

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN AVANCES EN FRENTE
APLICANDO PHVA EN MINERA ARCATA- RAMPA NEGATIVA ROSALIA

TESIS PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE INGENERO DE MINAS

PRESENTADO POR: Bach. FELIPE FREDY AROTAIPE MAINA

ASESOR: Ing. JIMMY VILLAFUERTE TOLEDO

CUSCO - PERU

2019

DEDICATORIA

A mi madre María Maina Bombilla que en paz descanse, quien me impulso a seguir esta carrera que me apasiona, y a mi esposa que siempre creyó en mi desarrollo profesional apoyándome siempre en momentos buenos y malos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, así como a cada uno de los docentes por darme una formación académica de mucho valor pues gracias a ello puedo desarrollarme en el campo de la minería exitosamente.

También agradezco a mi asesor que me estuvo guiando y apoyando para realizar este trabajo de investigación que nació desde las deficiencias encontradas en la unidad minera donde laboro.

Finalmente agradezco a la empresa especializada en minería IESA quien me dio la oportunidad de adquirir experiencia y desarrollo en mi formación profesional en la Unidad Minera Arcata – Compañía Minera Ares asociada con Hoshchild Mining.

RESUMEN

El modelo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar) es un proceso constante que permite a una organización mejorar continuamente todos los procesos y actividades que desarrolla en la actividad minera.

El presente estudio se realizó en la empresa especializada en minería IESA Unidad Minera Arcata – Compañía Minera Ares asociada con Hoshchild Mining una empresa que tiene implementada todos los estándares y procedimientos con un sistema integrado en seguridad y salud ocupacional .

En el análisis de la aplicación del ciclo PHVA, se ha de Planear todo el programa de avance de la Rampa Negativa Rosalía, que comprende 225 m de desarrollo, más las cámaras de carguío y acumulación

De acuerdo al nivel de producción y el metraje de avances, se ha estimado un gasto de US \$ 428863.5 para la Rampa Negativa Rosalía, más las cámaras de carguío y acumulación programada en la Rampa para su operatividad.

Se contrató tres ingenieros Jefes de Guardia para la Rampa Negativa Rosalía teniendo en cuenta que los profesionales también supervisan otros frentes programados paralelo al avance de la Rampa Negativa Rosalía.

En esta etapa también se aplicaron las herramientas de la calidad para obtener un mejor análisis

Dentro de los resultados técnicos de la aplicación, la realización y control de indicadores, están enmarcados dentro del PHVA, específicamente dentro del “Verificar”, mes a mes se fueron controlando los indicadores.

Los resultados económicos de la aplicación, arrojaron un resultado alentador en relación

con el costo de operación por metro de avance lineal, en comparación con el costo sin la aplicación del PHVA

En cuanto a la relación Beneficio/Costo, este fue mayor aplicando el PHVA. Con ello se demostró que la aplicación del Planear, Hacer, Verificar y Actuar en las labores de desarrollo y preparación de la Rampa mejora el proceso productivo minero, existe un nexo entre el Actuar y el Planear.

INDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN.....	iv
Introducción.....	xii
CAPÍTULO I.....	13
PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1. Antecedentes	13
1.2. Planeamiento del Problema.....	15
1.2.1 Problema General.....	15
1.2.2 Problemas específicos.....	15
1.3. Objetivos	15
1.3.1 Objetivos generales.....	15
1.3.2 Objetivos específicos	15
1.4. Justificación.....	16
1.5. Importancia de la Investigación	16
1.6. Alcances de la Investigación.....	17
1.6.1 Alcance espacial.....	17
1.6.2 Alcance temporal	17

1.6.3. Alcance social	17
1.7. Hipótesis.....	17
1.7.1 Hipótesis general.....	17
1.7.2 Hipótesis específicas	17
1.8. Variables.....	18
1.8.1. Variable dependiente (Y).....	18
1.8.2. Variables independientes (X).....	18
1.9. Indicadores	18
1.9.1. Indicadores generales.....	18
1.9.2. Indicadores específicos	19
CAPÍTULO II.....	20
INFORMACIÓN GENERAL	20
2.1. Características Geológicas del Yacimiento Arcata	20
2.1.1. Ubicación.....	20
Historia	22
2.2. Geología Regional	24
2.3. Geología Local.....	26
2.3.1. Estratigrafía	26
2.3.2. Estructuras de la Mineralización.....	29
2.3.3. Tipo de depósito-Mineralización.	30

2.3.4.	Modelo de Mineralización.	31
2.3.5.	Descripción de Estructuras Mineralizadas.....	34
2.3.6.	Sistema de vetas Tres Reyes	35
2.3.7.	Ramal 2 – Tres Reyes	35
2.3.8.	Veta Mariana	37
2.3.9.	Veta Alexia.....	38
2.3.10.	Control Estratigráfico en la Mineralización.....	39
2.3.11.	Perfiles de Alteración Hidrotermal.	40
2.3.12.	Potencial y Blancos de Exploracion.....	41
	CAPÍTULO III	46
	MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL DEL CICLO PHVA.....	46
3.1.	La Rueda de Deming o Ciclo PHVA.....	46
3.2.	Análisis de cada una de las fases de la rueda PDCA	50
3.2.1.	Plan (Planificar)	50
3.2.2.	Do (Hacer)	52
3.2.3.	Check (Controlar)	53
3.2.4.	Act (Actuar)	54
3.3.	Definición de Terminos.....	55
	CAPÍTULO IV	59
	METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.....	59

4.1. Diseño de Investigación y Tipos de Estudio	59
4.1.1. Diseño de Investigación.....	59
4.1.2. Tipo y nivel de investigación.....	59
4.2. Métodos de Investigación.....	59
4.3. Población de Estudio y Muestra Necesaria	60
4.3.1. Tamaño de la muestra	60
4.3.2. Calculo de la muestra para una población finita	60
4.4. Plan de Recolección y Elaboración de Datos.....	61
4.4.1. Técnicas de Recolección de datos.....	61
4.4.2. Instrumentos de recolección de datos	62
4.4.3. Describiendo Como se Realizará el Trabajo de Investigación.	62
4.5. Análisis Estadístico e Interpretación de Datos	63
4.5.1. Prueba de hipótesis nula y alternativa.....	63
4.6. Cronograma.....	64
4.7. Costo y Presupuesto	64
CAPÍTULO V.....	65
APLICACIÓN DEL PHVA EN LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN AVANCES EN FRENTES MINERA ARCATA RAMPA NEGATIVA ROSALÍA	65
5.1. Planear:.....	65
5.1.1. Diseño de la Rampa Negativa Rosalía.....	65

5.1.2.	Diseño de Cámara de Acumulación de Material	70
5.1.3.	Diseño de Cámara de Carguío	70
5.1.4.	Diseño de Sumideros y Estaciones de Bombeo.....	72
5.1.5.	Selección de Equipos LHD (Load-Haul-Dump).....	74
5.1.6.	Características Principales de Equipo LHD.....	75
5.1.7.	Criterios de Selección de Equipo LHD (Diesel –Electrico)	75
5.1.8.	Ventajas de los Equipos LHD Eléctricos.....	75
5.1.9.	Desventajas de los Equipos LHD Eléctricos	76
5.1.10.	Localización del Proyecto	76
5.1.11.	Estimación de la Producción	77
5.1.12.	Estimación de la Productividad Aplicando las Condiciones de Trabajo	78
5.1.13.	Equipos de Acarreo	79
5.1.14.	Equipos de Perforación	80
5.1.15.	Equipos de Limpieza.....	83
5.1.16.	Ventilación	84
5.1.17.	Cálculo y Diseño de Malla de Perforación y Distribución de Carga Explosiva.	87
5.1.18.	Voladura	90
5.1.19.	Explosivos	92
5.1.20.	Selección de explosivo y accesorios de voladura para la ejecución de la Rampa Negativa Rosalía.....	93

5.1.21.	Diseño de Malla de Perforación Rampa Negativa Rosalia	103
5.1.22.	Sostenimiento de la Rampa Negativa Rosalía.....	111
5.1.23.	Ciclo de Minado:.....	125
5.2.	Hacer:	128
5.3.	Verificar:	133
5.3.1.	Avance Lineal.....	135
5.3.2.	Análisis de costos planificando con y sin PHVA	136
5.4.	Actuar:.....	137
CONCLUSIONES		141
RECOMENDACIONES		142
BIBLIOGRAFÍA.....		143
INTERNET.....		145
ANEXOS.....		146
ANEXO 01: PLANOS DEL PROYECTO RAMPA NEGATIVA ROSALIA.		147
ANEXO 03: ILUMINACIÓN Y SEÑALIZACIÓN DE LA RAMPA NEGATIVA ROSALÍA.....		149

INTRODUCCIÓN

El mundo actual de constante cambio, exige que se apliquen técnicas que permitan que las empresas estén a la vanguardia y sean competitivas, Deming siendo norteamericano, aplicó en el Japón las Técnicas de Calidad, que hoy se reflejan en todas las series ISOs (International Standard Organization).

Minera Arcata , no ajeno a estos cambios, está certificada con el ISO 14001, y certificación ISO 9001.

Por ello se decidió aplicar el PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar), que es el proceso de mejora continua, un ciclo constante de innovación dentro de un proceso productivo que actualmente es parte de todas las series ISO y del OHSAS. Se aplicó específicamente a las labores de Desarrollo y Preparación, para ver cuáles son sus efectos, y si es conveniente o no. Nuestra hipótesis establece que su aplicación traerá mejoras.

Para tal fin, se ha esbozado el presente trabajo en 5 capítulos: el primero trata sobre el planeamiento del Problema; el segundo considera la información general del proyecto; el tercer capítulo, constituye el marco teórico conceptual del PHVA, el cuarto sobre la Metodología del Estudio y el quinto capítulo sobre Aplicación del PHVA en la Mejora de la Productividad en Avances en Frentes Minera Arcata Rampa Negativa Rosalía. Finalmente indicamos las conclusiones y recomendaciones, adicionando a todo ello el anexo correspondiente.

Queda permanente, nuestra gratitud a nuestra alma mater, la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

El Autor

CAPÍTULO I

PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Debido a la complejidad del problema de la estabilidad del frente y la incertidumbre asociada con las propiedades ingenieriles y el comportamiento del macizo rocoso, generalmente en estos casos se ha tenido que adoptar un enfoque empírico y semi-empírico. Las técnicas analíticas y numéricas para la determinación del parámetro más adecuado en la obtención de buenos resultados, no se está aplicando

Frecuentemente el mejor diseño para la fragmentación de la roca debe evaluarse por sus beneficios máximos posteriores, y solamente el factor primordial inevitable alteraría ese diseño (ISEE, Blasterhandbook , 2011).

Estado actual en la voladura de rocas Diseño / plan con experiencia dominante que resulta en una baja recuperación, mucho daño en el entorno, altas vibraciones y contaminación del agua

Retos

- Desperdicio de la energía del explosivo (hasta un 50% si no se coloca taco (stemming))
- Bolones o bancos
- Tiempo de retardo
- Parámetros básicos en voladuras.
- Oportunidad de mejorar la voladura de rocas
- Diseño/ plan científico
- Determine el tiempo de retardo considerando la fractura y el lanzamiento.
- Uso de la superposición de ondas y la colisión de choque cuando sea necesario

El control de calidad y proceso de mejora son medidas de control de avance que puede ser implementado como parte del lazo de retroalimentación entre la producción y personal de ingeniería. La medición de un taladro es un ejemplo de control de calidad, mientras que las pruebas de los explosivos y las mallas de perforación serían consideradas como proceso de mejora del método de control de avance.

Se propone dar un buen aporte metodológico que puede servir como marco referencial en la investigación e identifica muy claramente las acciones que corresponde al control de calidad y las mejoras de proceso en el control de avances en desarrollos en vetas angostas.

1.2. Planeamiento del Problema

1.2.1 Problema General

¿De qué manera la aplicación de Técnicas del PHVA influiría en el incremento de la productividad en avances en frentes de desarrollo en Mina Arcata Rampa Negativa Rosalía?

1.2.2 Problemas específicos

¿Cómo la aplicación de Técnicas del PHVA puede incrementar los avances por disparo en frentes de desarrollo en Mina Arcata Rampa Negativa Rosalía?

¿Qué influencia tiene Aplicar Técnicas del PHVA para disminuir las sobre roturas y voladuras secundarias por disparo en frentes de desarrollo en Mina Arcata Rampa Negativa Rosalía?

¿De qué manera el control de taladros y hacer el seguimiento a las mallas de perforación y voladuras definidas incrementará la productividad en frentes de desarrollo en Mina Arcata Rampa Negativa Rosalía?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivos generales

Aplicar Técnicas del PHVA para incrementar la productividad en avances en frentes de desarrollo en Mina Arcata Rampa Negativa Rosalía .

1.3.2 Objetivos específicos

1. Aplicar Técnicas del PHVA para incrementar los avances por disparo en frentes de desarrollo en Mina Arcata Rampa Negativa Rosalia.

2. Aplicar Técnicas del PHVA para disminuir las sobre roturas y voladuras secundarias por disparo en frentes de desarrollo en Mina Arcata Rampa Negativa Rosalia.
3. Controlar dirección y paralelismo de taladros y hacer seguimiento a las mallas de perforación ya definidas para incrementar la productividad en frentes de desarrollo en Mina Arcata Rampa Negativa Rosalia.

1.4. Justificación

El presente estudio se **justifica técnicamente** porque pretende llenar algunos vacíos, dentro del desarrollo y preparación para la explotación de vetas angostas que son evidentes e inexplicablemente poco abordados poniendo en práctica los conocimientos teóricos de control de calidad (Control de taladros), mejora de procesos (pruebas de explosivos y mallas de perforación y voladura. Asimismo, presenta también una **justificación práctica** al permitir hacer viable la explotación de vetas angostas con alta competitividad para la empresa. Por otro lado se **justifica metodológicamente** pues la manera como se aborda esta investigación servirán como referencia a Empresas, profesionales e investigadores que buscan sostener una minería de pequeña escala y de alto valor agregado; por último presenta **relevancia social**, pues al hacer uso intensivo de la mano de obra está en concordancia con la necesidad de empleo e inclusión social de los ciudadanos en lugares alto andino del Perú.

1.5. Importancia de la Investigación

Contar con un método práctico de Técnicas del PHVA en el avance en frentes de desarrollo para la explotación en vetas angostas, permitirá que se cuente con una metodología de control en avances en frentes hacer rentable la extracción del mineral de

los yacimientos en los distintos lugares del país, y dar oportunidades de su desarrollo minero.

1.6. Alcances de la Investigación

1.6.1. Alcance espacial

En el presente estudio se investigará, analizará, discutirá y aplicará métodos de Técnicas del PHVA para incrementar la productividad en avances en frentes de desarrollo.

1.6.2. Alcance temporal

El período de estudio comprende los años 2017-2018

1.6.3. Alcance social

Este nuevo método, a pesar de ser “semi-convencional”, hace uso intensivo de la mano de obra y propone una mejora de la competitividad de las Pequeñas Empresas Mineras

1.7. Hipótesis

1.7.1 Hipótesis general

Se incrementará el avance por disparo y disminuirá la sobre roturas y voladuras secundarias en frentes de desarrollo aplicando técnicas de control de calidad y mejora de procesos en la Mina Arcata Rampa Negativa Rosalia.

1.7.2 Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1

Se incrementará el **avance por disparo en frentes** de desarrollo aplicando técnicas de control de calidad y mejora de procesos en la Mina Arcata Rampa Negativa Rosalia.

Hipótesis específica 2

Se disminuirá la sobre roturas y voladuras secundarias en frentes de desarrollo aplicando técnicas de control de calidad y mejora de procesos en la Mina Arcata Rampa Negativa Rosalia.

Hipótesis específica 3

Se incrementará la productividad en frentes de desarrollo aplicando control de dirección y paralelismo de taladros y hacer seguimiento a las mallas de perforación y voladura ya definidas en la Mina Arcata Rampa Negativa Rosalia.

1.8. Variables

1.8.1. Variable dependiente (Y)

Y: = Productividad en frentes, estándares o metas establecidas en el plan de producción.

Y1: = Avance por disparo (%)

Y2: = Voladura Secundaria (%)

Y3:= Sobrerotura (m)

1.8.2. Variables independientes (X)

X: Parámetros del proceso de perforación y voladura

X1: = Factor de voladura (m²/taladro)

X2: =factor de potencia (Kg explosivo/ton)

X3:= factor de perforación (metros perforados/ton).

1.9. Indicadores

1.9.1. Indicadores generales

Productividad del método de explotación en frentes de desarrollo.

$$Y: \frac{\text{metros de avance por disparo}}{\text{longitud perforada}}$$

1.9.2. Indicadores específicos

Y1: = Avance por disparo (%)

Y2: = Voladura Secundaria (%)

Y3:= Sobrerotura (m)

CAPÍTULO II

INFORMACIÓN GENERAL

2.1. Características Geológicas del Yacimiento Arcata

2.1.1. Ubicación.

El Distrito de Arcata se ubica en el Departamento de Arequipa, alrededor de 180 Km. (en línea recta) al norte de la ciudad de Arequipa (Fig. 1), en la Cordillera Occidental del Sur de Perú, aproximadamente $72^{\circ} 18' 30''$ de Longitud oeste y $14^{\circ} 59'$ de Latitud Sur (coordenadas UTM: 789,367 Este, 8 341,595 Norte) y 4600 metros sobre el nivel del mar.

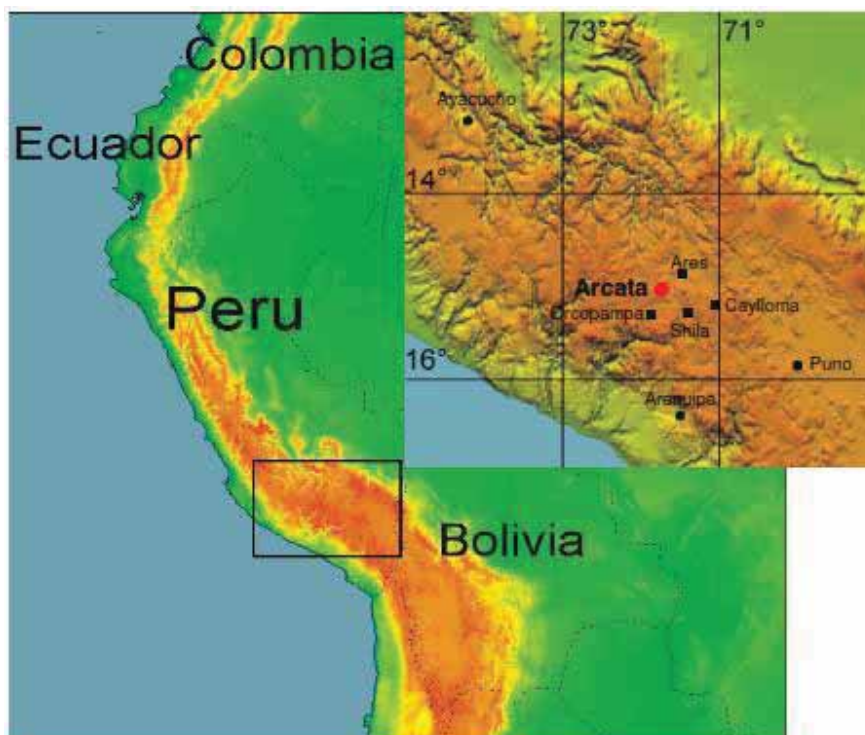


Figura 1. Plano de Ubicación Arcata Fuente (Minera Arcata)

El distrito minero es accesible desde la ciudad de Arequipa, por carretera afirmada, cubriendo 307 Km. con un tiempo de viaje de 7 horas aproximadamente y dividido en los siguientes tramos:

Arequipa –Pampa Cañahuas 95 Km. *Carretera asfaltada* *Pampa*

Cañahuas Sibayo 53 Km. *Carretera afirmada* *Sibayo*

Caylloma 69 Km. *Carretera afirmada* *Caylloma*

– Arcata 90 Km. *Carretera afirmada*

Arequipa-Aplao-Orcopampa-Arcata 360 Km. *Carretera asfaltada/afirmada*

La topografía presenta sectores de relieve ondulado a semiaccidentado y sectores de relieve abrupto o muy accidentado formando montañas y quebradas con escasos recursos de vegetación.

Los recursos hídricos, esta localizadas en una serie de lagunas escalonadas de origen glaciar formados por represamientos morrenicos donde más importante es la laguna de Chumille y cuyas aguas discurren formando un drenaje de tipo dendrítico. Estas aguas llegan a formar parte del sistema hídrico de la cuenca donde esta ubicado la Unidad Minera Arcata. La Laguna Chumille llega a formar quebrada Arocpampa, para formar la laguna El Salto luego discurren hasta desembocar en la laguna represada Huisca-Huisca y finalmente ser descargada a la laguna Arcata.

Las temperaturas son bajas y su promedio anual esta alrededor de 10°C, siendo de esperarse la ocurrencia casi estable de temperaturas de congelación en las madrugadas. Que el medio ambiente se caracteriza por presentar un clima húmedo y frígido, es decir con precipitaciones cuyo promedio anual esta alrededor de 750 mm conforme se asciende del nivel mas bajo al nivel más alto de la formación ecológica.

Historia. Se tiene conocimiento de la ocurrencia de minerales de plata y oro en el distrito de Arcata desde el siglo XVIII, época en que los españoles, a juzgar por la magnitud de laboreo antiguo que se observa, habrían extraído alrededor de 100,000 t de mineral del yacimiento, los mismo que fueron procesados en los ingenios cuyos restos se observan cerca del pueblo de Arcata.

El grupo Hochschild realizo los primeros reconocimientos geológicos de las estructuras de Arcata en el año 1954, para luego a partir del año 1,961 comenzar el desarrollo y preparación minera en veta Baja SE, Alta, Marciano, Marion, con una reserva inicial de 23,400 t de mineral cuyas leyes promediaban

en 485.52 Ag g/t y 1.44 Au g/t. Se instaló una pequeña planta concentradora de 50 t/día de capacidad cuya producción se inicia a fines de 1964.

En la década del 90 se inicia la explotación en Veta T. Reyes y Baja NW con una producción de 1,000 t/día, cuando se agoto la reserva en esta zona, se descubre en año 2001 Ramal 2 (extremo SE de T. Reyes), con una Reserva aproximada 1'000,000 t, con una ley promedio de 634.51 Ag g/t y 1.68 Au g/t. Actualmente aporta el 85 % de la producción total.

Los trabajos de cartografiado superficial a escala 1:2000 se efectuaron a partir de febrero del 2004, habiéndose en esa oportunidad localizado a 1.5 Km. al N de Marion la estructura Mariana de brecha, con clastos de roca volcánica, cementado por cuarzo lechoso y disseminación de pirita. Para una pot. de 0.70 m, el muestreo geoquímica fue de 7 a 131 Au ppb, <1 a 3 Ag ppm, <5 Sb ppm, 35 a 243 As ppm y 0.01 a 0.08 Hg ppm. Esta estructura aflora aproximadamente 30 m en forma discontinua.

En base a estos trabajos, en abril del 2004 se inició en superficie trabajo de exploración con perforación diamantina, realizándose los sondajes DDH-03-282A-04 que impacta la veta a la cota 4720 con 2.64 m de potencia, <0.40 Au g/t, y 84.60 Ag g/t, el DDH-04-282A-04 que impacta la veta a la cota 4560 de 1.00 m. de potencia con 10.11 Au g/t 2107.75 Ag g/t, con esta información obtenida se proyectó el inicio de una cortada de 1550 m para alcanzar estructura mineralizada en el nivel 4600. Actualmente esta estructura tiene una Reserva de 530.600 t, con 1.92 g Au/t y 675.09 g Ag/t. con un Recurso de 775,208 t. 1.87

g Au/t y 603.93 g Ag/t. donde se realiza labores de exploración, desarrollo, preparación y explotación.

Han transcurrido aproximadamente 42 años de operación, desde entonces cada vez a mayor escala y con tecnología moderna; la cual continuara en adelante gracias al esfuerzo de sus trabajadores, que día a día afrontan el reto minero exitosamente

2.2. Geología Regional

Arcata se encuentra situada en un amplio arco volcánico de edad miocena (McKee y Noble, 1989, Clark et al., 1990, Noble et al., 1999), conformado por lavas de composición intermedia a ácidas y afiliación calco-alcalina, típicas de márgenes continentales (Klink et al., 1986).

