producción	0:00:15	0:01:21	0:00:04	0:01:40
30	Producción	0:00:34	0:02:15	0:00:06	0:02:55
31	Producción	0:00:54	0:01:40	0:00:04	0:02:38
32	Producción	0:00:22	0:01:42	0:00:05	0:02:09
33	Producción	0:00:15	0:01:21	0:00:06	0:01:42
34	Producción	0:00:23	0:02:15	0:00:07	0:02:45
35	Producción	0:00:14	0:01:40	0:00:04	0:01:58
36	Producción	0:00:12	0:01:42	0:00:06	0:02:00
37	Producción	0:00:28	0:01:33	0:00:04	0:02:05
38	Producción	0:00:32	0:02:15	0:00:04	0:02:51
39	Producción	0:00:58	0:01:40	0:00:06	0:02:44
40	Producción	0:00:22	0:01:42	0:00:04	0:02:08
41	Producción	0:00:25	0:01:21	0:00:05	0:01:51

---





42	Producción	0:00:23	0:02:15	0:00:06		0:02:44
43	Producción	0:00:14	0:01:40	0:00:07	0:01:27	0:03:28
44	Alivio	0:00:15	0:04:50	0:00:08		0:05:13
45	Alivio	0:00:24	0:05:21	0:00:04		0:05:49
46	Alivio	0:00:42	0:05:10	0:00:07		0:05:59
47	Alivio	0:00:19	0:05:13	0:00:06		0:05:38
<b>Promedio/taladro</b>		<b>0:00:25</b>	<b>0:02:11</b>	<b>0:00:06</b>	<b>0:00:14</b>	<b>0:02:56</b>
		<b>0,42</b>	<b>2,18</b>	<b>0,10</b>	<b>0,23</b>	<b>2,93</b>
Instalación y desinstalacion del equipo y otras demoras						0:05:00
<b>Tiempo total de perforacion del frente</b>						<b>2:17:51</b>

#### Anexo 4

*Tiempo de perforacion de la malla propuesta de la Figura 11*

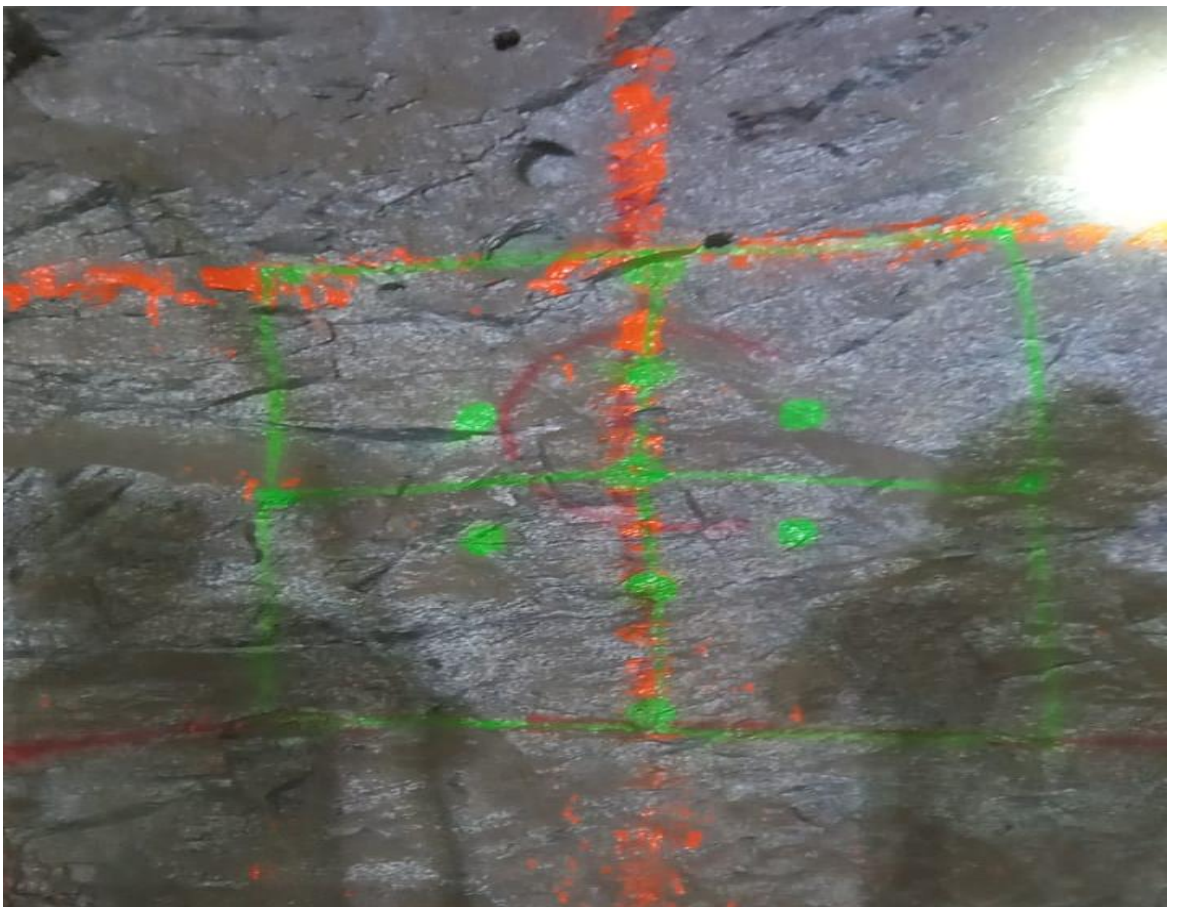
N.º taladros	Descripción del taladro	Emboquillado	Perforación 12 pies	Cambio de tal. a tal.	Demoras	Tiempo total por taladro
1	Arrastre	0:00:25	0:01:54	0:00:07	0:00:52	0:03:18
2	Arrastre	0:00:30	0:01:49	0:00:04	0:00:45	0:03:08
3	Arrastre	0:00:28	0:01:55	0:00:06	0:01:38	0:04:07
4	Arrastre	0:00:17	0:01:59	0:00:04	0:01:05	0:03:25
5	Arrastre o cuneta	0:00:21	0:01:52	0:00:07	0:00:59	0:03:19
6	Cuadrador	0:00:12	0:01:45	0:00:04		0:02:01
7	Cuadrador	0:00:19	0:01:55	0:00:05		0:02:19
8	Cuadrador	0:00:12	0:02:06	0:00:06		0:02:24
9	Cuadrador	0:00:13	0:01:40	0:00:06		0:01:59
10	Contorno	0:00:14	0:01:42	0:00:06		0:02:02
11	Contorno	0:00:20	0:02:11	0:00:07		0:02:38
12	Contorno	0:00:12	0:01:40	0:00:04		0:01:56
13	Contorno	0:00:17	0:01:58	0:00:05		0:02:20
14	Contorno	0:00:15	0:01:42	0:00:06		0:02:03
15	Contorno	0:00:18	0:02:11	0:00:07		0:02:36
16	Contorno	0:00:20	0:01:51	0:00:04		0:02:15
17	Contorno	0:00:14	0:01:42	0:00:05		0:02:01