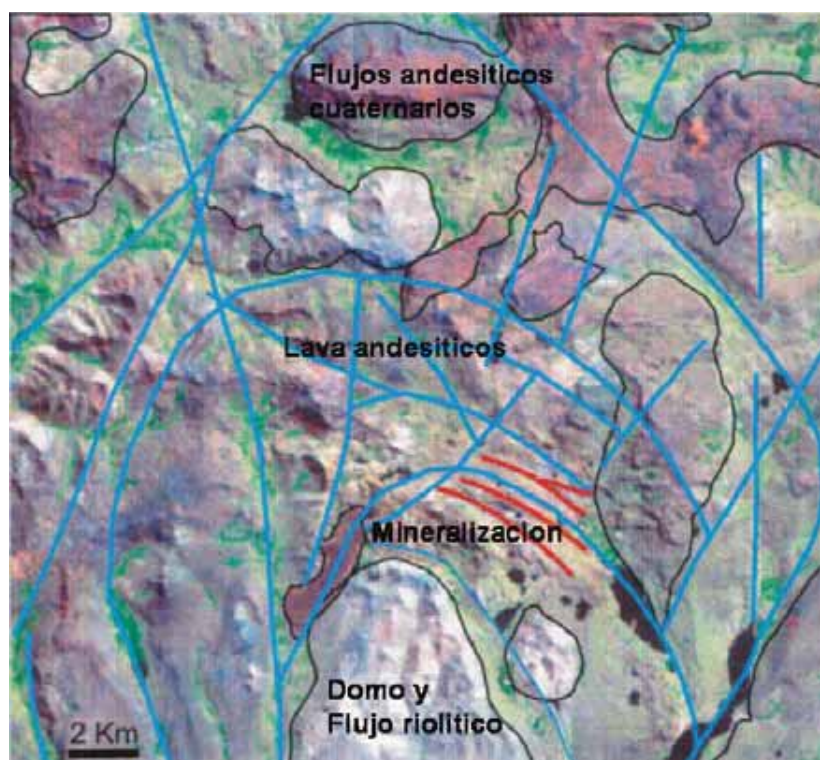


Figura 2. Imagen Lansat TM del Distrito de Arcata. Mostrando la posición de la estructura circular en relación a la mineralización

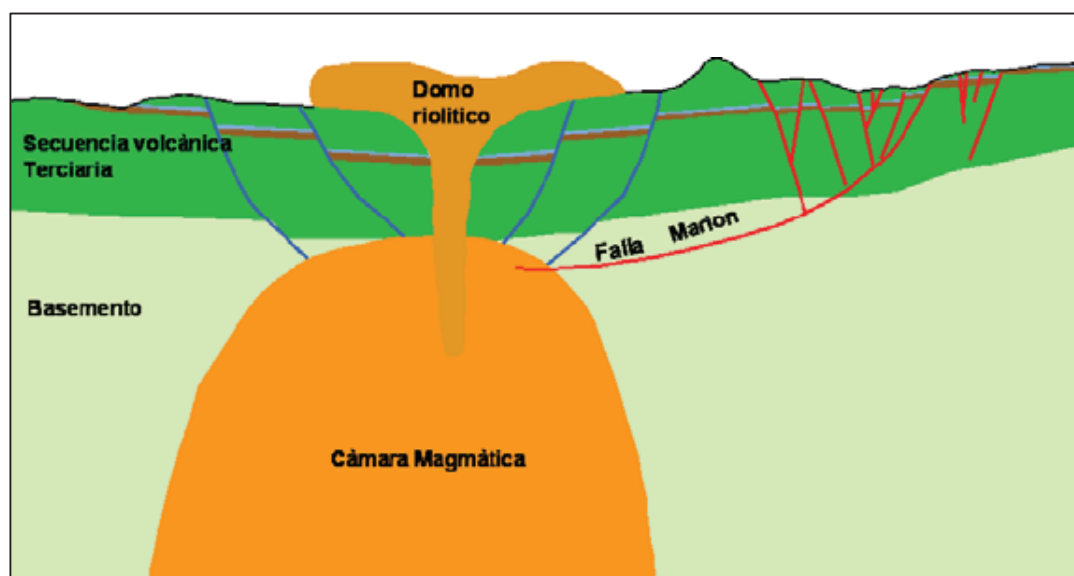


Figura 3. Arcata, Modelo Genético Conceptual

La secuencia volcánica se deposita discordantemente sobre rocas sedimentarias de origen marino de edad jurásica-cretácica.

Las vulcanitas del Mioceno inferior se encuentran plegadas y deformadas por la fase Quechua I (Mégard et al., 1984), mientras que las rocas más jóvenes se encuentran no deformadas.

El Distrito de Arcata se caracteriza por la presencia de dos juegos de lineamientos regionales conjugados de rumbo noroeste y noreste, que actuarían paralelos y transversales al arco volcánico Mioceno, respectivamente. Sobre impuesto a estos lineamientos se reconoce una estructura circular de aproximadamente 15 Km. de diámetro.

Posiblemente se trate de una estructura de colapso relacionada al evento volcánico ya que se encuentra centrada por un domo de composición riolítica. En este marco, las vetas de Arcata se disponen asociadas a las fracturas arqueadas paralelas al margen de dicha estructura circular y hacia su borde norte-noreste.

El yacimiento de Arcata está relacionado al ciclo andino ubicado en el segmento Centro Sur de la cordillera occidental, genéticamente asociado al vulcanismo mioplioceno con mineralización en la Franja Puquio-Caylloma compuestos por Vetas de Ag, Au, Cu, Pb y Zn donde se ubica yacimientos similares como: Selene, Arcata, Ares, Caylloma, Orcopampa y Shila emplazado en lavas andesíticas.

2.3. Geología Local

2.3.1. Estratigrafía

La geología de la mina de Arcata está compuesta por una sucesión de flujos lávicos andesíticos a dacíticos de gran espesor, intercalados con rocas volcánicas tanto de origen primario como retrabajadas

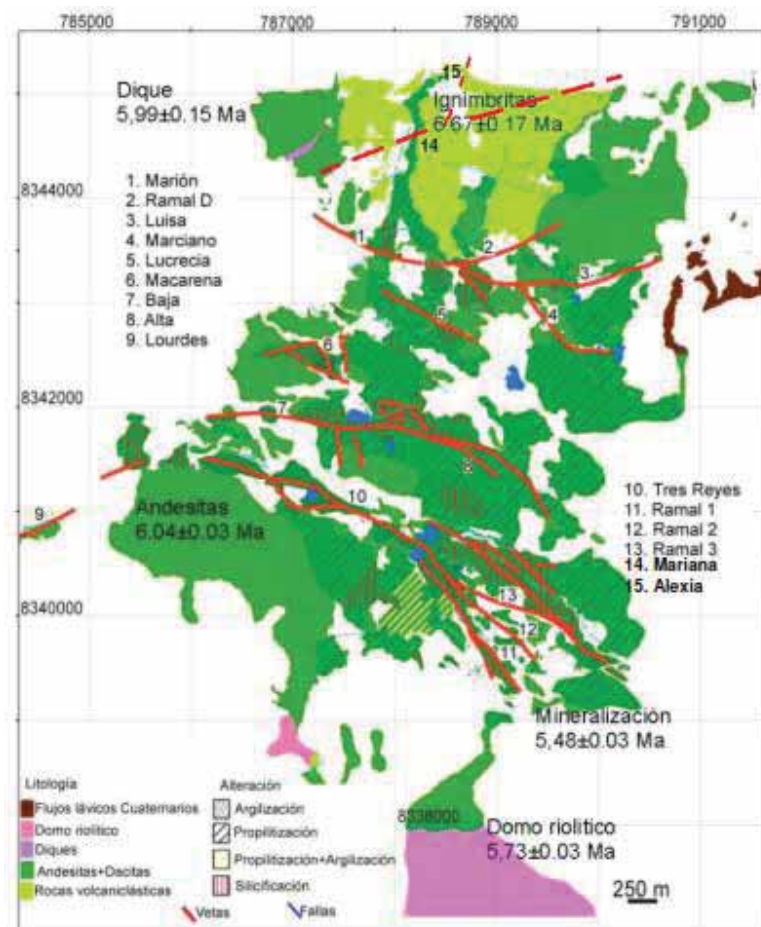


Figura 4. Mapa geológico simplificado del distrito de Arcata.

Las piroclásticas primarias están constituidas por brechas matriz soportadas, formadas en general por abundantes fragmentos pumáceos subred ondeados a alargados que alcanzan 3 cm. de diámetro/largo. Los litoclastos son menos abundantes, poseen formas angulosas y diferentes composiciones, comúnmente son fragmentos de rocas volcánicas porfíricas de intermedias a ácidas



Figura 5. Lava andesítica con marcada disyunción columnar que forma la caja de la mineralización



Figura 6. Rocas volcanoclasticas finas estratificadas con deformación sin-sedimentaria.

Los cristaloclastos son abundantes, formados por cuarzo, plagioclasas, biotita y anfíboles. La matriz está constituida mayoritariamente por trizas vítreas, con diferente grado de recristalización y alteración. Estas rocas aparecen o bien sin soldamiento, o bien claramente soldadas con un notorio estiramiento de los fragmentos pumáceos y desarrollo de texturas eutaxíticas, lo que estaría evidenciando su origen primario y depositación a altas temperaturas. En la base de algunas ignimbritas se han descrito depósitos de tracción de origen piroclástico, surgentes basales, caracterizados por una fina estratificación dada por alternancia de láminas de granulometría gruesa y fina, en ocasiones con estratificación entrecruzada de bajo ángulo. Las rocas volcanoclásticas retrabajadas se ubican en general sobre las ignimbritas, y están compuestas por bancos de pelitas alternando con areniscas finas que poseen entre 10 y 20 metros de potencia y pueden ser depósitos retrabajados y depositados en un ambiente lagunar y/o fluvial de baja energía. El espesor total de la secuencia volcanoclástica es de 90 a 120 metros.

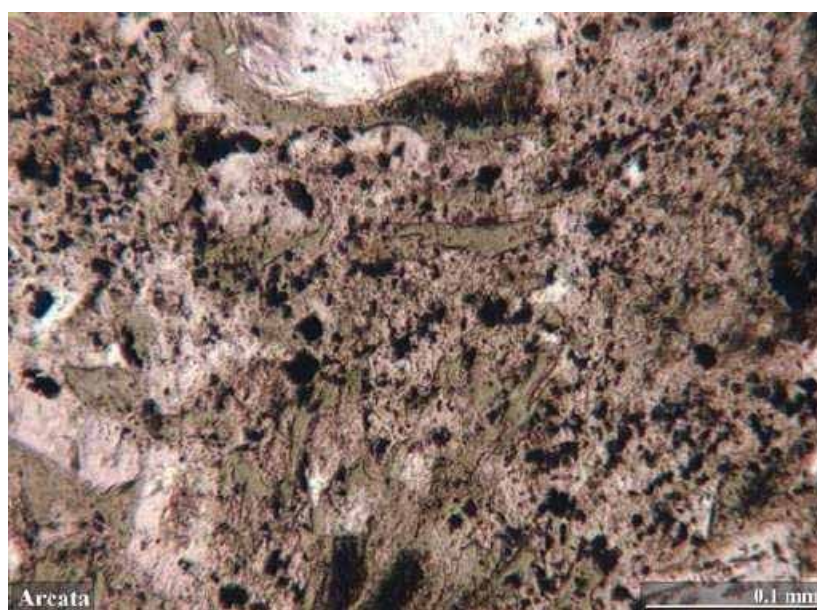


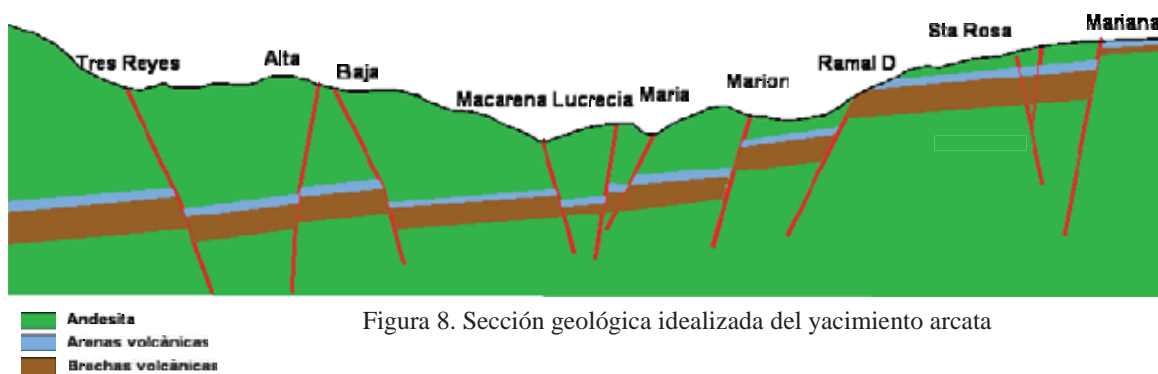
Figura 7. Pómez cloritizados, con algo de estiramiento debido a soldamiento

Las rocas volcánicas son intruidas ocasionalmente por domos de composición riolítica. Dichos domos y los flujos asociados poseen textura porfírica con fenocristales de cuarzo, sanidina y biotita, en una pasta vítrea.

También se ha reconocido la presencia de diques riolíticos con textura porfírica con abundantes fenocristales de cuarzo y sanidina. Candiotti et al. (1990) citan edades de 6.3 ± 0.2 para los flujos lávicos, 6.1 ± 0.2 para las rocas volcanoclásticas y 5.9 ± 0.2 para los domos riolíticos. Parte del área se encuentra cubierta por potentes flujos lávicos de composición andesítica y edad Pleistocena, principalmente provenientes del volcán Huajrahuire ubicado al sudeste de Arcata. Finalmente, también se reconocen depósitos cuaternarios de origen glaciario morrénico y depósitos aluviales.

2.3.2. Estructuras de la Mineralización.

La mayoría de las principales vetas están localizadas en fallas normales subparalelas que poseen un rumbo de este-oeste a oeste-noroeste e inclinan entre 40° y 65° . Las vetas del sector norte integra das por el sistema Marión, que incluye a la veta Marión, D, Luisa, Marciano y Mariana, inclinan hacia el sur, mientras que el resto de las principales vetas del Distrito inclinan hacia el norte. El movimiento de dichas fallas origina una fosa (graben) con un desnivel total de más de 100 metros.



Sección transversal a las vetas del Yacimiento Arcata, evidenciando la estructuración en forma de Fosa (Graben).

Las principales vetas del distrito están formadas por un bandeo costriforme, en ocasiones simétrico y otro tipo de relleno de espacios abiertos, con brechas de origen tectónico e hidrotermal, asimismo se han reconocido estrías en las paredes de las mismas y material triturado de falla en ellas. Estas características ponen de manifiesto que una fuerte tectónica extensional fue simultánea con la mineralización, posibilitando la apertura de las fallas normales, con episodios de deformación y mineralización repetitivos, también se reconocen movimientos posteriores a la mineralización.

2.3.3. Tipo de depósito-Mineralización.

La mineralización del Distrito de Arcata se localiza en vetas subparalelas, de rumbo predominante noroeste, continuas y bien desarrolladas. Existen algunas estructuras que se disponen transversalmente con alto ángulo a las precedentemente mencionadas, aunque son estructuras menores y sólo forman clavos de importancia en raras ocasiones. Las vetas poseen desde pocos centímetros hasta más de 10 metros de potencia, con texturas de relleno de espacios abiertos como bandeados costriformes, en cucarda, crecimientos en peine y brechas. Los clavos mineralizados suelen ser continuos tanto horizontal como verticalmente. La mineralización consistente en plata con cantidades variables de oro y metales base, se puede clasificar como epitermal de sulfuración intermedia (Hedenquist et al., 2000, Sillitoe y Hedenquist, 2003).



Figura 9. Veta Mariana Ag- Au ,ensamble cuarzo –rodocrosita-rodonita con sulfosales de plata ,textura bandeada subterránea

2.3.4. Modelo de Mineralización.

Las vetas del distrito de Arcata están fuertemente zonadas tanto en sentido vertical como horizontal. En las partes superiores de las vetas se observa una ancha “capa” de calcedonia o cuarzo fino, probablemente producto de recristalización, en ocasiones (Veta tres Reyes), con alteración argílica asociada (caolinita-alunita). Hacia abajo las vetas se hacen más definidas formadas por cuarzo macizo y muy bajo contenido en metales, aunque los valores de As y Sb suelen ser anómalos (Sillitoe, 1998, Hedenquist, 2000), correspondiéndose con lo típicamente encontrado en otros depósitos epitermales (Silberman y Berger, 1985).

En las partes altas se observa marcasita que desaparece en profundidad, también los contenidos de estibina son mayores. El cuarzo se torna progresivamente más cristalino en profundidad y aparece la calcita lamelar, parcialmente reemplazada por cuarzo. En las zonas más profundas reconocidas, coincidiendo

con las zonas de leyes económicas, aparecen los minerales de manganeso (rodonita y rodocrosita) y el cuarzo de grano medio a grueso, generalmente con textura en peine.



Figura 10. Esquema de la distribución vertical de minerales y metales observada en Arcata, sobre la base del modelo de Buchanan (1981). Modificado de Echavarría (1997) y Sillitoe (1998). Abreviaciones: Pr: propilitización, Alteración: illita-sericita, Ad: adularia, Si: silicificación.

Horizontalmente se tiene más o menos la misma zonación. Con la presencia de Calcedonia y cuarzo fino en la parte oeste del distrito con las opalitas y los sinters de la zona Esperanza. Luego aparece calcita maciza y lamelar en superficie, en los afloramientos de veta Lourdes, posteriormente aparece la zona oeste de Tres Reyes con cuarzo más cristalino y adularia, y finalmente hacia el este aparecen los minerales de manganeso como en Marciano, algunos sectores de Tres Reyes sudeste y la zona este de veta Baja.

Zonación vertical			
	Superior	Medio	Inferior
Minerales de ganga	Sílice amorfa maciza Caolinita-alunita	Cuarzo bandeado Coloforme	Calcita, rodonita- rodocrosita
Minerales de mena	----	Estibina, sulfosales de Ag	Sulfosales de Ag, galena, esfalerita, calcopirita
Elementos		Sb (Ag)	Ag, Pb, Zn, (Cu)

Zonación horizontal		
	Este-sudeste	Oeste-Noroeste
Minerales de ganga	Sílice amorfa maciza Caolinita-Cuarzo gris	Calcita, rodonita-rodocrosita
Minerales de mena	Pirargirita (tetrahedrita) Esfalerita amarilla	Tetrahedrita, galena, esfalerita oscura, calcopirita
Elementos	As, Sb, Ag	Ag, Pb, Zn, (Cu)

Mineralogía y geoquímica predominante en las diferentes zonas horizontales y verticales.

Figura 11. Zonación vertical y horizontal

Esta zonación horizontal a escala del Distrito también es reconocida de oeste a este en algunas vetas como Baja (Sillitoe, 1998) y Tres Reyes. La zonación de metales también es bien marcada. En las partes superiores de las vetas se tiene un contenido muy bajo de metales en general y metales base en particular, siendo los contenidos en As y Sb anómalos, en ocasiones. En profundidad aumentan los contenidos en metales, los metales base se hacen relativamente más abundantes hacia la base de los clavos. Aparentemente, también habría una zonación horizontal de metales siendo la veta Marión la más rica en metales base disminuyendo éstos hacia el sur y oeste. La distribución de metales en veta Marión, donde se reconoce en la base de las labores un nivel relativamente más rico en oro, no obedecería a una zonación vertical normal para los depósitos epitermales, donde el oro tendría que disminuir en profundidad (o al menos la relación oro/plata tendría que disminuir en profundidad).

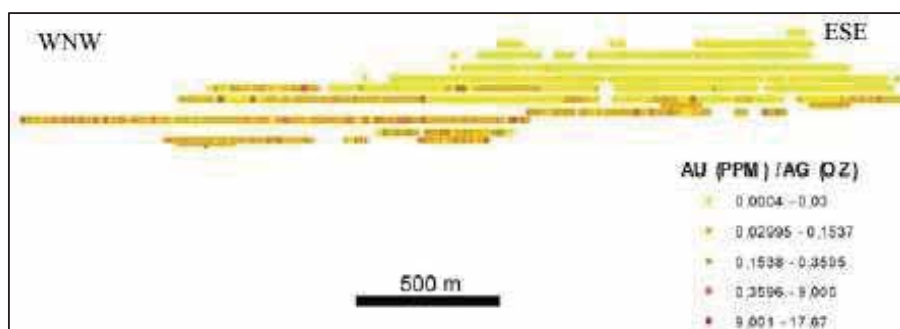


Figura 12. Sección longitudinal de veta Marión donde se han volcado los contenidos de Au (ppm) en relación a la Ag (oz), observándose el aumento relativo del Au en la base de las labores.

El relativo aumento del oro y también de la relación oro/plata en el nivel inferior de Marión podría sugerir la presencia de otro estadio de mineralización con contenidos más elevados en metales, posiblemente tardío, similar a lo descrito en la veta Calera de Orcopampa y en varios depósitos de sulfuración intermedia de Méjico.

2.3.5. Descripción de Estructuras Mineralizadas.

Sistema de vetas Marion – Luisa – Ramal D – Marciano

Las vetas principales: Marion, Luisa, Ramal D y Marciano todas estas vetas afloran con un buzamiento SE en el flanco Noroeste del yacimiento conformando el borde oriental del Graben de Arcata. Las vetas Marion – Luisa y D, constituyen las vetas que en su oportunidad sostuvieron a la economía de la mina, en la actualidad ha culminado su explotación.

Sistema de vetas Macarena – Baja – Alta

Estas tres vetas ocurren en la parte central del graben de arcata en las vetas del sistema anterior y sistema de veta Tres Reyes. Afloran en forma sub-paralela con buzamientos opuestos al de las vetas del sistema Marion.

2.3.6. Sistema de vetas Tres Reyes

Este sistema esta constituido por la veta Tres Reyes y sus ramales 1,2,3 y 4 que conforman en conjunto una estructura tipo cola de caballo en el extremo SE de la veta. La veta Tres Reyes y sus ramales, afloran en superficie en el flanco SW del yacimiento, marcando el borde Sur del graben de Arcata y la mineralización del distrito.

La veta principal Tres Reyes, aflora a lo largo de 3000m mostrando una notable alteración argilica avanzada, constituida por un agregado de sílice coloidal, alunita y caolin. Esta veta, que muestra un ensamble de alteración diferente de las otras vetas del yacimiento, ha sido intensamente explorada mediante labores subterranas y perforaciones diamantinas que han indicado solamente una mineralización incipiente y errática.

2.3.7. Ramal 2 – Tres Reyes

Es una estructura principal que se tiene en la Mina Arcata, su afloramiento es discontinua en algunos tramos, mediante laboreo minero se ha reconocido en una longitud de 1,100m (Nv.4560) y encampane tiene 500m.(Nv. 4310) Aproximadamente, emplazada en lavas andesíticas bien definidas hasta el Nv.4310 ,intercalada por una secuencias de volcanoclásticos de aproximadamente 110 m.

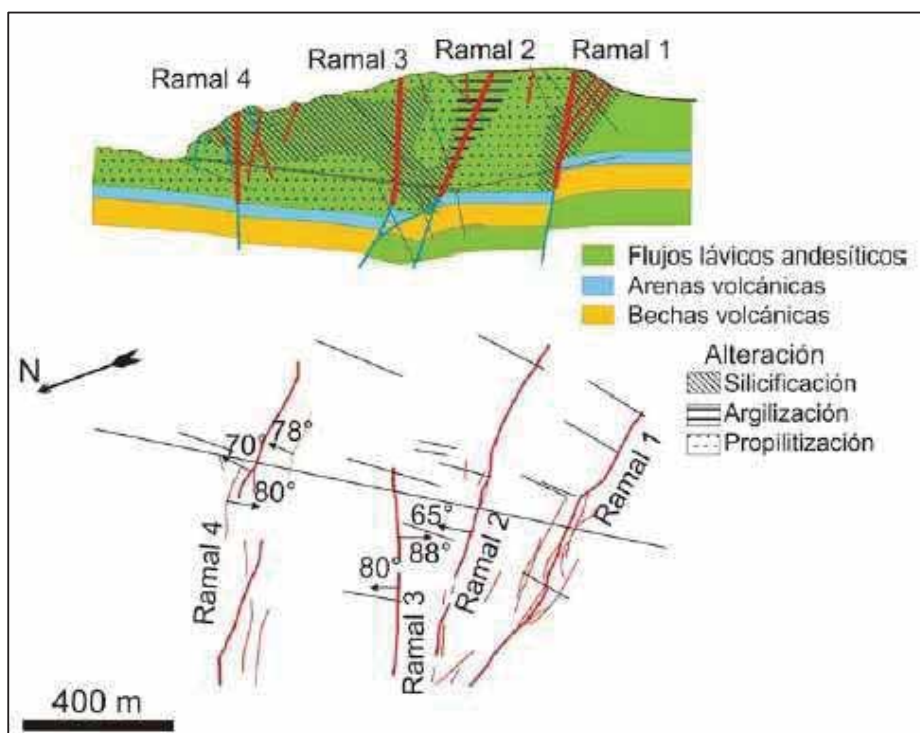


Figura 13 . Emplazamiento de la veta Ramal 2 dentro del Sistema Tres Reyes

En el extremo NW de esta estructura se ha realizado sondajes diamantinos en profundidad, llegándose a tener el impacto en el Nv.4340 con valores económicos de plata, actualmente este clavo localizado está en evaluación y dimensionamiento, que nos permitirá incrementar nuestras reservas y así profundizar esta estructura.

Esta estructura como las otras que conforman el sistema Tres Reyes Sur tienen una mineralogía compleja en donde se reconoce cuarzo macizo o bandeado de grano fino a medio, calcita lamelar (en ocasiones reemplaza al

cuarzo), rodonita, rodocrosita, adularia, fluorita, calcedonia en las partes altas de algunas vetas. Los sulfuros más comunes son pirita, marcasita en las partes más altas, esfalerita, galena, calcopirita, pirargirita, tetrahedrita (freibergita), acantita y estibina. Estructuralmente esta veta buza al NE (71 a 75) y tiene potencias que oscilan entre 0.40m a 3.00m

2.3.8. Veta Mariana

La veta Mariana y Alexia están relacionadas se presentan expuestas en pequeños afloramientos no-contiguos y con pocas anomalías geoquímicas en el sector norte del distrito de Arcata, que no indican continuidad ni riqueza de la veta que se viene desarrollando a unos 300 metros por debajo de este afloramiento en las labores mineras.

La mineralogía de la veta Mariana es la misma que aquella de las vetas que tienen rumbo E-O en el distrito Arcata lo que indica que ambas son cronológicamente contemporáneas. La veta mide por lo menos 4 Km. de largo con un ancho de hasta 2-3 m. En el afloramiento, la veta exhibe una textura de brecha y en las cavidades abiertas se observa la presencia de cuarzo transparente tipo diente de perro. Dentro de la mina la veta muestra texturas de brecha con clásticos ricos en sulfuros que indican que la veta se formó como consecuencia de múltiples eventos de fallamiento, lo cual típicamente significa que la ley de mineral mejora.

El rumbo de la veta Mariana por lo general es de E - NE, con buzamiento predominante S - SE . Todas las mediciones de la veta demuestran la existencia de dos conjuntos principales de veta, con algo de dispersión (un

conjunto con rumbo predominante hacia el E y otro conjunto con rumbo NE. El sistema de vetas Mariana contiene ambos conjuntos con mucha dispersión en la orientación. Un histograma del ángulo de la inclinación de las estrías muestra que el fallamiento en el área Mariana-Alexia varía desde una falla de desplazamiento de buzamiento (fallamiento normal) a través de un fallamiento de desplazamiento oblicuo, hasta fallamiento de desplazamiento de rumbo oblicuo (inclinaciones de 20-30°).

El afloramiento de la veta Mariana tiene un patrón en echelon hacia la izquierda a lo largo del rumbo, lo cual indica un componente de fallamiento de desplazamiento de rumbo dextral.

2.3.9. Veta Alexia

La veta Alexia tiene rumbo más hacia el NNE y posiblemente constituyen un conjunto de vetas con un rumbo generalizado N que probablemente se formó como un conjunto de vetas puente que conectan las vetas en echelon de rumbo E con las de rumbo NE. En el caso de que la veta Alexia se hubiera formado en un eslabón dilatacional que conecta a la veta Mariana con otra veta en el sector norte, se pronosticaría que debería existir una veta hacia el NO. Otras vetas-puente similares serían las vetas M-2 y M-1 y la R-3500 entre las vetas Tres Reyes y Baja. A pesar de que muchas de estas vetas con rumbo N tienen un ensamblaje mineral diferente (ricas en metal básico), siempre son económicas y probablemente se formaron durante el mismo evento general como las otras vetas en Arcata. De hecho, la veta Alexia contiene mineral y tiene un ancho de hasta 4m en algunos lugares.

El afloramiento de la veta Alexia está muy silicificado con una textura de brecha y con cuarzo granular y algo de cuarzo claro tipo diente de perro en un afloramiento pequeño, y su ancho es de ~2 m.

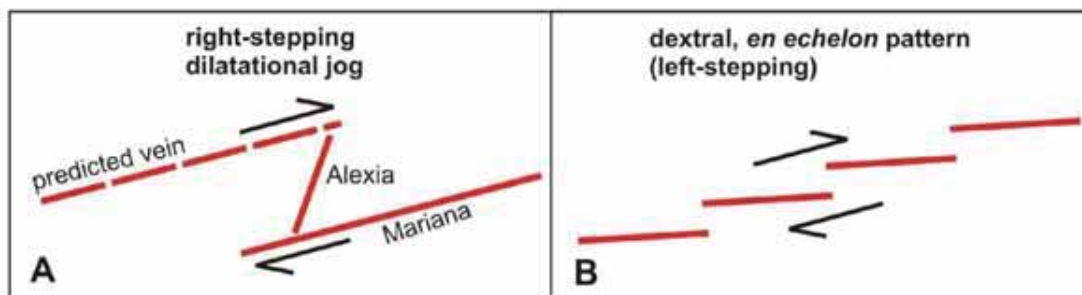


Figura 14. Mapa esquemático que muestra los patrones en echelon en un sistema de fallas con componentes de desplazamiento de rumbo dextral. Izquierdo: La veta Alexia interpretada como una veta puente en un eslabón dilatacional entre la veta Mariana y la veta pronosticada al NW. Derecha: La veta Mariana tal como se observa en el afloramiento con segmentos de avances progresivos adyacentes al trazo obvio sinestrales

2.3.10. Control Estratigráfico en la Mineralización.

Como ya se ha mencionado, las vetas de Arcata se intruyen en rocas volcánicas del Mioceno, formadas por lavas intercaladas con rocas volcanoclásticas. Se reconocen dos potentes paquetes de lavas andesíticas a dacíticas, del inferior no se conoce la base por lo tanto su potencia no puede ser estimada, mientras que el superior posee más de 300 metros de espesor de lavas macizas. Entre ambos se desarrolla una secuencia volcanoclástica de alrededor de 100 metros de potencia media formada por piroclastitas primarias y rocas clásticas retrabajadas de grano fino. La secuencia lávica y la clástica poseen una respuesta marcadamente diferente en cuanto a su fracturamiento. Por su parte, las lavas se comportan de manera competente, desarrollando fracturas continuas y abiertas, mientras que las rocas volcanoclásticas, en particular las de grano fino y bien estratificadas, resultan más incompetentes frente a los esfuerzos, no desarrollando fracturas

continuas y abiertas, sino que las fracturas se ramifican, se forman brechas y hay menos disponibilidad de espacios abiertos. Esto tiene influencia en la mineralización y en el tipo de veta que se forma en cada secuencia litológica. Las vetas intruidas en las lavas andesíticas a dacíticas son continuas, con relleno de espacios abiertos, bandeados crustiformes, en ocasiones simétrico y altas leyes de Ag. Mientras que en los tramos hospedados por rocas volcánicas las vetas se cierran, los espesores son menores y las leyes se mantienen, las texturas suelen ser de brecha y la veta se abre en ramales. En ocasiones no se desarrolla nada de relleno hidrotermal, sólo se reconoce una pequeña fractura con silicificación.

2.3.11. Perfiles de Alteración Hidrotermal.

La alteración hidrotermal más ampliamente distribuida es la propilitización, caracterizada por una alteración a clorita de los minerales máficos y en la pasta de las vulcanitas, mientras que las plagioclasas se encuentran alteradas de débil a fuertemente por sericita y/o calcita. En las cercanías de las vetas se reconoce un fuerte metasomatismo potásico, caracterizado por la presencia de cuarzo y adularia, con las plagioclasas frecuentemente sericitizadas y los minerales máficos cloritizados, y abundante pirita diseminada, mientras que en los sectores más altos se ha reconocido marcasita en cavidades y venillas. La alteración potásica y la silicificación suelen estar sobreimpuestas a la alteración propilitica dando a la roca un aspecto de brecha, con textura en rompecabezas y abundantes venillas de cuarzo-adularia.

La alteración argílica está prácticamente ausente en la mayor parte del distrito, con la excepción de sectores localizados en veta Baja y Tres Reyes,

donde se reconoce un halo de alteración argílica avanzada formada casi exclusivamente por caolín y escasa alunita de grano fino. Esta alteración argílica no se encuentra asociada a leyes económicas de plata, con la única excepción del Ramal 2 en el sector sureste de veta Tres Reyes, donde la alteración argílica está presente en las rocas encajonantes, pero principalmente dentro de la veta que presenta una textura de brecha y altos valores de plata.

Las vetas poseen una mineralogía compleja donde se reconoce cuarzo macizo o bandeado de grano fino a medio, calcita lamelar (en ocasiones reemplazada por cuarzo, rodonita, rodocrosita, adularia, fluorita, calcedonia en las partes altas de algunas vetas.

Los sulfuros más comunes son pirita, marcasita en las partes más altas, esfalerita, galena, calcopirita y estibina, la plata está hospedada principalmente en pirargirita, tetrahedrita (freibergita) y acantita. La calcopirita suele encontrarse como exsoluciones dentro de la esfalerita. En general, se reconoce un aumento en profundidad de los sulfuros de metales base (Fornari y Vilca, 1979, Larson, 1983, Candiotti et al., 1990). También se mencionan localmente pirrotina, arsenopirita, polibasita, electrum, estefanita, mckinstrita, miargirita, pearceita, stromeyerita (Allen, 1983, Larson, 1983, euberger, 1983, Candiotti et al., 1990)

2.3.12. Potencial y Blancos de Exploracion.

Las interpretaciones geológicas de las estructuras del Yacimiento de Arcata, determinan potenciales:

Además de las vetas con orientación W-NW, las vetas E-W a SW y N-S son favorables para albergar mineral. Esto indica que la historia estructural

y el control de las vetas mineralizadas fueron relativamente complejas y que puede haber más estructuras W- SW y N-S que albergan mineral dentro del yacimiento.

Continuar las labores mineras siguiendo el horizonte mineralizado, para probar el potencial de Mariana en sus extremos W y E. Para completar el estudio estructural apoyarse con sondajes diamantinos desde interior mina en su extremo W, para probar en profundidad la extensión de los ore shoots (las columnas ricas de mineral).

El ensamble argilica avanzada de caolinita y alunita en la parte Central de Tres Reyes, no impiden columnas ricas en mineral a profundidad, significa que el potencial de mineral de veta no debe ser descontada hasta que haya sido probado adecuadamente. Tal prueba requiere sondajes diamantinos a cotas promedios como de vetas adyacentes.

Dentro del sistema de veta Macarena principal, como una de las estructuras menos explotadas en toda su longitud, no se descarta la posibilidad que pueda albergar mineralización en su segmento central y este.

Así mismo en veta Baja que ha sido explotado en su segmento NW y SE, la parte central queda un blanco de 1 Km sin explotar, observándose un ensamble indicador de mineralización en profundidad, teniendo la posibilidad de contar con un potencial de mineral en este segmento, de igual forma en la prolongación del extremo NW.

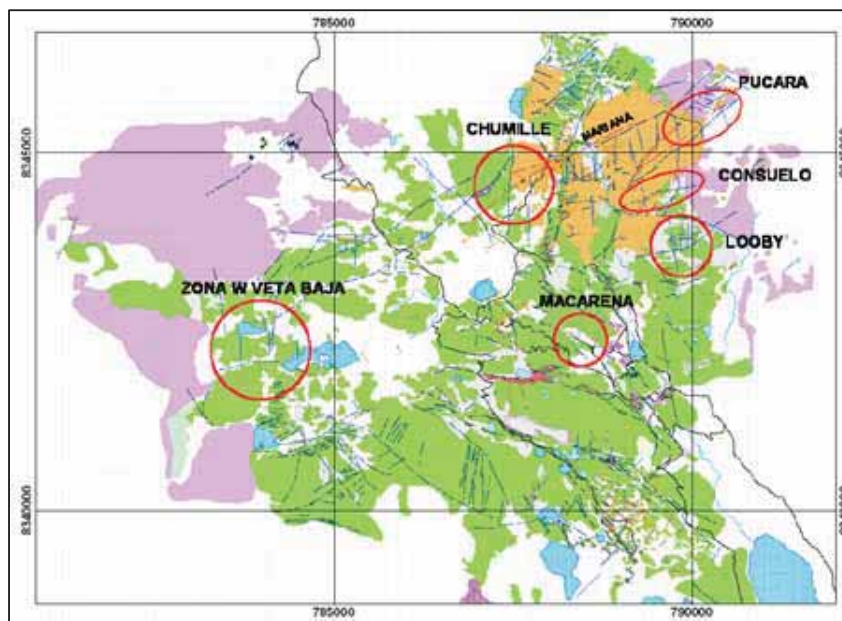


Figura 15. Plano Geológico: Mostrando Blancos de Exploración Yacimiento Arcata

Para continuar los trabajos de exploración dentro del distrito del yacimiento Arcata y con la finalidad de encontrar mineral (recursos) a corto - mediano plazo, se tiene los siguientes blancos exploratorios:

Estructura Chumille desarrollar con labores mineras en su extremo S y N, esta veta a sido determinado(a cota 4580) con sondaje diamantino desde nivel 4600.con ensamble cuarzo-rodocrosita y sulfosales de plata. De 0.65m de ancho con 0.80 g Au/t y 297.78 g Ag/t, con una banda al medio de 0.30 m y de 1.52 g Au/t y 590.22 g Ag/t.

Estructura Pucara (paralela a Mariana),determinado con perforación diamantino (a cota 4680) como estructura definida de calcita lamelar reemplazada con cuarzo asociado sílice gris de baja temperatura y diseminación de sulfuro, de 1.00 m de ancho con 0.20 g Au/t y 74.01 g Ag/t, objetivo buscar

horizonte de mineralización económica. con taladros desde superficie o de subterráneo.

Estructura Consuelo, del sistema de Mariana, se ejecutó un sondaje impactando estructura estrangulada (cota 4642) de 0.10 m de ancho con 1.76 g Au/t y 1055.67 g Ag/t, ensamble cuarzo- rodocrosita con sulfosales de plata, explorar al extremo NW con mas sondajes.

Estructura Looby, un sondaje con resultado positivo a cota 4690 estructura de 0.70 m de ancho con 1.52 g Au/t y 625.45 g Ag/t, ensamble cuarzo blanco-rodocrosita, sulfosales de plata. Realizar sondajes adicionales a las ejecutadas en su extremo NW, buscando el control estructural favorable para la depositacion del mineral.

Estructura principal de Tres de Reyes: buscar zonas mineralizadas por debajo de la alteración argilica (debajo del nivel -120).Se bien se han realizado sondajes, la información de profundidad, posición y valores resultantes no es clara.

La zona central de veta Baja: en superficie se observa estructura continua, con presencia de minerales bandeados, con abundantes minerales de manganeso. En superficie se tiene anomalías fuertes de 272 a 2300 ppb Au, 6 a 67 ppm Ag y 168 a 1890 ppm As. Se requiere perforar para determinar un nuevo posible ore shorts, en este segmento.

Zona W (prolongación de veta Baja)donde los ore shorts se extienden sub horizontalmente y con suave inclinación al NW ,por lo tanto la zona económica se encuentra progresivamente más profundo. Donde se ejecutaron sondajes diamantinos interceptando estructuras definidas (cota 4570) con 1.00m de

ancho, de cuarzo, de baja temperatura asociado de sulfuros, con valores < 0.40 g Au/t y 7 a 14 g Ag/t, donde falta determinar el horizonte económico mineralizado.

Estructura de Macarena principal, extremo SW ,debajo del afloramiento de cuarzo calcedonico, donde se exploró con diamantina, impactando a cota 4590 estructura de cuarzo-rodocrosita-calcita con puntos de sulfosales de plata, de 1.00 m de ancho con < 0.40 g Au/t y 65.29 g Ag/t, buscar ore shoots mineralizado.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL DEL CICLO PHVA

3.1. La Rueda de Deming o Ciclo PHVA

Es una técnica desarrollada por W. A. Shewart entre 1930 y 1940 para organizar el trabajo y seguimiento de proyectos de cualquier tipo. En 1950 E. Deming la toma y la difunde como una alternativa para encarar los proyectos de acción o mejora sobre los procesos propios, externos o internos (por tal motivo en Japón lo llaman “ciclo Deming”).

¿Cuándo se lo usa? Siempre que preparamos un proyecto concreto, muy especialmente en las actividades desarrolladas con técnicas participativas, es decir, trabajando “en equipo”. Por ejemplo: • Equipos de diseño. • Equipos para el análisis y solución de problemas. • Equipos de mantenimiento preventivo. • Equipos de Logística • Etcétera. Un caso especial, que vale la pena citar aparte, lo constituye el desarrollo de Sistemas de

Gestión. Estos sistemas exigen el trabajo y la participación de todos los miembros de las organizaciones (como un verdadero equipo) para ser realmente eficaces, por lo que el ciclo Shewhart es particularmente apropiado para la planificación, la implementación, la implantación y la operación de estos sistemas. Incluso, ISO lo ha tomado como base para ordenar el contenido de las últimas ediciones de sus conocidas normas internacionales ISO 14001:1996 (Sistemas de Gestión Ambiental - Especificaciones y directivas para su uso) e ISO 9001:2000 (Sistemas de Gestión de la Calidad - Requisitos). Ambas normas, están fundamentadas en el compromiso de Mejora Continua de la Alta Dirección de las empresas, siguiendo el espíritu del modelo que propone el TQM (Total Quality Management) a partir de la filosofía expuesta por Deming en sus famosos 14 puntos para provocar el necesario cambio cultural en el gerenciamiento de las empresas.

¿Cómo se trabaja con el Ciclo Shewhart? El método consiste en aplicar 4 pasos perfectamente definidos, toda vez que se quiera llevar adelante y fundamentalmente “completar” un proyecto (es decir llegar al final inexorablemente y asegurarse de arribar al objetivo definido en su planteo inicial). Estos 4 pasos, simplemente aseguran para el proyecto:

- La organización lógica del trabajo,
- La correcta realización de las tareas necesarias y planificadas,
- La comprobación de los logros obtenidos, y
- La posibilidad de aprovechar y extender aprendizajes y experiencias adquiridas a otros casos.

Gráficamente al ciclo Shewhart se lo representa del siguiente modo y por las letras que aparecen se lo suele llamar también "Ciclo PDCA":

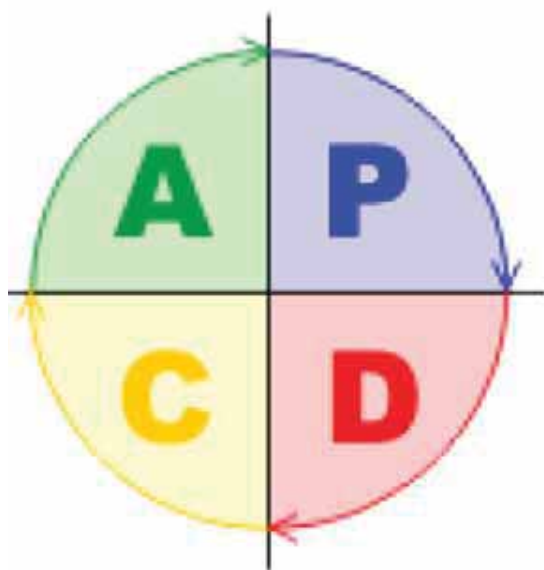


Figura 16. "Ciclo PDCA"

En este esquema las letras provienen de las iniciales de palabras inglesas que son: P = Plan (Planificar); D = Do (Hacer); C = Check (Chequear, Verificar) y A = Action (Actuar, Accionar).

El ciclo Planear, Hacer, Verificar y Actuar, se basa en la "Rueda de Deming" o la mejora continua, que envuelve a cualquier proceso en un ciclo de innovación y adquisición de nuevos elementos que le permiten evolucionar y mejorar. El PHVA, es una herramienta con la cual se elaboran los Sistemas de Gestión OHSAS 18001, ISO 14001, y el ISO 9001, en el siguiente subtítulo, se mostrará cómo están formados en relación a este ciclo. El Planear define los objetivos y medios, en el Hacer se ejecutan las tareas establecidas, en el Revisar o Verificar se controlan los resultados obtenidos, y en el Actuar se toman las medidas necesarias. Los siguientes gráficos muestran cómo se desenvuelve la Rueda de Deming, Mejora Continua o ciclo PHVA.

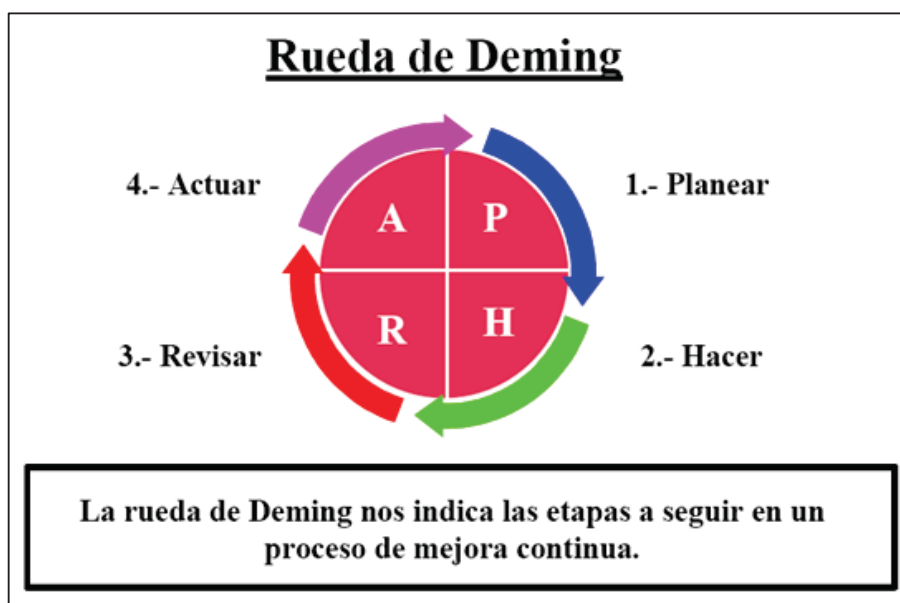


Figura 17. Rueda de Deming

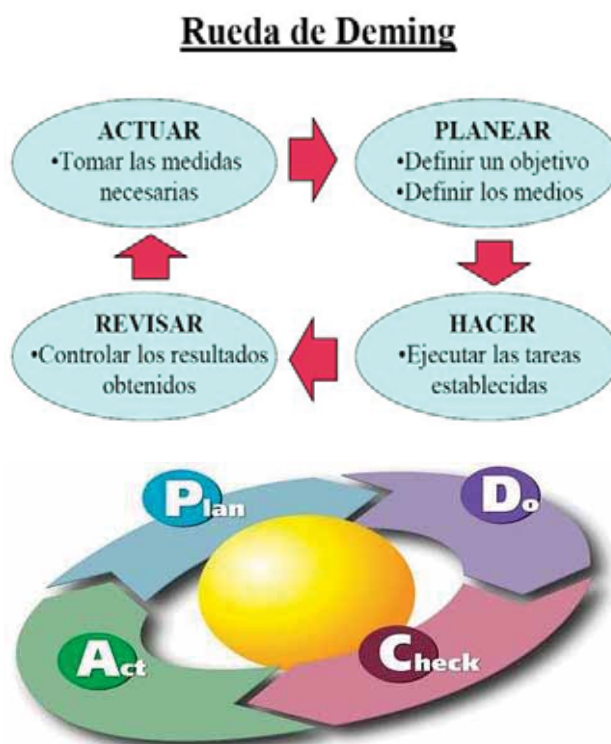


Figura 18. Ciclo de Deming

3.2. Análisis de cada una de las fases de la rueda PDCA

3.2.1. Plan (Planificar)

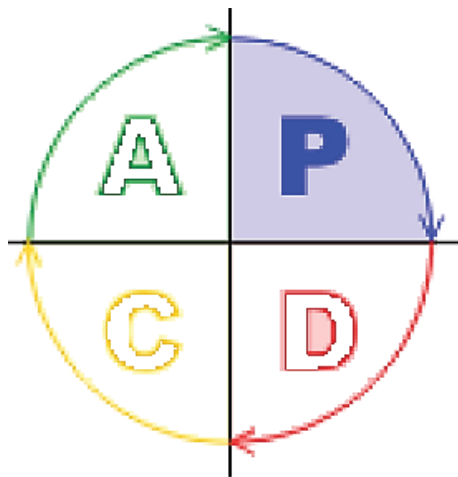


Figura 19. Planificar

Consiste en formular un Plan sobre cómo proceder. Es la fase más influyente y define una secuencia lógica de actividades:

- Definir el tema, seleccionar el tema a estudiar y definir los objetivos.
 - ❖ Se deben utilizar todas las fuentes disponibles, indicaciones procedentes de clientes, datos y hechos, políticas de dirección, sugerencias de distintas fuentes.
 - ❖ Seleccionar uno de los temas en función de los criterios de prioridad.
 - ❖ El tipo y la entidad del problema deben describirse de una forma clara.
 - ❖ Definir los objetivos cuantitativamente.
- Observar y documentar la situación actual, se deben recoger datos.
 - ❖ Utilizar datos y hechos.
 - ❖ Medir la diferencia en que los datos obtenidos difieren de los esperados.