18	Contorno	0:00:13	0:01:42	0:00:03		0:01:58
19	Contorno	0:00:16	0:01:53	0:00:06		0:02:15
20	Contorno	0:00:16	0:02:11	0:00:06		0:02:33
21	Producción	0:00:22	0:02:11	0:00:07		0:02:40
22	Producción	0:00:15	0:01:40	0:00:04	0:00:44	0:01:59
23	Producción	0:00:13	0:02:05	0:00:05		0:02:23
24	Producción	0:00:12	0:01:42	0:00:06		0:02:00
25	Producción	0:00:18	0:01:33	0:00:06		0:01:57
26	Producción	0:00:14	0:02:02	0:00:06		0:02:22
27	Producción	0:00:16	0:01:40	0:00:07		0:02:03
28	Producción	0:00:18	0:01:42	0:00:04		0:02:04
29	Producción	0:00:14	0:01:51	0:00:05		0:02:10
30	Producción	0:00:13	0:02:15	0:00:06		0:02:34
31	Producción	0:00:17	0:01:40	0:00:07		0:02:04
32	Producción	0:00:12	0:01:42	0:00:05		0:01:59
33	Producción	0:00:15	0:01:51	0:00:06		0:02:12
34	Producción	0:00:23	0:02:15	0:00:07		0:02:45
35	Producción	0:00:14	0:01:40	0:00:04		0:01:58
36	Producción	0:00:12	0:01:42	0:00:06		0:02:00
37	Producción	0:00:18	0:01:53	0:00:04		0:02:15
38	Producción	0:00:14	0:01:40	0:00:07	0:01:36	0:03:37
39	Alivio	0:00:28	0:04:50	0:00:08		0:05:26
40	Alivio	0:00:24	0:05:21	0:00:04		0:05:49
41	Alivio	0:00:22	0:05:10	0:00:07		0:05:39
42	Alivio	0:00:29	0:05:13	0:00:06		0:05:48
<b>Promedio por taladro</b>		<b>0:00:16</b>	<b>0:01:57</b>	<b>0:00:05</b>	<b>0:00:09</b>	<b>0:02:26</b>
		<b>0,27</b>	<b>1,95</b>	<b>0,08</b>	<b>0,15</b>	<b>2,43</b>
Instalación y desinstalación del equipo y otras demoras						0:07:00
<b>Tiempo total de perforación del frente</b>						<b>1:54:21</b>