- Analizar la situación actual, analizar los datos recogidos.
 - ❖ Procesar y estratificar los datos obtenidos para tener una mayor y clara información.
- Determinar las causas posibles, decisiones orientadas por los datos y determinar las causas reales.
 - ❖ Encontrar las posibles causas del problema
 - ❖ Algunas herramientas útiles para tal fin son: El diagrama de causa y efecto; el Brainstorming (tormenta de ideas).
 - ❖ Hay que verificar la influencia real de las causas probables a través del análisis del mayor número posible de datos o casos similares.
- Determinar las medidas correctivas, acciones de modificación.
 - ❖ Una vez definidas las causas será necesario eliminar los efectos negativos del problema.
 - ❖ Lo ideal es adoptar siempre medidas destinadas a eliminar las causas, teniendo presente los posibles efectos derivados de las medidas correctoras.
 - ❖ En esta primera fase se elabora un diseño de las soluciones del problema, un diseño aún teórico que tendrá que ser ratificado por los hechos.

3.2.2. Do (Hacer)

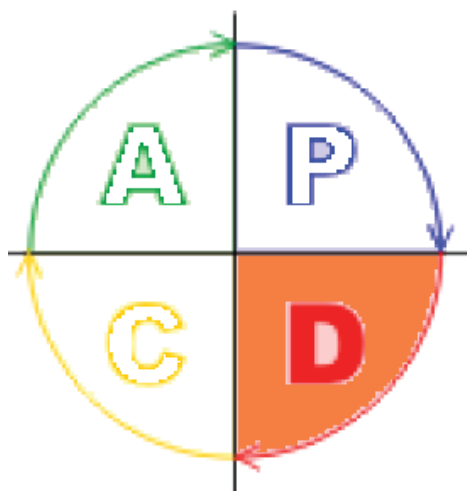


Figura 20. Hacer

Significa hacer lo que se ha determinado en el plan. Para ello, se deben preparar las pruebas o test, indicando cómo deben desarrollarse a través de procedimientos y explicarlo a las personas que van a llevar a cabo la ejecución de las pruebas o test.

La fase de Hacer incluye:

- ❖ La verificación y aplicación de las medidas correctivas definidas en el plan.
- ❖ La introducción de las modificaciones al plan inicial, si no ha sido positivo el resultado de las medidas correctivas.
- ❖ Anotar el trabajo desarrollado y de los resultados obtenidos.
- ❖ La formación del personal que deba aplicar las soluciones propuestas; es necesario para una adecuada comprensión y familiarización con las medidas correctivas que se hayan definido.

3.2.3. Check (Controlar)

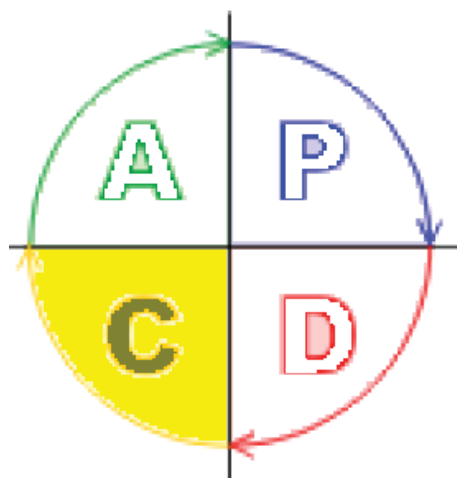


Figura 21. Controlar

Se verifica si se ha alcanzado el objetivo. Es necesario controlar si lo que se ha definido se desarrolla correctamente. Lo primero que se debe hacer es contestar a las siguientes preguntas:

- ❖ ¿Qué vamos a controlar?
- ❖ ¿Cuándo lo haremos?
- ❖ ¿Dónde se piensa controlar?

En la fase Check se puede controlar las causas, sobre todo las críticas, por ejemplo:

- ❖ Se controla si la calidad de las materias primas corresponden a las especificaciones.
- ❖ Si la maquinaria, los equipos, etc. operan en la forma programada y especificada.

3.2.4. Act (Actuar)

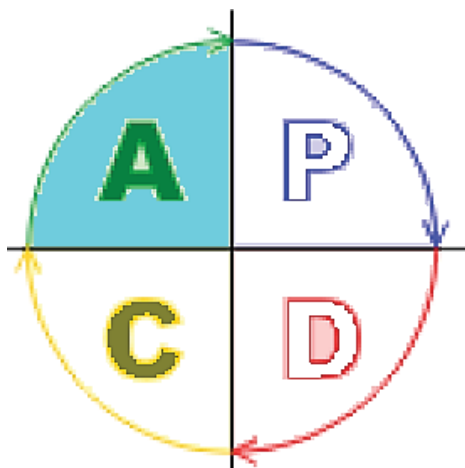


Figura 22. Actuar

La fase Actuar sirve para normalizar la solución del problema y establecer las condiciones que permiten mantenerlo.

Pueden darse dos situaciones:

- ✓ Se ha alcanzado el objetivo
 - ❖ No modificar la situación y normalizar las medidas correctivas, modificaciones aplicadas (procesos, operaciones y procedimientos).
 - ❖ Ampliar la comprensión y la formación.
 - ❖ Verificar si las medidas correctivas normalizadas se aplican correctamente y si resultan eficaces.
 - ❖ Continuar operando en la forma establecida.
- ✓ Sí, no se ha alcanzado el objetivo, se debe:
 - ❖ Examinar todo el ciclo desarrollado para identificar errores.
 - ❖ Empezar un nuevo ciclo PDCA.

Para terminar el ciclo se deben estudiar los resultados desde la óptica del rédito que nos deja el trabajo en nuestro "saber hacer" (know-how): ¿Qué aprendimos? ¿Dónde más podemos aplicarlo? ¿Cómo lo aplicaremos a gran escala? ¿De qué manera puede ser estandarizado? ¿Cómo mantendremos la mejora lograda? ¿Cómo lo extendemos a otros casos o áreas?

En este punto hemos concluido el ciclo, pero por tratarse de un proceso "de mejora continua", debemos pensar que existe un "objetivo superior" (como ser "la Calidad Total", o bien "un proceso con Impacto Ambiental totalmente neutro", por ejemplo) al cual nos podemos acercar cada vez más, pero sin alcanzarlo plenamente (en un 100 %). En este caso, podemos pensar que el ciclo PDCA se transforma en una espiral de mejora (J. Juran), y entonces debemos aplicar un...

Paso 5. Consiste en repetir el **Paso 1**, pero en una nueva dimensión o estado debido a la mejora realizada y allí, **INICIAR OTRA VUELTA DE MEJORA**. Es decir: una vez estabilizado el proceso en la nueva condición lograda por una mejora concretada, proponer un nuevo ciclo PDCA para subir otro peldaño en la búsqueda del óptimo ideal.

3.3. Definición de Términos

Sobre rotura

Una excavación de material fragmentado más allá del borde de una excavación.

Avance por disparo

Metros de avance por cada tanda de disparo realizado en un frente

Control de calidad

Una serie de inspecciones y mediciones que determinan si se han alcanzado los estándares de calidad establecidos.

Carta de control

Herramienta gráfica que se usa como ayuda para determinar si un proceso está bajo control o fuera de control.

Carta \bar{x}

Carta de control que se usa cuando se mide la calidad de los resultados de un proceso en términos de longitud, peso, temperatura, etcétera. (Anderson, 2010, p 874)Ejemplo:

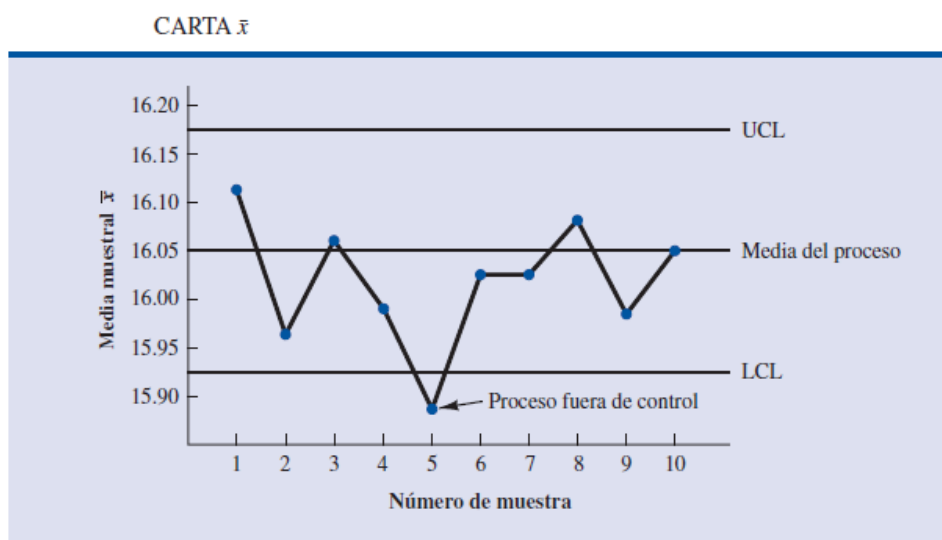


Figura 23. Ejemplo de carta \bar{x} Fuente: Anderson, David R. ,Dennis J. Sweeney y Thomas A. Williams.

Productividad.

Es la relación entre los productos logrados y los insumos que fueron utilizados o los factores de la producción que intervinieron.

El índice de productividad expresa el buen aprovechamiento de todos y cada uno de los factores de la producción, los críticos e importantes, en un periodo definido.” (GARCÍA Alfonso, Productividad y Reducción de Costos, 2011, p.17)

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Productos logrados}}{\text{Factores de la producción}}$$

La OIT Define productividad como:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Bienes y servicios}}{\text{Recursos invertidos en producirlos}}$$

Eficiencia

El índice de eficiencia, expresa un buen uso de los recursos en la producción de un producto en un período definido.” (GARCÍA Alfonso, Productividad y Reducción de Costos, 2011, p.17)

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Insumos programados}}{\text{Insumos utilizados}}$$

Eficacia

(García Alfonso, Productividad y Reducción de Costos, 2011, p.17)

El índice de eficacia expresa un buen resultado de la realización de un producto en un periodo definido.”

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Productos logrados}}{\text{Meta}}$$

Potencia

Es el ancho de una veta.

Buzamiento

Es el ángulo de inclinación de una veta

Reserva de Mineral

Es la cantidad de Mineral económicamente explotable con leyes superiores al Cut Off.

Cut Off

Es la ley Mina explotable de una mina.

Rampas

Labor inclinada con pendientes considerables realizada para cortar vetas entre niveles

By Pass

Labores horizontales con pendientes mínimas realizadas para cortar vetas en un mismo nivel

Camaras de ventilación o pulmón

Labores horizontales de corta distancia para evitar recirculación del aire inyectado para evacuar el aire viciado

Raise Boring

Labores verticales para evacuación de aire viciado desde niveles superiores a niveles inferiores

Pozas de Bombeo

Labores tipo estocada, con profundización según se requiera para bombear hacia otro nivel

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

4.1. Diseño de Investigación y Tipos de Estudio

4.1.1. Diseño de Investigación

La presente investigación es Descriptivo, de carácter aplicativo.

4.1.2. Tipo y nivel de investigación

El presente trabajo de investigación es de carácter APLICATIVO, conforme a los propósitos y naturaleza de la investigación; el estudio se ubica en el nivel descriptivo, explicativo.

4.2. Métodos de Investigación

A efectos de abordar todos los factores que intervienen en el problema planteado, se empleará métodos: inductivo, deductivo, análisis, síntesis.

4.3. Población de Estudio y Muestra Necesaria

4.3.1. Tamaño de la muestra

La población representativa que se tomará en cuenta para esta investigación es de 200 disparos en frentes, de las cuales se tomarán como muestra para el estudio, 82 disparos.

4.3.2. Calculo de la muestra para una población finita

La muestra suele ser definida como un subgrupo de la población.

Para efectos de este estudio, la muestra será probabilística, debido a que todos los sujetos de este estudio tuvieron la misma probabilidad de ser elegidos; utilizaremos para determinar el tamaño de la muestra la fórmula matemática – estadística.

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{e^2 (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

Dónde:

DATOS

n = Muestra inicial	= ?
N = Población o Universo	200
Z = Nivel de confianza	1.96
e = Margen de error	0.05
p = Probabilidad de Éxito	0.9
q = Probabilidad de Fracaso	0.1

Z: Valor tipificado de la confiabilidad = 1.96 (corresponde a 95% de Confianza).

Indica la dirección y el grado en que un valor individual se aleja de la medida en una escala de unidades de desviación estándar.

e: Error de estimación = indica el porcentaje de incertidumbre o riesgo que se corre que la muestra escogida no sea representativa.

Para el caso:

$$N = 200$$

$$\text{Margen de confiabilidad} = 95\% \text{ en } \alpha = 0.05, z = 1.96$$

$$p = \text{Proporción esperada} = 90\%$$

$$q = 1 - p = 0.1$$

$$p + q = 1$$

$$e \text{ (precisión en la muestra) } = 5\%$$

$$n = \text{Muestra}$$

$$n = \frac{200 \times 1.96^2 \times 0.9 \times 0.1}{0.05^2(200 - 1) + 1.96^2 \times 0.9 \times 0.1}$$

$$n = 82$$

La muestra según el cálculo realizado; de la población en estudio se elegirá un grupo de 478 disparos en frentes representativas durante el periodo de estudio

4.4. Plan de Recolección y Elaboración de Datos

4.4.1. Técnicas de Recolección de datos

Las principales técnicas que utilizaré en la investigación es:

Análisis Documental

Registro de disparos

4.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los principales instrumentos de utilizarse en la investigación son:

Guía de Análisis Documental

Guía de toma de muestras

4.4.3. Describiendo Como se Realizará el Trabajo de Investigación.

El trabajo de investigación se llevará a cabo de la siguiente manera:

- Recojo de información preliminar
- Análisis de información preliminar
- Elaboración del plan de investigación
- Elaboración del marco teórico
- Desarrollo del trabajo
- Trabajo de campo
- Trabajo de gabinete
- Procesamiento de datos
- Análisis de resultados
- Discusión de resultados
- Elaboración del informe preliminar
- Elaboración del informe final
- Presentación del informe
- Sustentación

4.5. Análisis Estadístico e Interpretación de Datos

4.5.1. Prueba de hipótesis nula y alternativa

Las pruebas de hipótesis, se refieren a dos parámetros poblacionales: la media poblacional y la proporción poblacional. A partir de la situación, las pruebas de hipótesis para un parámetro poblacional asumen una de estas tres formas: en dos se emplean desigualdades en la hipótesis nula y en la tercera se aplica una igualdad en la hipótesis nula. En las pruebas de hipótesis para la media poblacional, μ_0 denota el valor hipotético y para la prueba de hipótesis hay que escoger una de las formas siguientes.

$$\begin{array}{lll} H_0: \mu \geq \mu_0 & H_0: \mu \leq \mu_0 & H_0: \mu = \mu_0 \\ H_a: \mu < \mu_0 & H_a: \mu > \mu_0 & H_a: \mu \neq \mu_0 \end{array}$$

A las dos primeras formas se les llama pruebas de una cola. A la tercera se le llama prueba de dos colas.

Con frecuencia se tienen situaciones en las que no es obvio cómo elegir H_0 y H_a y se debe tener cuidado para elegir las en forma adecuada. Sin embargo, como se observa en las formas anteriores, la igualdad (ya sea \geq, \leq o $=$) debe aparecer siempre en la hipótesis nula. Al elegir la forma adecuada para H_0 y H_a hay que tener en mente que la hipótesis alternativa a menudo es lo que la prueba está tratando de demostrar. Por tanto, preguntarse si el usuario está buscando evidencias en apoyo de $\mu < \mu_0, \mu > \mu_0, \mu \neq \mu_0$ ayuda a determinar H_a .

4.6. Cronograma

El Cronograma se muestra en el ANEXO 1.

4.7. Costo y Presupuesto

Será totalmente financiado por el tesista

Tabla 1
Costo y Presupuesto

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	TOTAL S/.
Laptop HP(Depreciación)	mes	4	150.00	600.00
Papel Bond A4	Millar	5	22.00	110.00
Corrector	Unidad	1	3.50	3.50
Impresión de Formatos	Millar	1	100.00	100.00
Lapiceros	Unidad	12	0.50	6.00
Resaltador	Unidad	2	2.50	5.00
Servicio de Internet	mes	4	100.00	400.00
Impresión de Borradores de tesis	Pag.	720	0.20	144.00
Espiralado	Unidad	9	3.50	31.50
Empastado	Unidad	4	30.00	120.00
Libros	Unidad	10	200.00	2000.00
TOTAL				3520.00

Datos Costo y presupuesto Fuente: (Elaboración propia)

CAPÍTULO V

APLICACIÓN DEL PHVA EN LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN AVANCES EN FRENTES MINERA ARCATA RAMPA NEGATIVA ROSALÍA

5.1. Planear:

Consiste en formular un Plan sobre cómo proceder. Es la fase más influyente y define una secuencia lógica de actividades para lograr el objetivo durante las operaciones mineras en la mejora de la productividad durante la ejecución de la Rampa.

5.1.1. Diseño de la Rampa Negativa Rosalía

a) *Sección y Longitud de la labor:*

La sección de la Rampa Negativa Rosalía es de 4.5 x 4.0 m, la longitud total del proyecto fue de 225 m, con una gradiente de -12.50%.

La Rampa es una abertura subterránea inclinada positiva o negativa que sirve de acceso a las labores mineras a través del cual sirve principalmente para

Ancho lineal : 4.50 metros

Ancho curva : 5.00 metros

Altura : 4.00 metros

Gradiente : -12.50%

Cuneta

Ancho : 0.40 metros

Profundidad : 0.30 metros

c) Estándares Operacionales de servicios

Los estándares de operación en minería mecanizada se deben considerar lo siguiente de acuerdo al D.S. N° 024-2016-EM, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería modificado por el D.S. 023-2017-EM y el reglamento interno de Hochschild Mining.

En la Unidad Operativa Arcata se considera los estándares operacionales de servicios de la siguiente manera.

d) Ubicación de servicios

Tabla 2

Ubicación de servicios

DESCRIPCION	DIAMETRO	ESTANDAR
Tubería de aire	4 Pulg.	1.40 m
Tubería de agua	2 Pulg.	1.20 m
Tubería de relleno	4 Pulg.	1.00 m
Tubería de bombeo	4 Pulg.	0.80 m
Manga de ventilación	30 Pulg.	2.96 m

Datos estándar Fuente: Minera Arcata

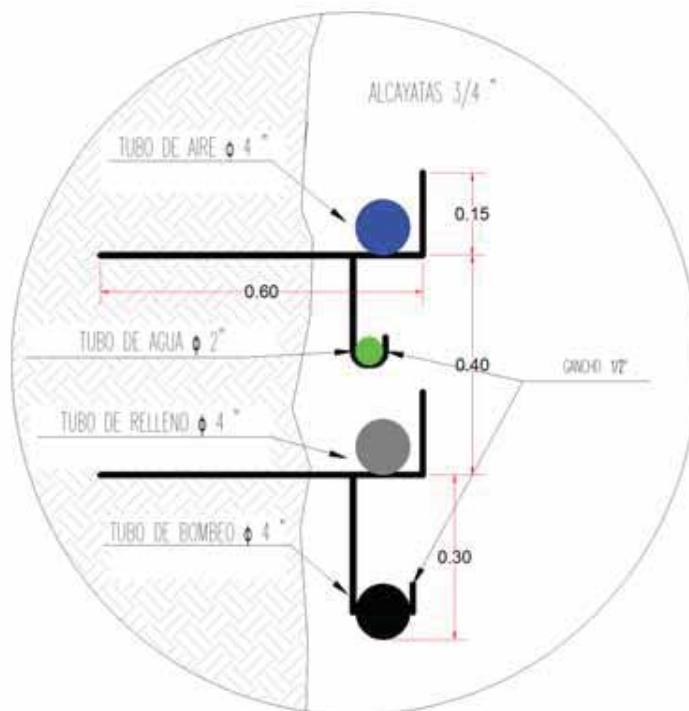


Figura 24. Estándar de servicios Minera Arcata. Fuente: Estándar mina arcata

e) *Ubicación de líneas eléctricas*

Tabla 3

DESCRIPCION	VOLTAJE	ESTANDAR
Línea de Fuerza	440 V.	2.70 m
Línea de Alumbrado	220 V.	2.70 m

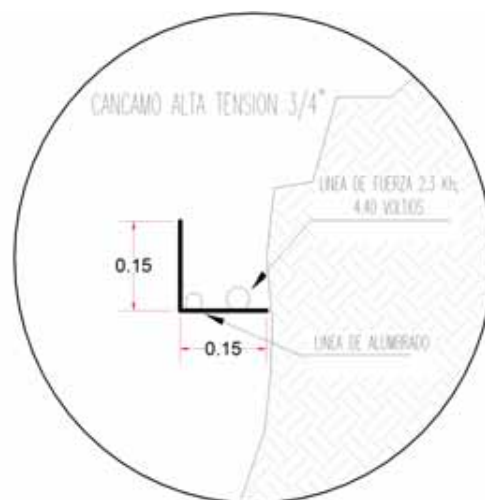


Figura 25. Estándar de líneas eléctricas Minera Arcata Fuente: Estándar mina Arcata

f) *Ubicación de líneas de comunicación*

Tabla 4

Ubicación de líneas de comunicación

DESCRIPCION	ESTANDAR
Línea Telefónica	3.38 m
Leaky Feeder	3.38 m

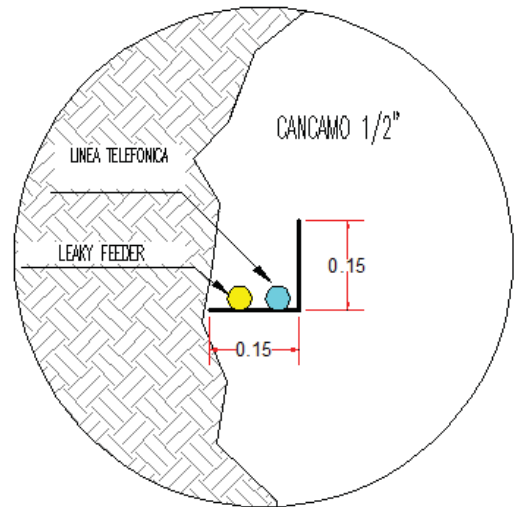


Figura 26 Estándar líneas de Comunicación Minera Arcata, Fuente: Estándar mina Arcata

g) *Estándar General de Servicios en la Rampa Negativa Rosalía*

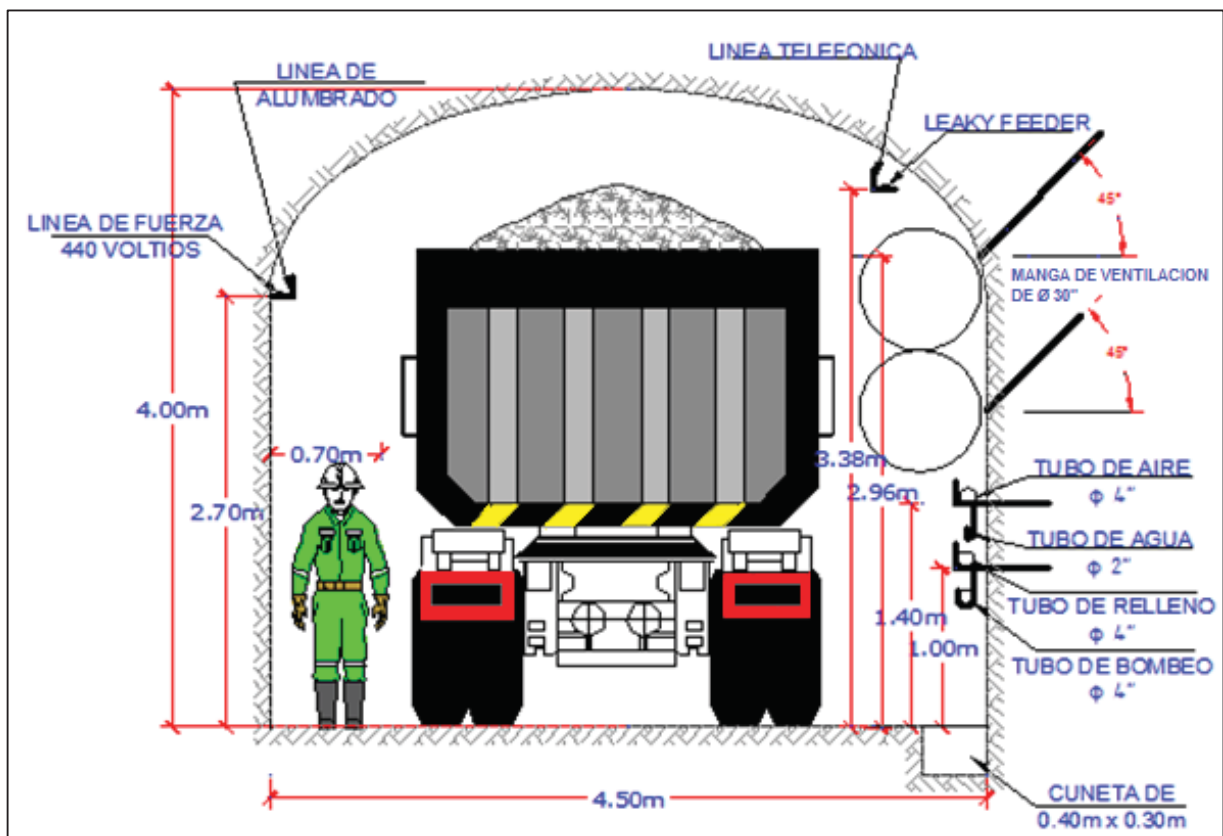


Figura 27. Vista de perfil volquete saliendo con carga Fuente: Estándar de mina Arcata.)

5.1.2. Diseño de Cámara de Acumulación de Material

Las cámaras de acumulación se diseñan en función al volumen de planeamiento de extracción de mineral y/o desmonte. Su función es almacenar todo el material proveniente de la limpieza del frente de la rampa, acumulación de mineral y/o desmonte de labores cercanas a la rampa.

Estas cámaras tienen que estar ubicado lo más cerca posible a las cámaras de carguío para el mejor rendimiento del equipo y productividad.

Las cámaras de carguío tiene que ser diseñado a cada 100 metros de la siguiente cámara con el objetivo de disminuir la sobre distancia de acarreo y reducir los costos de sobre acarreo.

5.1.3. Diseño de Cámara de Carguío

La cámara de carguío se diseña de acuerdo al tamaño y capacidad de los equipos de carguío y acarreo que se va utilizar durante el proyecto del laboreo.

Los datos técnicos de diseño de las cámaras son variantes en función al tiempo de utilización y tamaño de los equipos.

Inicialmente se diseña una cámara de carguío y acumulación simultáneamente (cámaras en H), este diseño solo se ejecuta una sola vez a 290 metros por falta de equipos de carguío.

En la actualidad se diseña y ejecuta ventanas de sección 4:00x4:00 metros, con longitud de 12 a 15 metros y sus respectivos radios de curvatura de acuerdo a los equipos, estas ventanas tienen la finalidad de acumular la carga proveniente del frente y a la vez tiene la función de cámara de carguío, este mismo en lo posterior

se utiliza para dar uso como pase a los equipos y vehículos que transitan en interior mina.

La ventaja de estas ventanas es por uso múltiple, mayor tiempo de utilización y menor costo de ejecución con respecto a las cámaras de tipo H, este último cuadruplica en metraje a las ventanas.

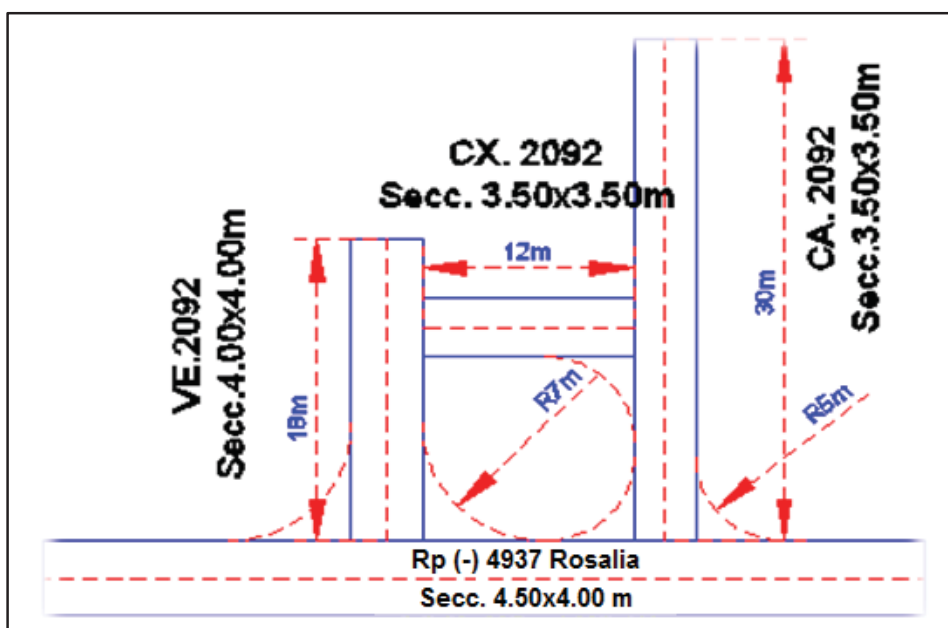


Figura 28. Diseño de cámara de acumulación y carguío en H Fuente: (Minera Arcata)

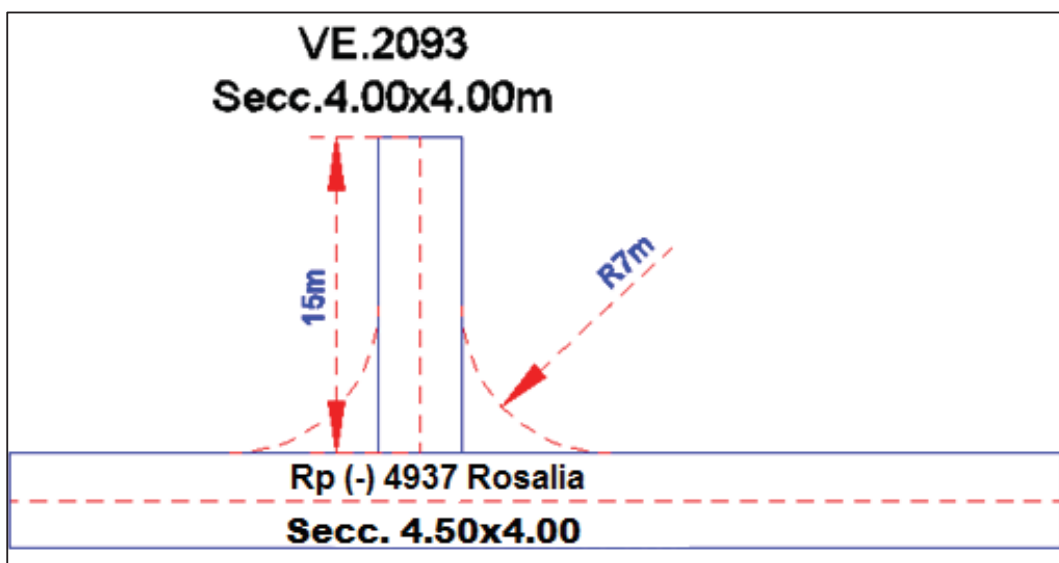


Figura 29. Diseño ventana de acumulación y carguío. Fuente Minera Arcata

5.1.4. Diseño de Sumideros y Estaciones de Bombeo.

En toda actividad minera en un 90% al construir una rampa de profundización se encuentra con presencia de agua, es muchas veces el problema de muchas empresas al no poder drenar hacia la superficie.

Para todo diseño de una rampa se tiene que considerar la presencia de agua y tomar en consideración la adquisición de bombas y el diseño de estaciones de bombeo y sumideros.

En U.O. Arcata cuenta con estación de bombeo y la ubicación de sumideros es cada 100 metros, para dar mayor rendimiento a los equipos de bombeo, con gradiente negativa de 15%, esto debe estar ubicado en el lado donde se encuentra la cuneta.

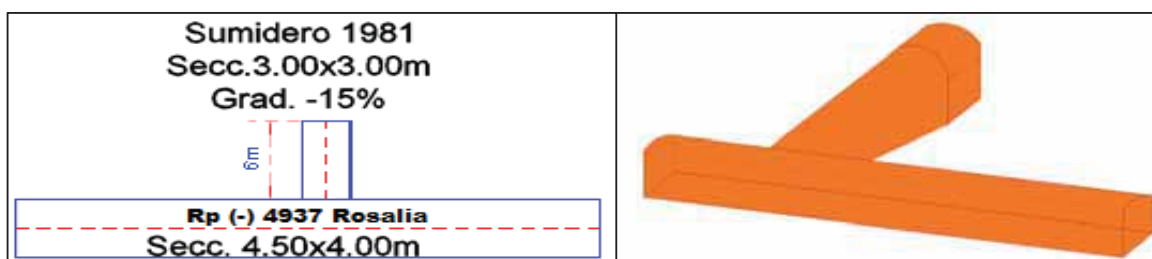


Figura 30. Diseño de sumideros y estación de bombeo. Fuente Minera Arcata

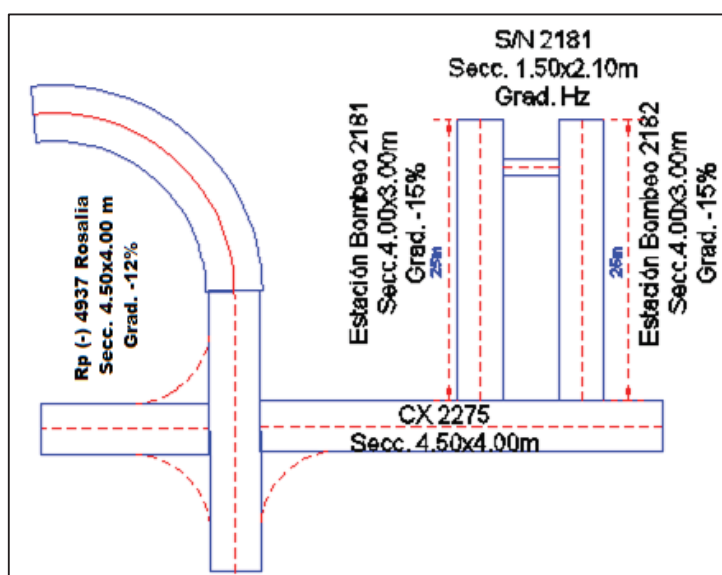


Figura 31. Estación de bombeo. Fuente Minera Arcata

En la Rampa Negativa Rosalía se está utilizando bombas Major como bomba de achique para bombear el agua producto de perforación del Jumbo, solo en ocasiones se utiliza la bomba Matador que es de mayor capacidad de bombeo cuando se tiene presencia de agua y acumulación en el frente de trabajo.

En la pozas auxiliares se utilizan las bombas Matador para su bombeo a las pozas estacionarias para luego ser bombeados a superficie mediante tuberías HDPE de 4 pulgadas de diámetro.

Los datos técnicos de equipo de bombeo se ven en la siguiente Figura 32 y 33

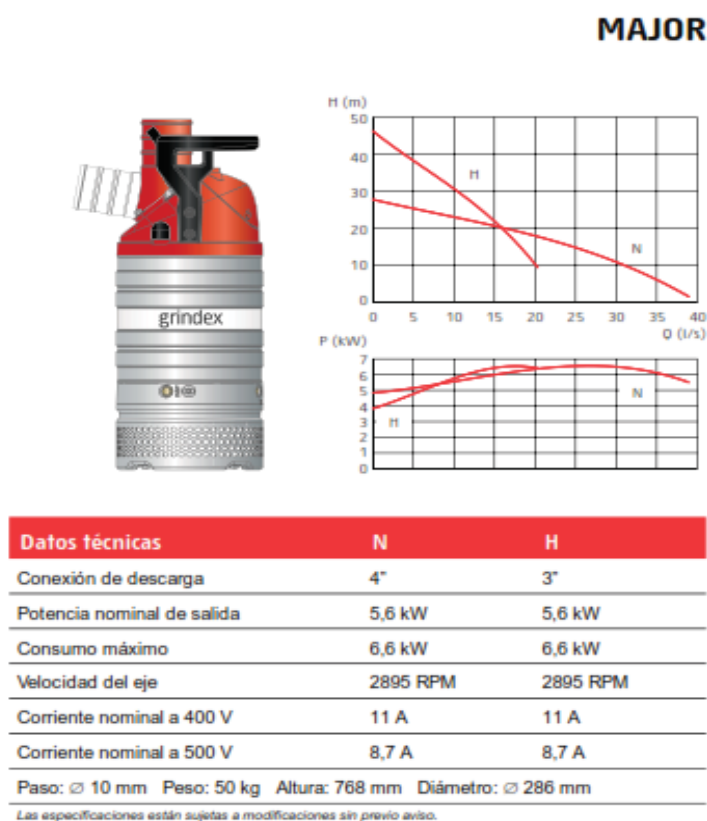
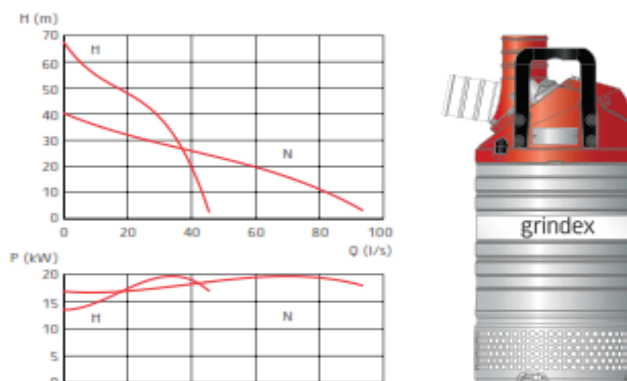


Figura 32 Datos técnicos bomba MAJOR

MATADOR



Datos técnicas	N	H
Conexión de descarga	6"	4"
Potencia nominal de salida	18 kW	18 kW
Consumo máximo	20 kW	20 kW
Velocidad del eje	2905 RPM	2905 RPM
Corriente nominal a 400 V	33 A	33 A
Corriente nominal a 500 V	26 A	26 A
Paso: \varnothing 12 mm Peso: 133 kg Altura: 954 mm Diámetro: \varnothing 395 mm		

Las especificaciones están sujetas a modificaciones sin previo aviso.

Figura 33 Datos técnicos bomba MATADOR

5.1.5. Selección de Equipos LHD (Load-Haul-Dump)

De la evolución de los equipos de carguío para interior mina aparecen los LHD (Load-Haul-Dump), que basados en el concepto de Cargar - Transportar y Descargar surge como la solución más efectiva para compatibilizar la terna Rendimiento - Capacidad - Maniobrabilidad limitada principalmente a la necesidad de minimizar el desarrollo de infraestructura y por ende el costo que implica construir accesos a labores subterráneas.

5.1.6. Características Principales de Equipo LHD

En general los equipos LHD (Load-Haul-Dump) disponibles por muchos fabricantes parten del mismo mecanismo y las características básicas son:

- Los equipos LHD (Load-Haul-Dump) son montados sobre llantas de caucho y con tracción en las cuatro ruedas.
- Son más angostas y de bajo perfil cubierto.
- Articulación central, tiene como una especie de bisagra que le permite una buena maniobra hacia los lados.
- Operación bidimensional, con la misma rapidez hacia adelante y viceversa, llevando carga o sin carga dando una u otra dirección con la misma eficiencia.
- Tiene un asiento en el costado, proporcionando al operador igual visibilidad y comodidad para ambas direcciones.
- El diseño de los equipos LHD (Load-Haul-Dump) subterráneos tienen una construcción rígida, fuerte en comparación a los equipos de superficie.
- En la posición de transporte, la cuchara cargada es soportada por la misma armadura del vehículo, no en los cilindros hidráulicos.

5.1.7. Criterios de Selección de Equipo LHD (Diesel –Electrico)

Observamos que en los últimos años una mayor adquisición de equipos eléctricos en las operaciones subterráneas. Este hecho se debe sin duda a las ventajas que ofrecen estos equipos en cuanto respecta a los equipos diésel.

5.1.8. Ventajas de los Equipos LHD Eléctricos

- No existe contaminación ambiental y no requiere de ventilación adicional.
- Menor nivel de ruido
- Menor consumo de llantas
- Mejor disponibilidad mecánica
- Menor costo operativo
- Menor consumo de energía

- Mayor productividad

5.1.9. Desventajas de los Equipos LHD Eléctricos

- Cautividad
- Mayor costo de inversión de la orden de 15 a 20% más caro que los diésel.

Los criterios de seleccionar uno u otro tipo de equipo, proviene del tipo de operación a que se le destina al equipó lo cual resume en lo siguiente:

- ❖ *Los equipos eléctricos* son esencialmente utilizados en trabajos de excavación, carguío, transporte de trámite rutinario y de esquemas de desplazamiento definido, lo cual permite aprovechar su productividad.
- ❖ *Los equipos diésel* son esencialmente utilizados en trabajos de desarrollo, exploración y explotación donde se requiere alta flexibilidad de los equipos y un continuo desplazamiento de los mismos a otras áreas de trabajo.

5.1.10. Localización del Proyecto

La altitud sobre el nivel del mar y temperaturas sobre los 20°C (58°F) afectan la performance del motor diésel, cuando la altitud y temperatura se incrementa.

Muchos fabricantes dan factores de calibración para diferentes alturas, estos factores son por perdida de potencia del motor.

Los siguientes son guías para seleccionar vehículos LHD para los trabajos en alturas elevadas sobre el nivel del mar.

- Hasta los 300 metros sobre el nivel del mar la calibración de la bomba de combustible es el mismo para el nivel del mar.
- Desde los 300 a 1500 metros sobre el nivel del mar, la bomba de combustible debe ser recalibrado, acondicionado o cambiado.
- Desde 1500 a 3000 metros sobre el nivel del mar, la bomba de combustible se debe acondicionar con compensador de altura o sistema de admisión de aire forzado que reduce la perdida en un promedio de 25%.
- A mayor de los 3000 metros sobre el nivel del mar, el criterio es seleccionar motores que debe de ser instalado, debe basarse en la potencia efectiva del

diseño del equipo para que opere a nivel del mar. Por ejemplo tenemos un equipo de 3.5 yardas de capacidad requiere una potencia de 139HP al nivel de mar, este equipo para conservar su capacidad de carga-transporte-descarga a 4500 metros sobre el nivel del mar requiere de un motor de 185 HP de potencia. Con compensador de altura se otorgara a ese nivel una pérdida de potencia alrededor de 25% o sea la potencia efectiva será 185×0.75 que es igual a 133.75 HP. Este criterio está basado exclusivamente sobre el rendimiento del motor.

Existen sin embargo criterios en plan o desarrollo e investigación que ayudara a seleccionar el equipo apropiado para la operación.

Un motor con admisión forzada de aire requiere de mayor cantidad de aire libre y por lo tanto las necesidades de ventilación serán mayores.

5.1.11. Estimación de la Producción

La estimación correcta de la productividad de los equipos LHD, dependen mucho de la aplicación y conocimiento de una serie de factores y variables que afecta tanto a la productividad del equipo como el costo del material movido.

Las condiciones de trabajo se pueden clasificar como:

- Excelente
- Regular
- Malo

Para estas condiciones de trabajo se debe tratar que se cumplan lo siguiente:

- a) **Iluminación.**-para que las condiciones de trabajo sea excelente, los equipos LHD deben de tener una buena iluminación, buen mantenimiento de la vías, el techo y las hastiales de la labores en buenas condiciones.

Para las condiciones de trabajo Regular, esto ocurre cuando el equipo tiene iluminación baja, por lo tanto disminuye su eficiencia puesto que el operador tiene dificultad en la visibilidad en la maniobra.

- b) **Área de carguío.-** para que las condiciones de trabajo sea excelente el material a cargar debe tener buena fragmentación, y en todo caso se deben realizar voladura secundaria, en esta área la iluminación debe ser buena, tener buena ventilación para esta condición debe hacerse constante mantenimiento de las labores y vías de transporte para que la vida de las llantas sea mayor, etc.
- c) **Vía de transporte.-** las vías de transporte es factor principal que afecta a la productividad del equipo, por lo tanto necesita un mantenimiento constante.
- d) **Área de descarga.-** para que las condiciones de trabajo sea excelente el área de descarga deben tener suficiente ancho, para la maniobra, para no chocarse hacia los hastiales, además debe tener las bermas anchas.

5.1.12. Estimación de la Productividad Aplicando las Condiciones de Trabajo

Las variables contenidas en las condiciones de trabajo debe ser aplicados para la estimación de la producción, con la siguiente formula.

$$R = \frac{(Th * L)}{(T + Tv)}$$

Dónde:

R = Radio de producción (Tn/Hr)

Th = Tiempo efectivo en una hora de trabajo (min/Hr)

L = Capacidad de cuchara por cada ciclo (Tn)

T = Tiempo fijo carga, descarga y maniobra (min)

Tv = Tiempo total variable para el transporte entre el punto de carga y descarga (min)

5.1.13. Equipos de Acarreo

Se le conoce como equipos de acarreo a las unidades que hacen el servicio de transporte o extracción de mineral y/o desmonte desde las cámaras de carguío hacia la planta y/o a las canchas de stock de mineral.

En U.O. Arcata – se cuenta con el servicio de las Subcontratas empresas que pertenecen a las personas afectadas de la zona.

Para el presente trabajo se toma para los cálculos los volquetes de 25TM de capacidad de tolva, ya que es el equipo más grande que cuenta.

En el Perú se adaptan de acuerdo al reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería con 0.50 metros en altura, de 0.70 metros hacia los hastiales, los datos técnicos del equipo se menciona en los siguientes gráficos.

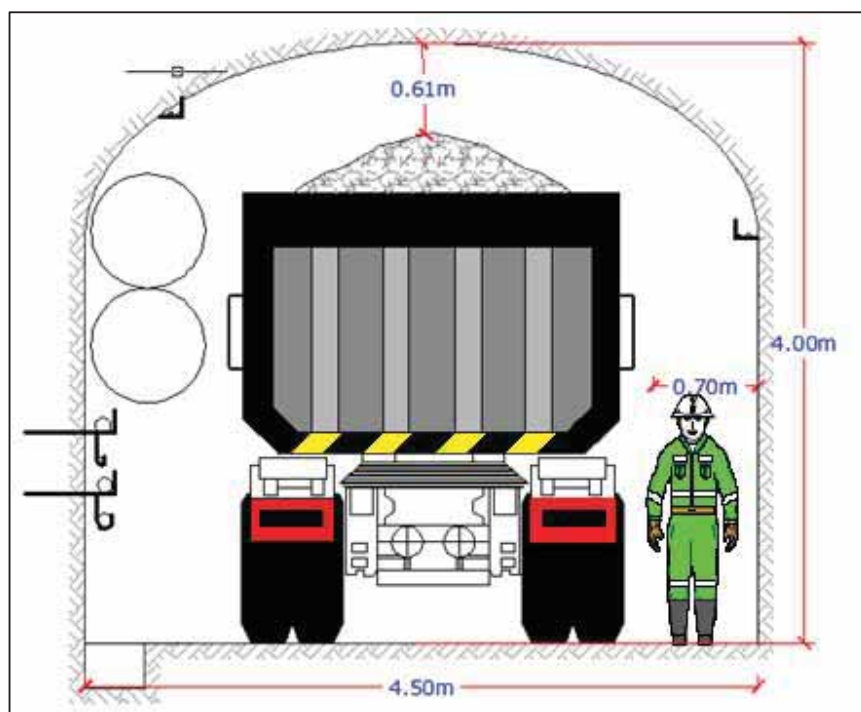


Figura 34. Equipos de Acarreo. Fuente Manual de Operaciones Volvo

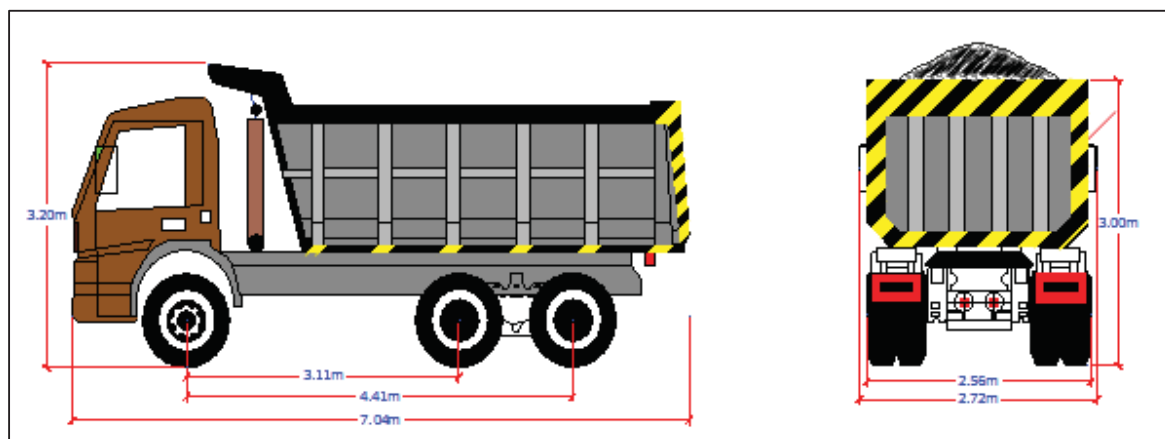


Figura 35. Manual de Operaciones Volvo

5.1.14. Equipos de Perforación

Para la perforación se utiliza el Jumbo Hidráulico de 01 brazo, de marca Sandvik de modelo DD 321 cuyo modelo se visualiza en figura 35.