## Anexo 5

### *Pintado de nuevo arranque propuesto*



## Anexo 6

*Perforacion con jumbo de la rampa 1925*



## Anexo 7

*Uso de guidores para el control del paralelismo*



## Anexo 8

*Armado de cañas para el control de la corona*



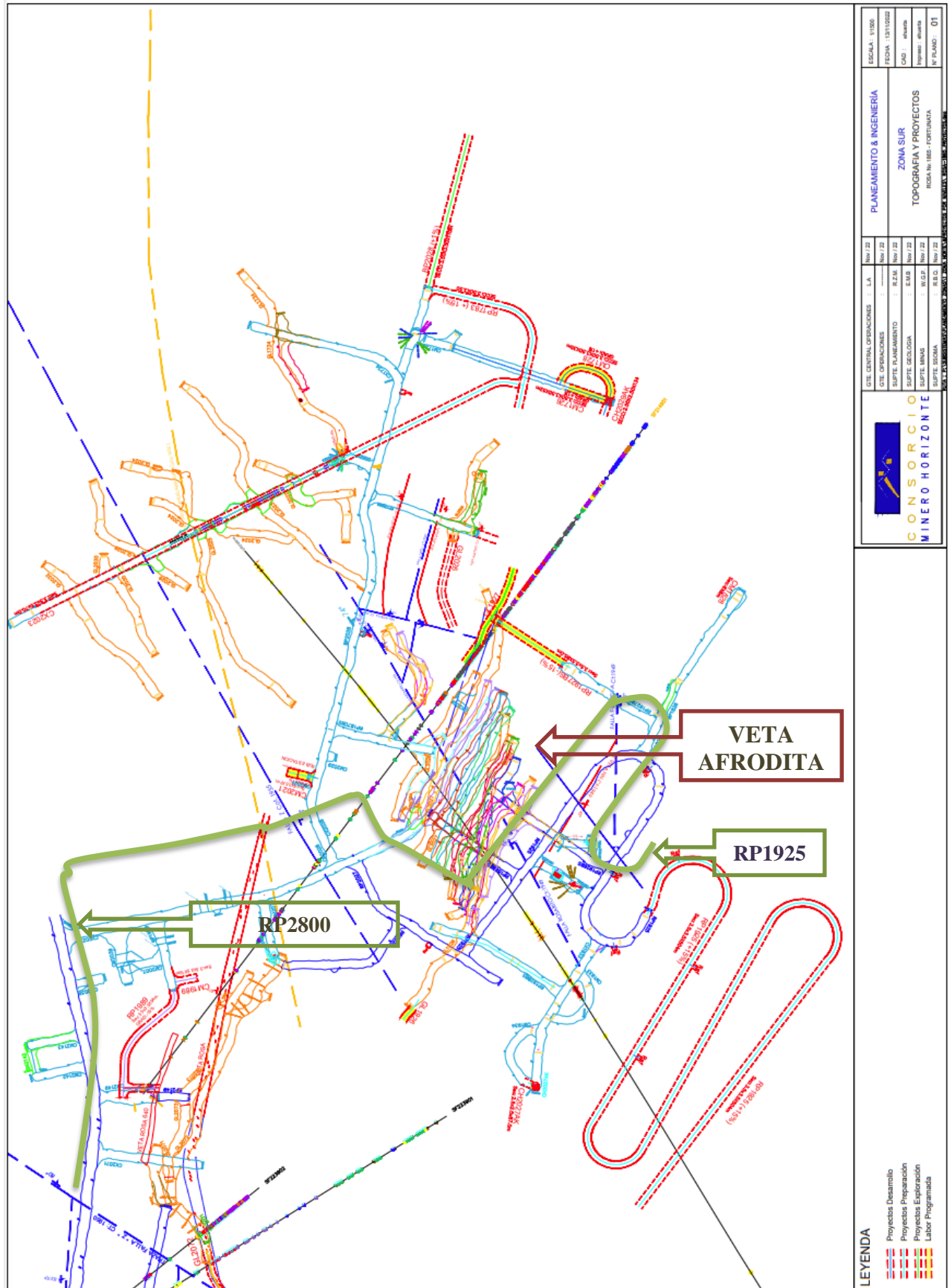
## Anexo 9

*Control de la sobrerotura con cañas despues de la voladura*



### Anexo 10

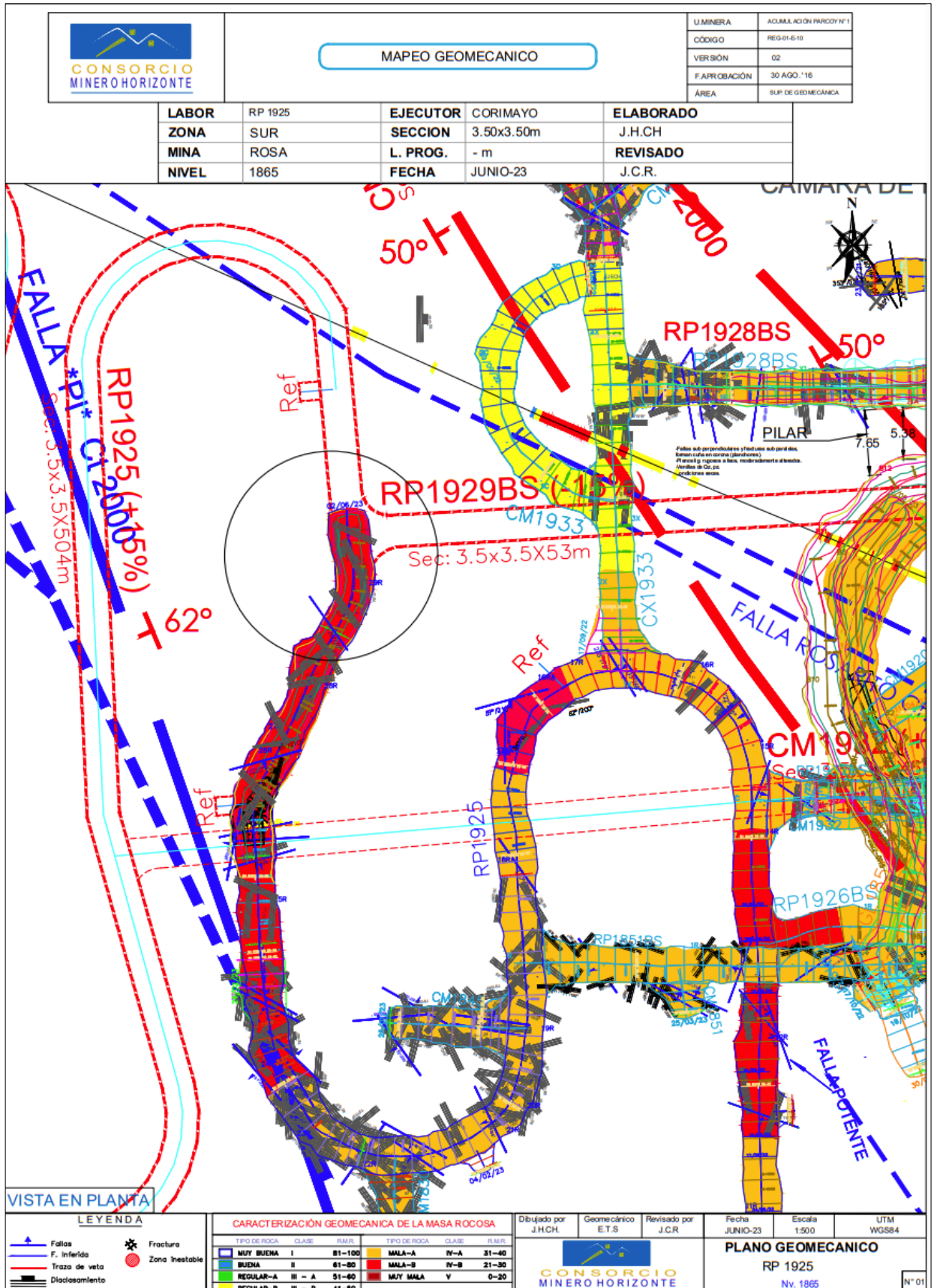
#### Plano del proyecto de la rampa 1925



Fuente: (Departamento de perforacion y coladura CMH S.A.)

### Anexo 11

#### Mapeo gemecanico de la RP1925



Fuente: (Departamento de perforación y coladura CMH S.A.)



### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo EDISON PERCY TICONA VELASQUEZ  
identificado con DNI 46814922 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA DE MINAS

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado

Título Profesional denominado: INFORME PROFESIONAL

"OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN LA PERFORACIÓN Y VOLADURA MEDIANTE EL REDISEÑO DE MALLA Y CÁRGEO EXPLOSIVO DETERMINADA EN LA RP1925, EN LA UNIDAD MINERA DE PARCOY DE CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A. LA LIBERTAD - 2022"

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 19 de Junio del 20 23

  
FIRMA (obligatoria)



Huella





### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo EDISON PERCY TICONA VELASQUEZ  
, identificado con DNI 46814922 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA DE MINAS

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado

Título Profesional denominado: INFORME PROFESIONAL

“OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN LA PERFORACION Y VOLADURA MEDIANTE EL REDISEÑO  
DE MALLA Y LA CARGA EXPLOSIVA DETERMINADA EN LA RPI925, EN LA UNIDAD MINERA  
DE PARCOY DE CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A. LA LIBERTAD - 2022  
” Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 19 de Junio del 20 23

FIRMA (obligatoria)



Huella