Figura 36. Jumbo SandvikTamrock de un brazo. Fuente: fotografía propia mina Arcata

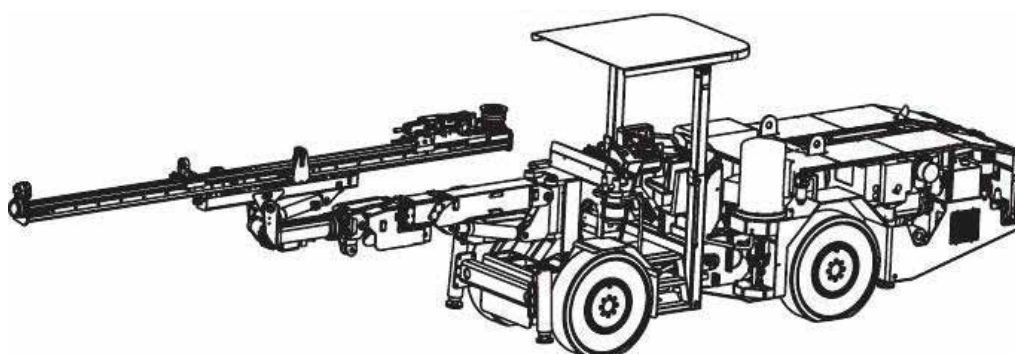
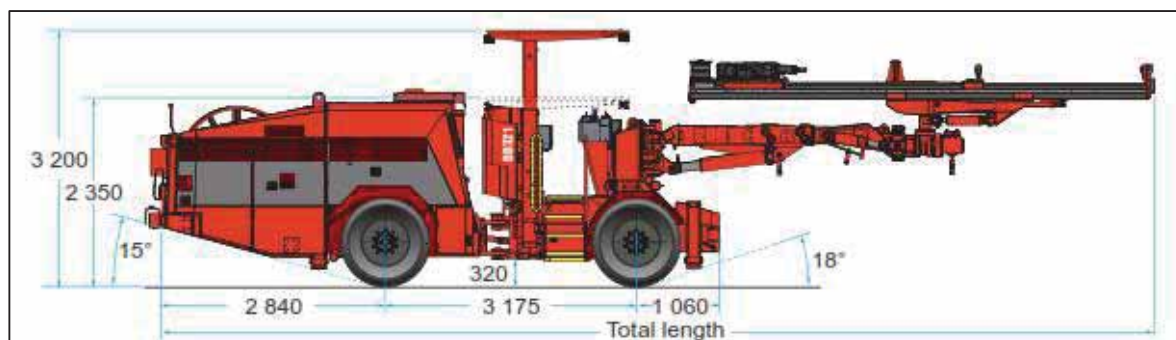


Figura 37 Manual de Operación de Jumbo SandvikTamrock S.A.

Los accesorios de perforación que se utiliza para la perforación son:

- ❖ Barra de perforación de 12 pies.
- ❖ Broca de producción de 45 mm de diámetro
- ❖ Broca de rimado tipo escariador de 102 mm de diámetro.

PARTE #	SECCIÓN PLANA PARA INTRODUCCIÓN DE LLAVE	LARGO		SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA BARRA	HILO	PESO	
		MM	PIES/PULG			KG	LB
210115	Si	3660	12'	33R	R32	20.7	45.5



Figura 38 Catálogo de productos Atlas Copco



Figura 39 Catálogo de productos Atlas Copco



Figura40 Catálogo de productos Atlas Copco - Adaptador escariador piloto: Sistema de dos piezas

5.1.15. Equipos de Limpieza

Se le conoce como equipos de limpieza a los Scooptram de diferentes capacidades, el que se utiliza para la ejecución de esta Rampa es el Scooptram ST1030 de 6 yd³ de capacidad de cuchara, cuyo código es el HSC 048, los datos técnicos del equipo se mencionan en el siguiente gráfico.

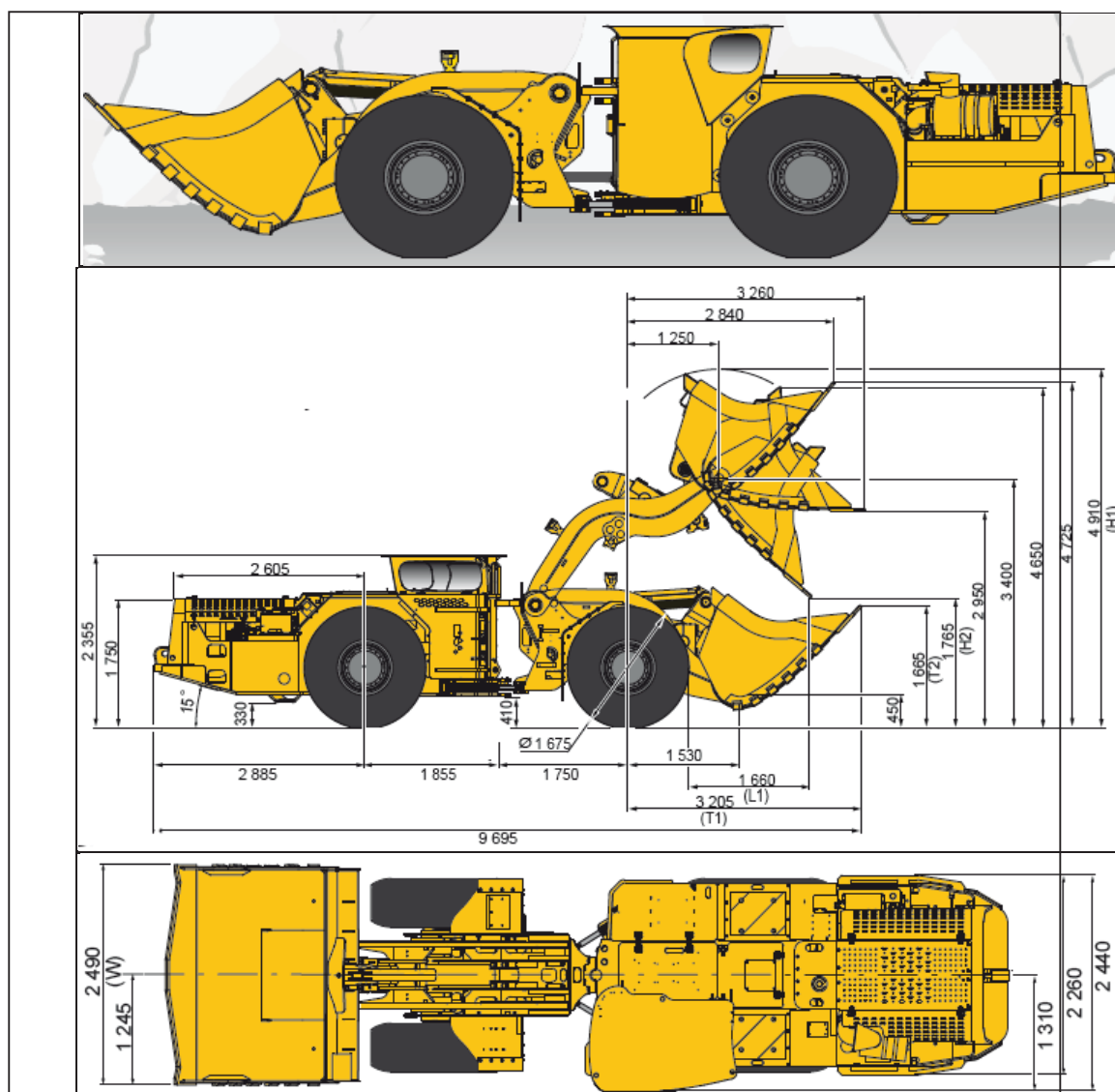


Figura 41 Manual de Operación Atlas Copco de Scooptram ST 1030

5.1.16. Ventilación

Las reglamentaciones concernientes a la ventilación están sujetas a condiciones variables en el grado de regulación, interpretación, cumplimiento, muestreo de métodos y procedimientos de preguntas.

En el Perú las regulaciones están regidas por el Decreto Supremo N° 024-2016-EM, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería modificado por el D.S. 023-2017-EM, en el capítulo de ventilación regula lo siguiente, el titular de actividad minera debe velar por el suministro de aire limpio a las labores de trabajo de acuerdo a las necesidades del trabajador, de los equipos y para evacuar los gases, humos y polvo suspendido que pudieran afectar la salud del trabajador, así como para mantener condiciones termo-ambientales confortables.

En todas las labores subterráneas se debe mantener una circulación de aire limpio y fresco en cantidad y calidad suficientes de acuerdo con el número de trabajadores, con el total de HPs de los equipos con motores de combustión interna, así como para la dilución de los gases que permitan contar en el ambiente de trabajo con un mínimo de diecinueve punto cinco por ciento (19.5 %) de oxígeno.

De acuerdo al Decreto Supremo N° 024-2016-EM, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería modificado por el D.S. 023-2017-EM, en el **subcapítulo VIII del artículo 247** indica que en los lugares de trabajo de las minas ubicadas hasta mil quinientos (1,500) metros sobre el nivel del mar, la cantidad mínima de aire necesario por hombre será de tres metros cúbicos por

minuto ($3 \text{ m}^3/\text{min}$). En otras altitudes la cantidad de aire será de acuerdo a la siguiente escala:

1. De 1,500 a 3,000 msnm aumentará en 40% que será igual a $4 \text{ m}^3/\text{min}$
2. De 3,000 a 4,000 msnm aumentará en 70% que será igual a $5 \text{ m}^3/\text{min}$
3. Sobre los 4,000 msnm aumentará en 100% que será igual a $6 \text{ m}^3/\text{min}$

En caso de emplearse los equipos diésel la cantidad de aire circulante no será menor a 3 m^3 por minuto por cada HP que desarrolla el equipo.

En ningún caso la velocidad del aire será menor de veinte metros por minuto ($20 \text{ m}/\text{min}$) ni superior a doscientos cincuenta metros por minuto ($250 \text{ m}/\text{min}$) en las labores de explotación, incluido el desarrollo y preparación. Cuando se emplee explosivo ANFO u otros agentes de voladura, la velocidad del aire no será menor de veinticinco metros por minuto ($25 \text{ m}/\text{min}$).

Funciones de la ventilación

- Proveer oxígeno para la respiración del personal.
- Diluye y remueve el polvo.
- Diluye y remueve los gases nocivos.
- Reduce las temperaturas.

Ventiladores

Un ventilador es una máquina rotativa que pone el aire, o un gas, en movimiento. Podemos definirlo como una turbo máquina que transmite energía para generar la presión necesaria con la que mantener un flujo continuo de aire.

En Minera Arcata se utiliza los ventiladores de tipo Axial con silenciadores para disminuir el nivel de ruido, en este tipo de ventilador, el aire ingresa a lo largo del

eje del rotor y luego de pasar a través de las aletas del impulsor o hélice es descargado en dirección axial, por ser más versátiles, ofrece el más alto flujo de aire y Velocidades más altas.



Figura 42 ventiladores de 30 000 CFM Minera Arcata. Fuente: fotografía propia mina Arcata

Componentes de Instalación

Durante la ejecución de la rampa la instalación está compuesto por las mangas de ventilación de tipo flexible lisa de 30 pulgadas de diámetro y los empalmes o uniones se hace con tipo velcro y cuando se instala un ventilador de tipo aspirante se utiliza mangas de ventilación de tipo flexible reforzada con anillos de acero.

Tipo de Ventilación

Para la ventilación de la Rampa inicialmente es de tipo impelente, donde ingresa el flujo de aire desde la superficie naturalmente hasta los 100 metros, ahí se hace un desquinche para la base y se instala un Ventilador de 30000 CFM , por tener deficiencias con labores de explotación y desarrollos se ejecuta un crucero y una chimenea de ventilación hasta la superficie donde se instala en la base un ventilador auxiliar de tipo impelente de 40000 CFM, posteriormente se instala un ventilador principal de 100000 CFM el cual es enseriado con otro ventilador de

30000 CFM, en el nivel 4615 se ejecuta un crucero y desde ahí se desarrolla una chimenea simple de ventilación donde se instala un ventilador de tipo aspirante de 30000 CFM para este último se utiliza mangas de tipo flexible reforzada.



Figura 43 ventiladores de 100 000 CFM Minera Arcata.
Fuente: fotografía propia mina Arcata

5.1.17. Cálculo y Diseño de Malla de Perforación y Distribución de Carga Explosiva.

Caracterización Geomecánica de la Rampa Negativa Rosalía

a) Aspectos litológicos:

La Rampa Negativa Rosalía, se está desarrollando básicamente en rocas volcánicas, constituidos mayormente por derrames andesíticos intercalados con aglomerados, brechas de la misma composición y lentes pseudo estratificados de ignimbritas y tufos moderadamente compactados.

b) Aspectos estructurales:

El sistema de fallamiento está constituido principalmente por una secuencia paralela o subparalelo a la veta por lo que la ejecución de las rampas se realizan siguiendo el mismo rumbo de la veta, es así como se puede apreciar

que el sistema de fracturas principal es paralela o subparalela al rumbo de la excavación de la Rampa, y en tramos donde se ejecuta la curvatura de la rampa se convierte en transversal por lo que una vez terminada excavación en curva, los sistemas de fallamiento nuevamente se tornan paralelas o subparalelas.

c) Diaclasas:

El diaclasamiento en la ejecución de la rampa (-) 4937 Rosalía se aprecia con un fracturamiento no muy intenso, el espaciamiento de las fracturas está entre 20 y 60cm., y la persistencia de las mismas entre 3 a 10 metros, las que a su vez presentan una apertura en promedio de 1mm. Con respecto a la rugosidad las caras de las fracturas varían de ligeramente rugosas a rugosas y existe presencia de agua en forma de humedad que en casos puntuales llega a forma de goteo del flujo discontinuo. Según los sondajes se aprecia que estas características continúan en profundidad.

Clasificación de roca:

Para determinar la calidad del macizo rocoso, se establecieron los sistemas de clasificación geomecánicas RMR (Rock Mass Rating) de Bieniawski (1989), y el sistema G.S.I. (Geological Strength Index).

Como resultado del cálculo del macizo rocoso del departamento de Geomecánica, la valoración de RMR es 54 el cual pertenece a tipo de roca regular IIIA de acuerdo a la figura N° 46.

Cabe mencionar que este resultado es de una parte del proyecto, teniendo valoraciones distintas para cada tramo desde 35 a 55 de RMR.

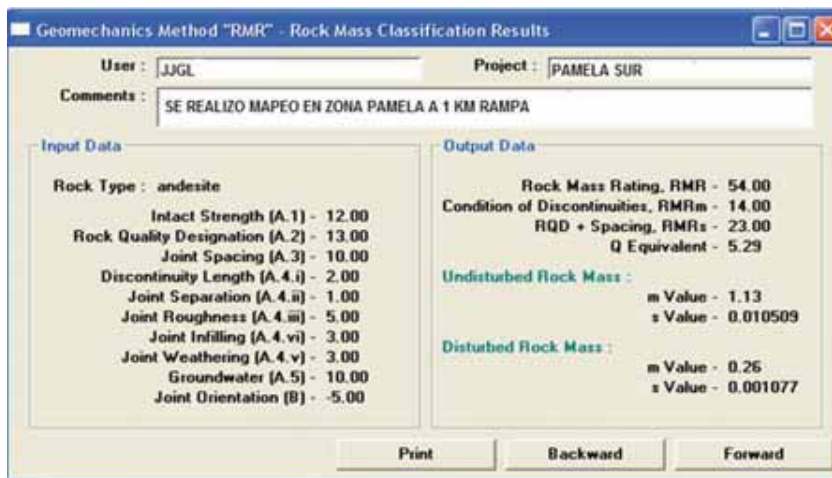


Figura 44 Informe de Geomecánica Minera Arcata. Fuente: Departamento de Geomecánica minera Arcata

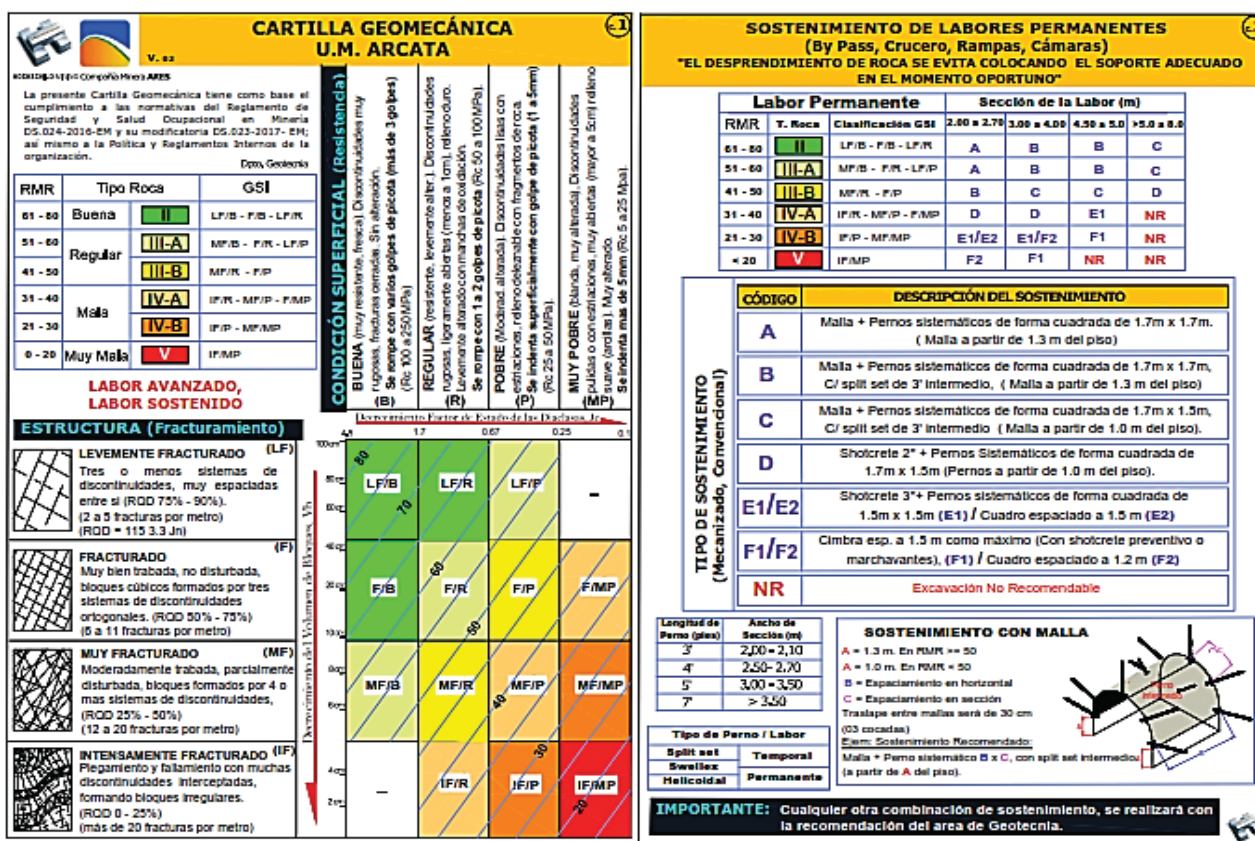


Figura 45 Cartilla Geomecánica Minera Arcata Fuente: Departamento de Geomecánica Minera

5.1.18. Voladura

Es la segunda operación unitaria después de la perforación, es el proceso de la fragmentación, rotura o rompimiento de la roca, mediante la acción del explosivo.

El principio de la voladura en labores subterráneas es Crear una abertura y/o hueco inicial llamado arranque, cuele o corte, el resto cae hacia dicha cavidad, teniendo en cuenta el orden de salida de los taladros.

En la Rampa Negativa Rosalía se hace 02 disparos por día, el carguío de explosivos se hace manualmente por parte de los colaboradores del frente. Para el diseño de la malla de perforación se tiene que seleccionar el explosivo a utilizarse de acuerdo a las características del macizo rocoso.

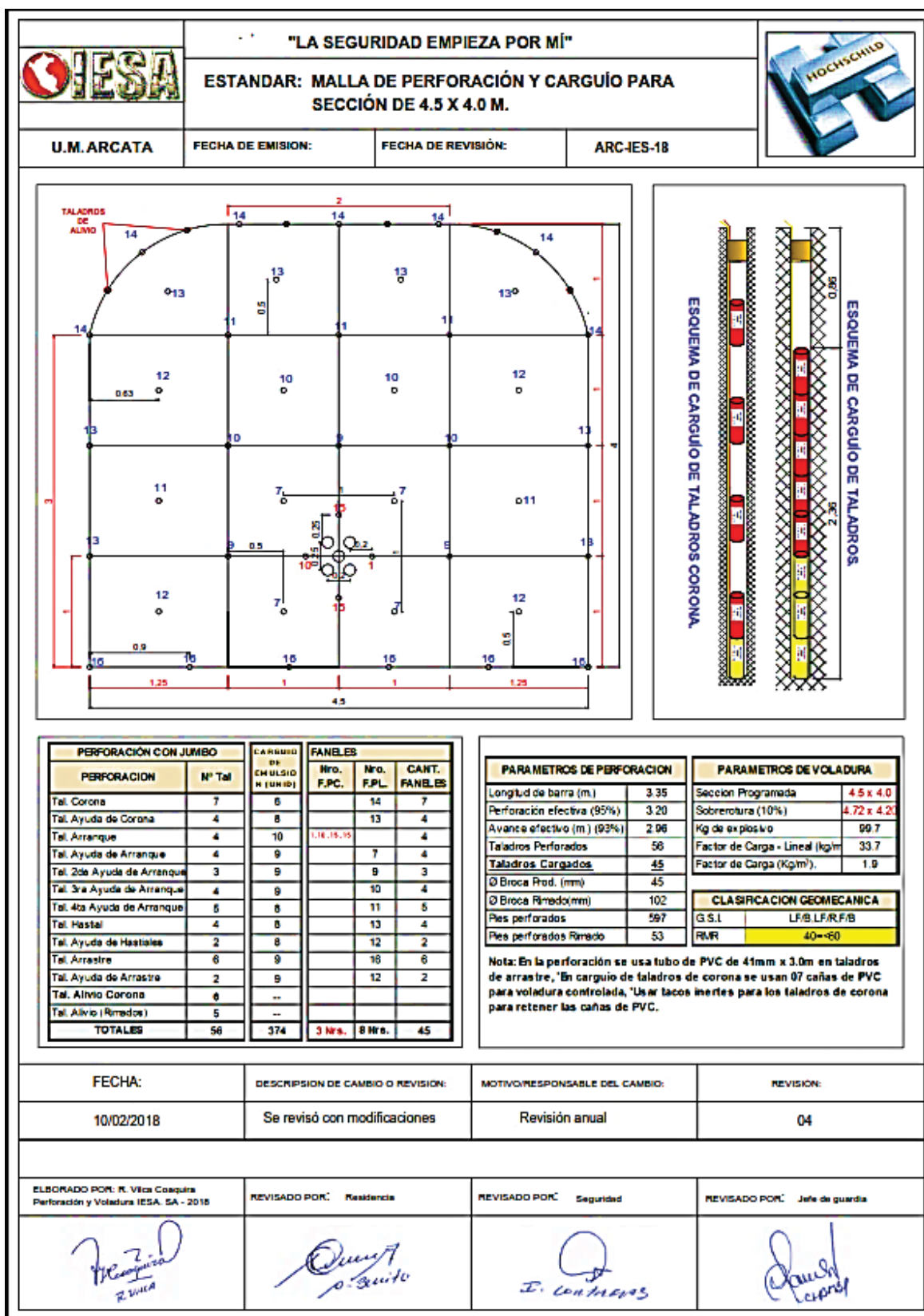


Figura 47 Malla de perforación Fuente (E.E. IESA)

5.1.19. Explosivos

Son productos químicos que encierran un enorme potencial de energía, que bajo la acción de un fulminante u otro estímulo externo reaccionan instantáneamente con gran violencia. Se fabrican con diferentes características de desempeño, dimensiones y resistencia al agua, según se requiera.

Los explosivos son una mezcla de sustancias normalmente sólidas y/o líquidas: Oxidante, combustible y el sensibilizador, que al ser iniciadas dan lugar a una reacción exotérmica altamente rápida generando una elevada energía de choque y productos gaseosos a alta temperatura que nos permite fragmentar la roca.

Un explosivo genera:

- Un fuerte efecto de impacto que tritura la roca.
- Un gran volumen de gases que se expanden con gran energía, desplazándolos fragmentos.

<u>Componentes de los Explosivos</u>			
EXPLOSIVO	OXIDANTE	COMBUSTIBLE	SENSIBILIZADOR
DINAMITAS	<u>Sólido</u> Nitrato de amonio y otras sales.	<u>Sólido</u> Materiales absorbentes; pulpa de madera, harina, celulosa	<u>Líquidos</u> Nitroglicerina, nitrocelulosa, glicol.
ANFOS Y OTROS CARBO-NITRATOS GRANULARES	<u>Sólido</u> Nitrato de amonio granular	<u>Líquido</u> Petróleo Diesel o aceites residuales, carbón.	<u>Aires</u> Pocos vacíos de aire en los prills de nitrato de amonio.
EMULSIONES	<u>Sólido</u> Nitratos de amonio y otras sales (soluciones salinas)	<u>Líquido</u> Aceites minerales, emulsiones, petróleo, parafina.	<u>Gasificación</u> Aire en microbalones (microesferas de vidrio) o agentes gasificantes (nitratos)

Figura 48 Manual de perforación y Voladura Exsa

5.1.20. Selección de explosivo y accesorios de voladura para la ejecución de la Rampa Negativa Rosalía.

De acuerdo a las propiedades de los explosivos en la Minera Arcata se selecciona como explosivo principal el Emulnor encartuchada 3000 y 5000 de 1 1/4 pulg de diámetro y 12 pulg. de longitud.

Específicamente para la rampa se utiliza el Emulnor 5000 para el encebado de las primas del frente, el Emulnor 3000 se utiliza para la carga de columna del arranque, ayudas, sobreayudas, cuadradores, alzas, ayuda de alzas y ayuda de corona.

La dinamita semexsa de 45% se utiliza especialmente para la preparación de la caña en la corona.

Los accesorios de voladura que se viene utilizando en la ejecución de la Rampa Negativa Rosalía son los faneles de periodo corto (1, 3, 5) de color rojo y faneles de periodo largo (2, 4, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14 y 16) de color amarillo para la preparación de las primas.

También se utiliza el cordón detonante para el amarre del frente y para el preparado de las cañas.

Para el chispeo se utiliza mecha rápida con carmex de 7 pies.

Emulsión encartuchada (Emulnor)

Son explosivos tipo agua en aceite, cuya fase dispersa está constituida por un soluble y su fase continua por aceites, ceras y parafinas especiales las que se mantienen por un emulsificante y sensibilizadas por microesferas de vidrio.

Estos explosivos de última generación están reemplazando a las dinamitas, por los resultados notables y ventajas que tiene.



Figura 49 Manual de explosivos y accesorios FAMESA (Emulnor)

Aplicaciones de los emulnores

El uso del Emulnor está orientado a trabajos de mina de explotación, desarrollos, canteras, tanto en taladros secos y con presencia de agua, y de acuerdo a la dureza de la roca se tiene lo siguiente.

- ❖ **Emulnor 500:** Para la voladura de rocas muy suaves.
- ❖ **Emulnor 1000:** Para voladura de rocas suaves a intermedias.
- ❖ **Emulnor 3000:** Para voladura de rocas intermedias a duras.
- ❖ **Emulnor 5000:** Para la voladura de rocas muy duras.

Ventajas de las emulsiones

- ❖ Son 100% resistentes al agua.

- ❖ Por su balance de oxígeno genera menos gases tóxicos residuales, permitiendo el reingreso de personal en menor tiempo.
- ❖ No provoca dolores de cabeza.
- ❖ Por su reología permite un fácil acomodo de su masa en las paredes del taladro.
- ❖ Se presenta en una diversidad de potencias y dimensiones.
- ❖ Son más seguras a los estímulos de golpe, choque, fricción, fuego e impacto de bala.

Desventajas de las emulsiones

- ❖ Menor tiempo de vida útil
- ❖ Menor capacidad de transmisión en condiciones adversas en el taladro
- ❖ Su sensibilidad al iniciador y su simpatía son susceptibles a fallas cuando ocurren sobrecompresión, efecto de detritos que aíslan los cartuchos.

Preparación y carguío

- ❖ Limpiar bien el taladro con cucharilla y/o soplete.
- ❖ La superficie de la punta del atacador debe ser lisa, convexa y de mayor diámetro.
- ❖ El cebado debe ser centrado no introducir el fulminante hasta la mitad del cartucho.
- ❖ Colocar los cartuchos uno detrás de otro hasta que se peguen o se unan entre ellas y atacar levemente cada dos o tres cartuchos y confinar todos los cartuchos al final, para que exista continuidad de carga.

- ❖ Para facilitar el acoplamiento entre cartuchos se puede hacer uno o dos orificios en el cartucho para que acople al cartucho que le sigue.
- ❖ Usar tacos de arcilla en todos los taladros para disminuir las vibraciones por golpe de aire.
- ❖ El cebo debe introducirse al fondo del taladro en dirección a la boca del taladro.
- ❖ No tarjar los cartuchos.
- ❖ Al momento de atacar el explosivo no es necesario reventar el plástico, solamente acoplar y atacar al final.
- ❖ paralelismo y distancia adecuada es importante para evitar el efecto de presión de muerte o congelamiento.

Los datos técnicos de los explosivos y accesorios utilizados para la ejecución de la Rampa (-) 4937 Rosalía se muestran a continuación.

Tabla 5
Características técnicas

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			EMULNOR 500	EMULNOR 1000	EMULNOR 3000	EMULNOR 5000
DENSIDAD RELATIVA (g/cm³)			0,90	1,13	1,14	1,16
VELOCIDAD DE DETONACIÓN (m/s)	DE CONFINADO *		4 400	5 800	5 700	5 500
	S/CONFINAR **		3 500	4 500	4 400	4 200
PRESIÓN DE DETONACIÓN (kbar)			44	95	93	88
ENERGÍA (kcal/kg)			628	785	920	1010
VOLUMEN NORMAL DE GASES (L/kg)			952	920	880	870
POTENCIA RELATIVA EN PESO *** (%)			63	85	100	105
POTENCIA RELATIVA EN VOLUMEN *** (%)			75	120	145	155
SENSIBILIDAD AL FULMINANTE			Nº 8	Nº 8	Nº 8	Nº 8
RESISTENCIA AL AGUA			Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
CATEGORÍA DE HUMOS			Primera	Primera	Primera	Primera

Datos: Manual de Explosivos y Accesorios Famesa

Cordón detonante

Cordón explosivo resistente y flexible; con núcleo blanco de Pentrita, que explota prácticamente en forma instantánea en toda su longitud (7 000 m/s), se usa principalmente para transmitir la detonación a todos los taladros de una voladura e iniciarlos. Se inicia con una onda de choque del fulminante cuando detona.



Figura 50 Manual de explosivos y accesorios Famesa

- Recubierto con fibras sintéticas y forrado con material plástico.
- Una de las propiedades es su alta velocidad de detonación (7,000m/s).
- Generalmente se utiliza para iniciar el fanel, booster, dinamitas, emulsiones.
- Se les denomina por la cantidad de gramos de pentrita por metro de longitud (3P, 3PE, 5P, 5PE, 8Py 10P)

Tabla 6
Características técnicas del pentacord o cordón detonante (Famesa)

		3P	3PE	5P	5PE	8P	8PE	10P	10PE
PESO DE CARGA	(g/m)	4	4	5	6	8	8	10	10
	(granos / pie)	19	19	24	28	38	38	47	47
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	(kg)	60	70	60	70	60	70	60	70
	(kb)	132	154	132	154	132	154	132	154
VELOCIDAD DE DETONACIÓN	(m/s)	6800	6800	7000	7000	7000	7000	7000	7000
	(pie/s)	22 309	22 309	22 965	22 965	22 965	22 965	22 965	22 965

Fanel

Es un sistema eficaz de iniciación para uso en minería subterránea, superficial y obras civiles, que ofrece los beneficios de sincronización sin riesgo, eliminado toda posibilidad de conexiones erróneas.



Figura 51 Manual de Explosivos y Accesorios Famesa

Tabla 7
Fanel características técnicas - Famesa

Características técnicas			
DEL FULMINANTE DE RETARDO	FANEL®	DE LA MANGUERA FANEL	FANEL®
Diámetro (mm)	7,3	Material	Termoplástico flexible y de gran resistencia mecánica
Longitud (mm)	60 / 68 / 88 / 92	Diámetro (mm)	3,3 ± 0,2
Prueba de esopo,	Min. 11	Longitudes (m)	Variable
Diámetro de perforación (mm)		Color periodo corto	Rojo ó Naranja
Volumen trauzl (cm³)	Min. 34	Color periodo largo	Amarillo
Resistencia al impacto 2kg / 1m	No detona	Velocidad de onda (m/s)	2 000 ± 200
DEL LA ETIQUETA	FANEL®	DEL CONECTADOR PLÁSTICO TIPO "J"	FANEL®
Material	Plástico	Material	Plástico
Color de letra	Negro	Color periodo corto	Rojo
Color de fondo	En función del tiempo de retardo	Color periodo largo	Azul

Datos Manual de Explosivos y Accesorios Famesa

Escala de tiempos nominales de retardo: Serie Nacional			
PERIODO CORTO		PERIODO LARGO	
Nº de serie	Tiempo de retardo (milisegundos)	Nº de serie	Tiempo de retardo (segundos)
0	0	1	0,5
1	25	2	1,0
2	50	3	1,5
3	75	4	2,0
4	100	5	2,5
5	125	6	3,0
6	150	7	3,5
7	175	8	4,0
8	200	9	4,5
9	225	10	5,0
10	250	11	5,6
11	300	12	6,2
12	350	13	6,8
13	400	14	7,4
14	450	15	8,0
15	500	16	8,6
16	600		
17	700		
18	800		
19	900		
20	1 000		

Figura 52 Manual de Explosivos y Accesorios Famesa

Aplicaciones del sistema

❖ **Iniciadores con retardos tipo periodo largo " LP "**

Se utilizan generalmente donde hay una sola cara libre como: Galerías, cruceros, ventanas, chimeneas, subniveles etc.

❖ **Iniciadores con retardos tipo milisegundos "MS"**

Se aplican en la iniciación de taladros donde existan 2 o más caras libres bien definidas como: tajeos de explotación en breasting etc.

Carmex

El **CARMEX** ha sido concebido y desarrollado como un seguro y eficiente sistema de iniciación para efectuar voladuras convencionales.

Tabla 8

Características técnicas Mecha de seguridad

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA MECHA DE SEGURIDAD

CARMEX	
COLOR DE RECUBRIMIENTO PLÁSTICO	Verde
NÚCLEO DE PÓLVORA (g/m)	6
TIEMPO DE COMBUSTIÓN a.n.m. (s/m)	150 a 165
LONGITUD DE LA CHISPA a.n.m. (mm)	50
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	5,2
RESISTENCIA A LA TENSIÓN DURANTE 3 MINUTOS (kg)	30

Datos Manual de Explosivos y Accesorios Famesa



Figura 53 Manual de Explosivos y Accesorios Famesa- Carmex

Mecha Rapida

Es un componente del sistema tradicional de iniciación de voladuras, compuesto por una masa pirotécnica, dos alambres y una cobertura exterior de material plástico. La **MECHA RÁPIDA** produce una llama incandescente durante su combustión con la suficiente temperatura para activar la masa pirotécnica del **CONECTOR PARA MECHA RÁPIDA**, el que a su vez asegura el eficiente encendido de la **MECHA DE SEGURIDAD**.

Tabla 9
Características técnicas Mecha Rápida

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

	MECHA RÁPIDA Z - 18	MECHA RÁPIDA Z - 19
COLOR DE LA MECHA RÁPIDA	Rojo	Verde
MATERIAL DE LA COBERTURA EXTERIOR	Plástico	Plástico
PESO DEL MATERIAL PIROTÉCNICO (g/m)	3,4	3,4
TIEMPO DE COMBUSTIÓN a.n.m (s/m)	35	26
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	1,8	1,8
PESO TOTAL (g/m)	6,5	6,5

Datos Manual de Explosivos y Accesorios Famesa
 Fuente: Manual de perforación y voladura Famesa



Figura 54 Manual de Explosivos y Accesorios Famesa- Mecha Rápida
 Fuente: manual de perforación y voladura Famesa

5.1.21. Diseño de Malla de Perforación Rampa Negativa Rosalia

La finalidad de este trabajo es diseñar una malla óptima de perforación en la ejecución de labores de profundización en función al tipo de roca, con el objetivo de obtener un tamaño adecuado de roca fragmentada para su posterior facilidad de transporte.

Los factores principales que se ha tomado como base, para el diseño de la malla de perforación en la Rampa Negativa Rosalía, es de acuerdo al estudio de la calidad del macizo rocoso a perforar en este caso se tomó el modelo de Bieniawski para su valoración, teniendo una roca muy variante en todo el tramo desde tipo III hasta IV con RMR DE 35 – 55, selección de explosivos y accesorios a utilizar para el proyecto.

Malla de Perforación (Trazo)

Es el conjunto de taladros, incluidos los taladros de arranque, que se perforan en un frente y que tienen una ubicación (distribución), dirección, inclinación, diámetros y profundidades determinados. Lo cual presenta numerosas alternativas de acuerdo al tipo de roca, al equipo de perforación, al tamaño de la sección a disparar y capacidad y habilidades de los operadores.

Objetivos del trazo

- Distribuir los taladros necesarios
- Reducir costos de Perforación y Voladura
- Mantener la sección de la labor
- Determinar el orden de salida de los taladros
- Obtener un buen avance y fragmentación

- Evitar las sobre roturas.
- Estandarizar costos de perforación

Calculo de número de taladros de acuerdo al modelo de los parámetros de la roca.

DATOS DE LABOR

LABOR : Rampa Negativa Rosalía

Ancho : 4.50 m

Altura : 4.00 m

Gradiente : -12.50%

RMR : 40 - 60

Tipo de Roca : Andesita Fracturada

$$N_{tal} = \frac{4 * \sqrt{S}}{d} + c * S$$

Dónde:

d→ distancia entre taladros

c→ factor de roca

Tipo de Roca	D	C
Dura	0.50 – 0.55	2
Media	0.60 – 0.65	1.5
Suave	0.70 – 0.75	1

55 Figura Manual de perforación y voladura Exsa
Fuente: manual de EXSA

Calculo de Número de taladros para el Frente de 4.50mx4.0m para Tipo de Roca Regular.

$$N_{tal} = \frac{4 * \sqrt{S}}{d} + c * S$$

$$N_{tal} = \frac{4 * \sqrt{(4.5 * 4.0) * 0.97}}{0.578} + 1.5 * (4.5 * 4.0)$$

$$N_{tal} = 28.91 + 27 = 55.91 tal \approx 56 tal.$$

$$N_{tal} = 56 taladros$$

Este método nos da información aproximada de numero de taladros no así de la distribución de carga, por tal razón se elige para el cálculo de números de taladros y distribución de carga explosiva según a la distribución de los taladros.

PERFORACIÓN CON JUMBO		CARGUIO DE EMULSION (UNID)	FANELES		
PERFORACION	Nº Tal		Nro. F.PC.	Nro. F.PL.	CANT. FANELES
Tal. Corona	7	6		14	7
Tal. Ayuda de Corona	4	8		13	4
Tal. Arranque	4	10	1,10,15,15		4
Tal. Ayuda de Arranque	4	9		7	4
Tal. 2da Ayuda de Arranque	3	9		9	3
Tal. 3ra Ayuda de Arranque	4	9		10	4
Tal. 4ta Ayuda de Arranque	5	8		11	5
Tal. Hastial	4	8		13	4
Tal. Ayuda de Hastiales	2	8		12	2
Tal. Arrastre	6	9		16	6
Tal. Ayuda de Arrastre	2	9		12	2
Tal. Alivio Corona	6	--			
Tal. Alivio (Rimados)	5	--			
TOTALES	56	374	3 Nrs.	8 Nrs.	45

PARAMETROS DE PERFORACION		PARAMETROS DE VOLADURA	
Longitud de barra (m.)	3.35	Seccion Programada	4.5 x 4.0
Perforación efectiva (95%)	3.20	Sobrerotura (10%)	4.72 x 4.20
Avance efectivo (m.) (93%)	2.96	Kg de explosivo	99.7
Taladros Perforados	56	Factor de Carga - Lineal (kg/m)	33.7
Taladros Cargados	45	Factor de Carga (Kg/m³).	1.9
Ø Broca Prod. (mm)	45	CLASIFICACION GEOMECANICA	
Ø Broca Rimado(mm)	102	G.S.I	LF/B,LF/R,F/B
Pies perforados	597	RMR	40=-60
Pies perforados Rimado	53		

Nota: En la perforación se usa tubo de PVC de 41mm x 3.0m en taladros de arrastre, 'En carguio de taladros de corona se usan 07 cañas de PVC para voladura controlada, 'Usar tacos inertes para los taladros de corona para retener las cañas de PVC.

Figura 57 Distribución de carga explosiva según el factor de carga. Fuente:(Elaboración Empresa Especializada IESA Minera Arcata.

Presupuesto para una Rampa Negativa

Tabla 10

Lista de precios unitarios

EXPLORACIÓN, DESARROLLO Y PREPARACIÓN MINERA MINA ARCATA		Propuesta IESA				
MINA SUBTERRANEA – UNIDAD MINERA ARCATA						
LISTADO DE PRECIOS UNITARIOS DICIEMBRE 2018						
DESCRIPCION	UN	SOLES				
		PU COSTO DIRECTO	Utilidad Costo 8.50%	Gastos Generales 50.6800%	Costo Combustible	COSTO TOTAL S/.
1. TRABAJOS PRELIMINARES						
1.01 MOVILIZACION CAMPAMENTOS	GLB	-				-
1.02 DESMOVILIZACION EQUIPOS	GLB	82,200.00				82,200.00
DESMONTE DOS DISPAROS POR GUARDIA						
2.01 HORIZONTAL SEC. 5X4.5M, 02 DISPAROS GUARDIA JUMBO 02 BRAZOS	ML	1,012.11	86.03	512.94	96.12	1,707.20
2.02 HORIZONTAL SEC. 5X4.5M 02 DISPAROS GUARDIA JUMBO 01 BRAZO	ML	1,025.83	87.20	519.89	94.91	1,727.83
2.03 HORIZONTAL SEC. 4.5X4M 02 DISPAROS GUARDIA JUMBO DOS BRAZOS	ML	992.46	84.36	502.98	94.53	1,674.33
2.04 HORIZONTAL SEC. 4.5X4, 02 DISPAROS GUARDIA JUMBO UN BRAZO	ML	991.39	84.27	502.44	97.21	1,675.31
2.05 RPA SEC.4.5X4M 02 DISPAROS GUARDIA JUMBO DOS BRAZOS	ML	1,067.72	90.76	541.12	98.17	1,797.77
2.06 RPA SEC.4.5X4M 02 DISPAROS GUARDIA JUMBO UN BRAZO	ML	1,084.15	92.15	549.45	102.54	1,828.29
2.07 VENTANA 4.5X4M DOS DISPAROS GUARDIA	ML	1,139.86	96.89	577.68	115.05	1,929.48
2.08 HORIZONTAL SEC.4X4M 02 DISPAROS GUARDIA JUMBO DOS BRAZOS	ML	965.09	82.03	489.11	81.09	1,617.32
2.09 HORIZONTAL SEC.4X4M 02 DISPAROS GUARDIA JUMBO UN BRAZO	ML	965.94	82.10	489.54	82.55	1,620.13
2.10 VENTANA 4X4 DOS DISPAROS GUARDIA	ML	1,121.11	95.29	568.18	100.79	1,885.37
2.11 HORIZONTAL SEC. 3.5X3.5M 02 DISPAROS GUARDIA	ML	897.68	76.30	454.94	72.14	1,501.06
2.12 VENTANA 3.5X3.5M	ML	994.87	84.56	504.20	74.97	1,658.60
2.13 RANPA 3.5X3.5M DOS DISPAROS POR GUARDIA	ML	936.67	79.62	474.70	74.58	1,565.57
2.14 HORIZONTAL SEC. 3X3M 02 DISPAROS GUARDIA	ML	818.46	69.57	414.79	67.97	1,370.79
2.15 RPA SECCION 3X3M 02 DISPAROS GUARDIA	ML	868.31	73.81	440.06	65.89	1,448.07
2.16 VENTANA 3X3M	ML	936.86	79.63	474.80	75.97	1,567.26
2.17 HORIZONTAL 3X2.7 DOS DISPAROS GUARDIA	ML	812.84	69.09	411.94	63.31	1,357.18
2.18 RANPA 3X2.7 DOS DISPAROS GUARDIA	ML	827.22	70.31	419.23	63.31	1,380.07
2.19 HORIZONTAL 2.7X2.7M, 02 DISPAROS GUARDIA JUMBO	ML	872.14	74.13	442.00	75.57	1,463.84
2.20 RANPA (+) 2.7X2.7M 02 DISPAROS GUARDIA, JUMBO	ML	874.93	74.37	443.42	75.57	1,468.29
2.21 RANPA (-) 2.7X2.7M 02 DISPAROS GUARDIA JUMBO	ML	886.65	75.37	449.35	75.57	1,486.94
DESMONTE UN DISPARO POR GUARDIA						
2.22 HORIZONTAL SEC 5X4.5M 01 DISPARO GUARDIA JUMBO DOS BRAZOS	ML	1,259.55	107.06	638.34	111.77	2,116.72
2.23 HORIZONTAL SEC. 5X4.5M 01 DISPARO GUARDIA JUMBO UN BRAZO	ML	1,252.50	106.46	634.77	111.77	2,105.50
2.24 HORIZONTAL SEC 4.5X4M. 01 DISPARO GUARDIA JUMBO DOS BRAZOS	ML	1,223.33	103.98	619.99	101.29	2,048.59
2.25 HORIZONTAL SEC 4.5X4M 01 DISPARO GUARDIA JUMBO UN BRAZO	ML	1,187.33	100.92	601.74	101.29	1,991.28
2.26 RANPA SEC 4.5X4M 01 DISPARO POR GUARDIA, JUMBO 02 BRAZOS	ML	1,317.19	111.96	667.55	115.45	2,212.15
2.27 RANPA(-) SEC 4.5X4M 01 DISPARO POR GUARDIA, JUMBO 01 BRAZO	ML	1,310.28	111.37	664.05	101.12	2,186.82
2.28 HORIZONTAL SEC 4X4.0M 01 DISPARO GUARDIA JUMBO DOS BRAZOS	ML	1,210.56	102.90	613.51	89.46	2,016.43
2.29 HORIZONTAL SEC 4X4M 01 DISPARO GUARDIA JUMBO UN BRAZO	ML	1,186.93	100.89	601.54	90.29	1,979.65
2.30 HORIZONTAL 3.5X3.5M 01 DISPARO GUARDIA JUMBO	ML	1,146.87	97.48	581.23	88.8	1,914.38
2.31 RPA 3.5X3.5M 01 DISPARO GUARDIA JUMBO	ML	1,184.08	100.65	600.09	88.80	1,973.62
2.32 HORIZONTAL 3X3.5M 01 DISPARO GUARDIA JUMBO	ML	1,070.26	90.97	542.41	77.00	1,780.64
2.33 HORIZONTAL 3X3M 01 DISPARO POR GUARDIA	ML	1,063.98	90.44	539.22	77.13	1,770.77
2.34 RANPA 3X3M 01 DISPARO POR GUARDIA JUMBO	ML	1,099.77	93.48	557.37	78.8	1,829.42
2.35 HORIZONTAL 3X2.7 UN DISPAROS GUARDIA	ML	1,045.19	88.84	529.70	80.80	1,744.53
2.36 RANPA 3X2.7 UN DISPAROS GUARDIA	ML	1,073.95	91.29	544.28	80.80	1,790.32
2.37 HORIZONTAL 2.7X2.7M 01 DISPARO GUARDIA JUMBO	ML	1,173.27	99.73	594.61	104.66	1,972.27
2.38 RANPA (+) 2.7X2.7M 01 DISPARO GUARDIA	ML	1,197.72	101.81	607.01	113.4	2,019.94
2.39 RANPA (-) 2.7X2.7M 01 DISPARO GUARDIA	ML	1,224.89	104.12	620.77	113.4	2,063.18
2.40 HORIZONTAL SECC 3X3M JACKLEG	ML	1,108.09	94.19	561.58	83.30	1,847.16
2.41 HORIZONTAL SECC 2.7X2.7M JACKLEG	ML	1,038.22	88.25	526.17	116.20	1,768.84
2.42 HORIZONTAL SECCION 2.4X2.7M JACKLEG	ML	1,003.05	85.26	508.35	116.2	1,712.86
2.43 GALERIA SECCION 2.4X2.4M CON JACK LEG	ML	878.69	74.69	445.32	89.25	1,487.95
2.44 GALERIA SECCION 2.4X2.4M CON JACK LEG SIN SCOOP	ML	723.42	61.49	366.63	43.32	1,194.86
2.45 GALERIA SECCION 1.8X2.4M CON JACK LEG SIN SCOOP 0.75YD3	ML	717.22	60.96	363.49	46.41	1,188.08
2.46 CAMARA 2.2X2.4M JACKLEG	ML	716.24	60.88	362.99	69.64	1,209.75
2.47 CAMARA 2X2 JACKLEG	ML	712.76	60.58	361.23	69.64	1,204.21
2.48 CAMARA 1.5X2.1M JACKLEG	ML	573.46	48.74	290.63	34.65	947.48
2.49 SN SECCION 1.0X2.4M CON JACK LEG CON WINCHE	ML	647.09	55.00	327.95	24.99	1,055.03
3. EXCAVACION VERTICAL						
3.01 CHIMENEA 2.0X2.0 ALTURA MENOR 20M, SIN CAMINO	ML	814.56	69.24	412.82	36.35	1,332.97
3.02 CHIMENEA 1.5X1.5 ALTURA MENOR 20M, SIN CAMINO	ML	784.08	66.65	397.37	36.35	1,284.45
3.03 CHIMENEA 1.2X2.4 ALTURA MENOR A 20M, SIN CAMINO	ML	814.93	69.27	413.01	45.44	1,342.65

Datos precios unitarios Fuente: E.E. IESA

Tabla 11
Lista de precios unitarios

4.	SOSTENIMIENTO						
4.01	INST. PERNO CEMENTADO 19MMX2.4M JACK LEG	UND	38.06	3.24	19.29	2.17	62.76
4.02	INST. PERNO CEMENTADO 19MMX2.1M JACK LEG	UND	32.09	2.73	16.26	1.86	52.94
4.03	INSTALACION PERNO CEMENTADO DE 7 PIES JUMBO	UND	45.80	3.89	23.21	1.48	74.38
4.04	SHOCRETE VIA SECA E=2" C/MEZCLADORA ARCATA	M2	46.32	3.94	23.47	0	73.73
4.05	SHOCRETE VIA SECA E= 2" SIN SHOCRETERA C/MEZCLADORA ARCATA	M2	37.11	3.15	18.81	0.00	59.07
4.06	LANZADO SHOCRETE VIA SECA E=2"	M2	31.24	2.66	15.83	0.00	49.73
4.07	LANZADO SHOCRETE VIA SECA E= 2" SIN SHOCRETERA	M2	22.03	1.87	11.16	0.00	35.06
4.08	MALLA ELECTROSOLDADA 4X4 N°.10	M2	22.27	1.89	11.29		35.45
4.09	ENCRIBADO BOLSACRET	M3	397.61	33.80	201.51	24.99	657.91
4.10	INST. SPLIT SET 5 PIES JACK LEG	UND	23.83	2.03	12.08		37.94
4.11	INT. SPLIT SET 4 PIES JACK LEG	UND	20.65	1.76	10.47		32.88
4.12	INST. SPLIT SET 7 PIES JACK LEG	UND	32.84	2.79	16.64	2.03	54.30
4.13	INSTALACION SPLIT SET DE 5 PIES JUMBO	UND	31.62	2.69	16.03	1.02	51.36
4.14	INSTALACION SPLIT SET DE 7 PIES JUMBO	UND	37.29	3.17	18.90	1.15	60.51
4.15	INST. RANAS EN MALLA ELECTROSOLDADA	UND	7.76	0.66	3.93		12.35
4.16	PUNTAL SEGURIDAD / LINEA	UND	115.09	9.78	58.33		183.20
4.17	CIMBRAS SECCION 3X3M	UND	727.68	61.85	368.79	14.99	1,173.31
4.18	CIMBRAS SECCION 4.5X4M	UND	1,451.22	123.35	735.48	39.98	2,350.03
4.19	CIMBRAS SECCION 4.5X4.5M	UND	1,451.22	123.35	735.48	39.98	2,350.03
4.20	CIMBRAS SECCION 4X4M	UND	1,451.22	123.35	735.48	39.98	2,350.03
4.21	INST. PLANCHAS ACANALADAS	M2	27.02	2.30	13.69		43.01
4.22	GANCHOS DE FIERRO	UND	16.08	1.37	8.15		25.60
4.23	ENTABLADO DE CIMBRAS CON MADERA	UND	26.63	2.26	13.50		42.39
4.24	INST. PERNO CEMENTADO 7 PIES CON CARTUCHO CEMENTO JACK LEG	UND	31.61	2.69	16.02		50.32
5.	ALQUILER EQUIPOS						
5.01	BOMBEO AGUA C/BOMBA MAJOR	HM	10.93	0.93	5.54		17.40
5.02	BOMBEO AGUA C/BOMBA MATADOR	HM	20.79	1.77	10.54		33.10
5.03	BOMBEO AGUA C/BOMBA MAXI	HM	38.21	3.25	19.36		60.82
5.04	ACARREO CON SCOOP 0.75 YD3 HASTA 100M. (REALIZA ARCATA)	M3	-	-	0.00	-	-
5.05	ACARREO CON SCOOP 2.5 YD3 HASTA 150m.	M3	17.33	1.47	8.78	4.22	31.80
5.06	ACARREO CON SCOOP 4.0YD3 HASTA 150M.	M3	14.08	1.20	7.14	3.5	25.92
5.07	ACARREO CON SCOOP 6 YD3 HASTA 150M.	M3	12.46	1.06	6.31	3.16	22.99
5.08	CARGUIO MINERAL/DESM SCOOP 6YD3 HASTA 50M	M3	4.43	0.38	2.24	1.335943396	8.39
5.09	TRANSPORTE MEZCLA SHOCRETE C/SCOOP 2YD3, 4YD3, 6YD3 HASTA 16	M2	1.22	0.10	0.62	0.30	2.24
5.10	TRANSPORTE MEZCLA SHOCRETE CON SCOOP 6 YD3 HASTA 150M.	M2	1.12	0.10	0.57	0.30	2.09
6.	DESQUINCHE						
6.01	DESQUINCHE JUMBO	M3	54.07	4.60	27.40	4.9	90.97
7.	MADERA						
7.01	CUADRO DE MADERA 1.8X2.4M	UND	599.91	50.99	304.03		954.93
7.02	CUADRO COJO DE MADERA 1.8X2.4M	UND	514.81	43.76	260.91		819.48
7.03	ENCRIBADO SOSTENIMIENTO EN GALERIAS	VUELTAS	158.19	13.45	80.17		251.81
7.04	SOBRE CUADRO DE 1.8X2.4M	UND	618.70	52.59	313.56		984.85
7.05	GUARDACABEZA	HM	385.98	32.81	195.62	0.19	614.60
7.06	BARRERA DE MADERA PARA RH	M2	180.29	15.32	91.37		286.98
7.07	INSTAL. CAMINO PLATAF.+ESCALERA H=0-20	UND	533.73	45.37	270.49		849.59
7.08	INSTAL. CAMINO PLATAF.+ESCALERA H=20-40M	UND	665.00	56.53	337.02		1,058.55
7.09	INSTAL. CAMINO PLATAF.+ESCALERA H=40-60M	UND	795.47	67.61	403.14		1,266.22
7.10	TABIQUE MADERA EN CHIMENEA	UND	161.24	13.71	81.71		256.66
7.11	ENCRIBADO CHIMENEA VUELTA H=0-20M	UND	79.43	6.75	40.25		126.43
7.12	ENCRIBADO CHIMENEA VUELTA H=20-40M	UND	99.28	8.44	50.32		158.04
7.13	ENCRIBADO CHIMENEA VUELTA H=40-60M	UND	158.85	13.50	80.51		252.86
7.14	CUADRO COJO DE MADERA 1.5X2.10M	UND	411.71	35.00	208.65		655.36
7.15	CUADRO DE MADERA 1.5X2.10M	UND	423.76	36.02	214.76		674.54
7.16	INSTALACION DE WINCHE	UND	2,201.31	187.11	1115.63		3,504.05
8.	ADICIONALES						
8.01	TAREAS ADMINISTRATIVAS OPERARIO	TAR	199.88	16.99	101.30		318.17
8.02	TAREAS ADMINISTRATIVAS AYUDANTE	TAR	187.33	15.92	94.94		298.19
8.03	TAREAS ADMINISTRATIVAS OPERADOR SCOOP	TAR	295.84	25.15	149.93		470.92
8.04	TAREAS ADMINISTRATIVAS OPERADOR JUMBO	TAR	311.98	26.52	158.11		496.61
8.04	TAREAS ADMINISTRATIVAS CAPATAZ	TAR	360.61	30.65	182.76		574.02

Datos precios unitarios Fuente: E.E. IESA

Tabla 12

Costo unitario perforación con jumbo de un brazo

PARTIDA: RAMPA(-) SEC 4.5X4M 01 DISPARO POR GUARDIA, JUMBO 01 BRAZO									
Sección : 4.5mx4.0m Longitud Taladro: 11'									
Nro. Taladros Cargados : 45									
Nro. Taladros Perforados: 56 5 alivio+6 precorte									
Avance/disp. : 3.00 ML /Guardia									
DESCRIPCION	UNID	CANTIDAD	INCIDENCIA	COSTO/UNIT	Vida Útil	Costo Por Disparo	COSTO/m	TOTAL	
1.0 Mano de Obra									
CAPATAZ	HH	0.250	0.8750	28.62			25.04		
OPERARIO CARGADOR	HH	0.500	1.7500	16.41			28.72		
OPERARIO SERVICIOS	HH	1.000	3.5000	16.41			57.44		
AYUDANTE JUMBO	HH	0.500	1.7500	16.41			28.72		
BODEGUERO	HH	0.300	1.0500	15.38			16.14		
AYUDANTE SERVICIOS	HH	2.000	7.0000	15.38			107.66		
MECANICO	HH	0.400	1.4000	-			-0.01		
ELECTRICISTA	HH	0.250	0.8750	-			-		
OPERADOR SCOOP	HH	0.500	1.7500	23.48			41.09		
OPERADOR JUMBO	HH	1.000	3.5000	24.76			86.66		391.46
3.0 Aceros de Perforación									
BARRA CONICA 4	UND		0.0050	187.00	800.00		0.94		
BROCA DESCARTABLE 41MM	UND		0.0100	72.00	400.00		0.72		
BARRA JUMBO 12 PIES	UND		0.0257	1,007.90	8,000.00		25.86		
ACOPLE	UND		0.0257	221.50	8,000.00		5.68		
SHANK	UND		0.0257	703.00	8,000.00		18.01		
BROCA 45MM	UND		0.2800	240.00	800.00		67.20		
ADAPTADOR PILOTO	UND		0.0200	427.00	800.00		8.55		
BROCA RIMADORA	UND		0.0200	1,106.30	800.00		22.18		149.14
4.0 Herramientas y otros									
MANGUERA 1"	ML		0.1000	10.96			1.10		
MANGUERA 1/2"	ML		0.1000	5.21			0.52		
CINTA BANDID 1/2"	UND		0.0833	25.41			PROPORCIONA ARCATA		
CINTA BANDID 3/8"	UND		0.0833	25.41			PROPORCIONA ARCATA		
GRAPAS 3/4"	UND		0.2222	6.69			PROPORCIONA ARCATA		
GRAPAS 1/2"	UND		0.2222	5.11			PROPORCIONA ARCATA		
ENSUNCHADOR	UND		0.0011	328.80			0.37		
CINTA REFLECTIVA 1"	ML		0.0111	40.00			PROPORCIONA ARCATA		
CINTA REFLECTIVA 2"	ML		0.0111	86.00			PROPORCIONA ARCATA		
CINTA AISLANTE	UND		0.2222	2.38			0.53		
CINTA VULCANIZANTE	UND		0.0111	93.16			1.04		
PINTURA ESMALTE	GAL		0.0535	12.30			PROPORCIONA ARCATA		
OCRE	KG		0.5000	6.38			3.19		
ACEITE PARA PERFORACION	GLN		0.0500	29.04			1.45		
MANGUERA TIPO BOA 4"	ML		0.0200	56.17			1.12		
TUBO PVC PRECORTE 11/2" X4 M	UND		7.1429	3.56			25.43		
TACOS ARCILLA	UND		30.0000	0.22			6.60		
HERRAMIENTAS	% M.O.		6.0000	391.46			23.49		64.84
5.0 Implementos de Seguridad									
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD	% M.O.		10.0000	391.46			39.15		39.15
6.0 Equipos de Perforación y Limpieza									
JUMBO 01 BRAZO	HM	0.420	1.4700	227.15			333.91		
SCOOP 6YD3 SIN OPERADOR	HM	0.380	1.3300	204.6800			272.20		
BOMBA AGUA MAJOR	HM	1.250	4.3750	5.4800			23.98		630.09
7.0 Sub Análisis (Costo directo. Ver Sub partida)									
CUNETAS 0.30X0.30 (Sin Explosivos)	ML		1.0000	35.60			35.60		35.60
Total de Costo Directo							1,310.28		1,310.28
Utilidad costo directo	%			8.5000			-		111.37
Gastos generales	%			50.6800			-		664.05
2.0 Explosivos y Accesorios de Voladura (*)									
CARMEX 7PIES	UND		0.7700				-		
Emulnor 5000	KG		40.1000				-		
Emulnor de 3000	KG		4.0000				-		
FANEL	UND		17.2500				-		
MECHA RAPIDA	ML		0.2000				-		
PENTACORD	ML		20.6700				-		
8.0 Combustibles (*)									
PETROLEO DIESEL No. 2	GAL		8.3860	11.90			99.79		99.79
9.0 Sub Análisis (Costo directo CUNETAS 0.30x0.30)									
Explosivos y Accesorios de Voladura (*)	GLB		1.0000				-		
PETROLEO DIESEL No. 2	GLB		1.0000	1.33			1.33		1.33
Total de Costo Indirecto							876.54		876.54
COSTO TOTAL POR UNIDAD VALORIZADA							2,186.82		2,186.82

(*) EXPLOSIVOS/ACCESORIOS DE VOLADURA Y COMBUSTIBLES NO SE CARGAN GASTOS GENERALES NI Utilidad costo directo

(**) Distancia de Acarreo con Scoop Hasta 250m.

Datos precios unitarios Fuente: E.E. IESA

5.1.22. Sostenimiento de la Rampa Negativa Rosalía

Introduccion

El diseño del sostenimiento en la Minera Arcata Hochschild Mining es variable durante la ejecución de la Rampa Negativa Rosalía, el macizo rocoso no es uniforme durante la construcción ya que se presenta en tramos desde favorables a muy desfavorables, razón por el cual el tipo de sostenimiento adecuado para cada tramo es diferente, es decir se utiliza sostenimiento con pernos helicoidales sistemático y con malla, shotcrete y sostenimiento mediante cimbras.

En la Minera Arcata Hochschild Mining como estándar de sostenimiento mínimo en macizo rocoso de tipo III a IV se debe de utilizar como parte del procedimiento, sostenimiento sistemático con mallas electrosoldadas. Para crear un ambiente seguro de trabajo para el personal y supervisores.

Los costos unitarios de sostenimiento son diferentes para cada tipo, ya que se utilizan recursos y materiales diferentes en cada una de ellas

Durante el proyecto se va analizar y calcular el PU para sostenimiento con pernos helicoidales, hidrabolt y shotcrete.

Sostenimiento con pernos Helicoidales

Consiste en una varilla de fierro o acero, con un extremo biselado, que es confinado dentro del taladro por medio de cemento (en cartuchos o inyectados), resina (en cartuchos) o resina y cemento. El anclaje entre la varilla y la roca es proporcionado a lo largo de la longitud completa del elemento de refuerzo, por tres mecanismos: adhesión química, fricción y fijación, siendo los dos últimos mecanismos los de mayor importancia, puesto que la eficacia de estos pernos está

en función de la adherencia entre el fierro y la roca proporcionada por el cementante, que a su vez cumple una función de protección contra la corrosión, aumentando la vida útil del perno. De acuerdo a esta función, en presencia de agua, particularmente en agua ácida, el agente cementante recomendado será la resina, en condiciones de ausencia de agua será el cemento.

Dentro de este tipo de pernos, los de mayor utilización en el país son: la varilla de fierro corrugado, generalmente de 20 mm de diámetro y la barra helicoidal de 22mm de diámetro, con longitudes variables (de 5' a 12').

La barra helicoidal, tiene la forma de una rosca continua a lo largo de toda su longitud, esta característica le da múltiples ventajas comparada a la anterior. Entre otros, su mayor diámetro le confiere mayor resistencia y su rosca constante permite el reajuste de la placa contra la pared rocosa. La capacidad de anclaje de las varillas de fierro corrugado es del orden de 12 TM, mientras que de las barras helicoidales superan las 18 TM.

Sostenimiento con pernos Hydrabolt

El HYDRABOLT, es un perno de fricción activo y de inmediata instalación al que se le inyecta agua a altas presiones de 25 a 30Mpa (Presión correcta de inflado). Se expande de 29mm a 41mm y debido a su válvula de no retorno, el agua que se mantiene en el interior ejerce presión constante en todo momento, en forma radial a lo largo de la longitud del taladro. Cuando interactúan entre si ayudan a cerrar las fracturas y discontinuidades del macizo rocoso previniendo que se deteriore más rápidamente.

Los Hydrabolt son un sostenimiento inmediato que empiezan a trabajar al momento que ha finalizado el inflado. No necesitan de ningún tipo de aditivo, ni cemento ni resina, solamente el agua y aire comprimido de la mina.

Los pernos Hydrabolt son utilizados en la Rampa Negativa Rosalía.

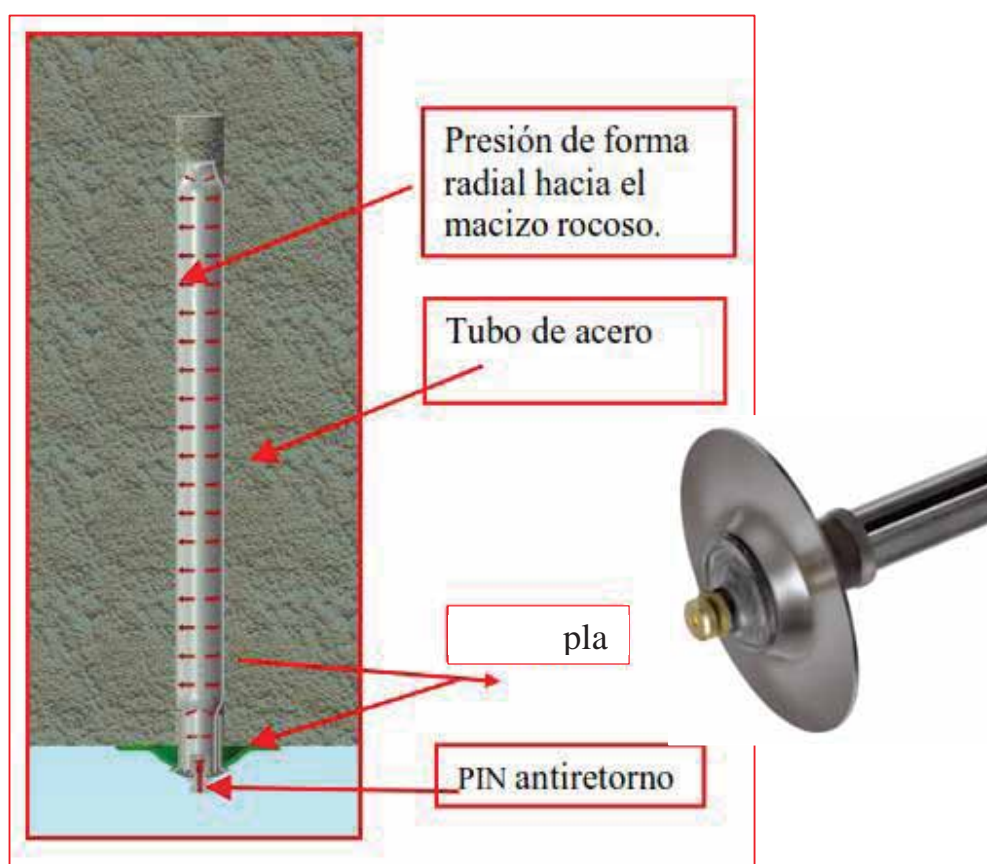


Figura 58 Perno Hydrabolt Fuente: Manual jackpot

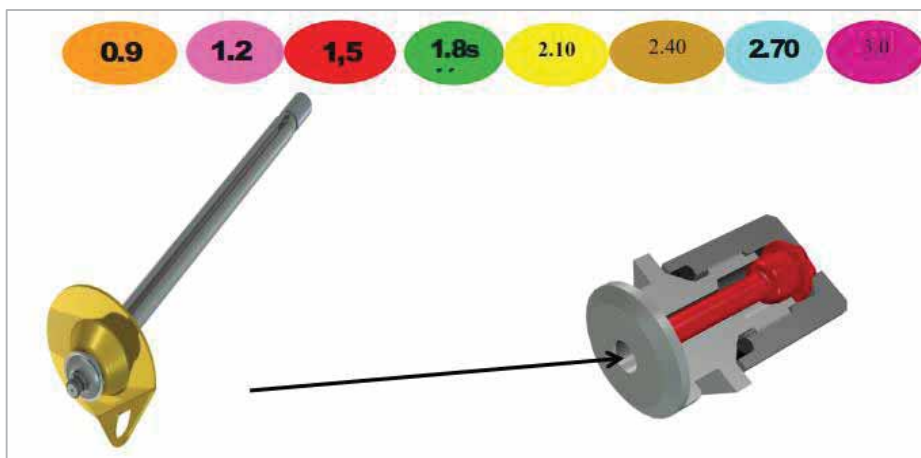


Figura 59 El color de PIN codifica la longitud de Hydrabolt (m)
Fuente: Manual jackpot

En este caso el color rojo es de longitud de 5 pies

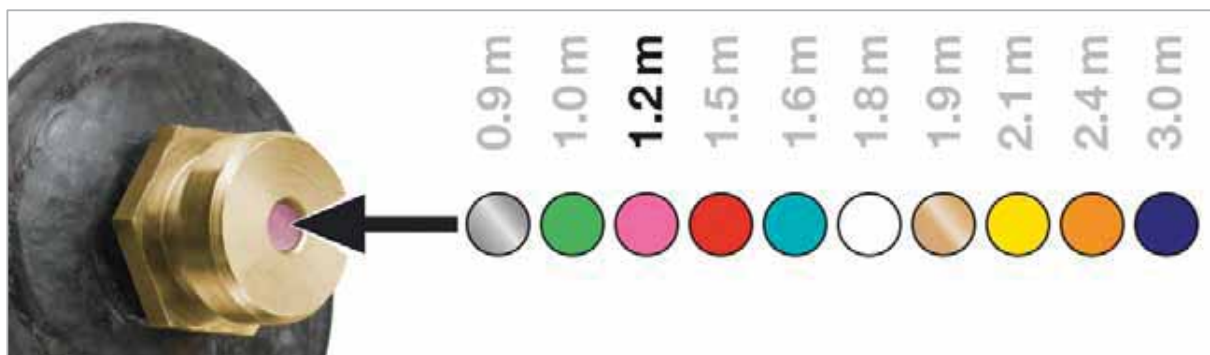


Figura 60 Botón Indicador de carga
Fuente: Manual jackpot

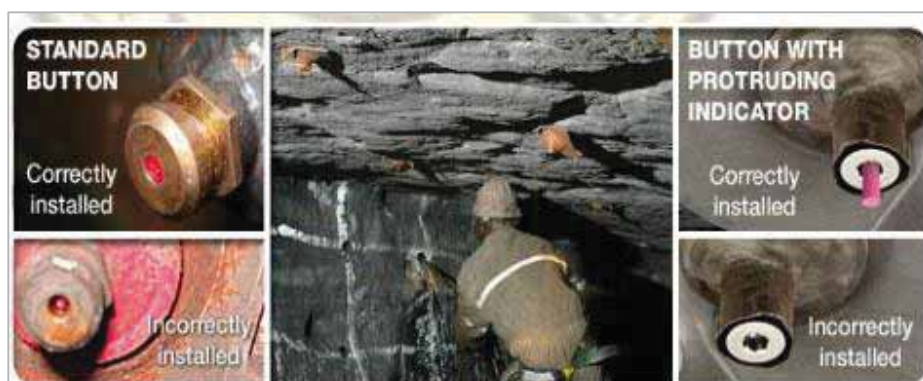


Figura 61 Botón indicador de correcta e incorrecta Instalación
Fuente: Manual jackpot

Características técnicas

1. El Hydrabolt es un tubo fabricado de acero en forma de C y sellado en ambos extremos, con un niple hidráulico en un extremo y válvula anti retorno que permite conexión a una bomba hidráulica, la cual se expande con agua a altas presiones de 25 – 30 Mpa (siendo 30 Mpa la presión adecuada de inflado).
2. El Hydrabolt ha sido diseñado para facilitar la comodidad de la instalación rápida y fácil, presionando el interior del taladro, adaptando a la forma, tamaño e irregularidades del taladro y distribuir la fuerza a lo largo de la longitud del taladro, evitando la relajación inicial, o agrietamiento inicial por esfuerzos, o la liberación de esfuerzos mediante la abertura de fracturas o diaclasamientos, proporcionando un entorno de trabajo seguro.
3. El perno es de diámetro 29 mm y se expande a 41 mm y debido a su válvula de no retorno. Carga distribuida uniforme en toda la longitud del taladro.
4. Debido a la permanencia del agua y un correcto inflado se obtiene en promedio 10 toneladas de resistencia, al interactuar perno roca inmediatamente empieza a trabajar evitando que se deteriore más rápidamente las cajas. Soporte inmediato
5. El Hydrabolt es un anclaje de compresión y fricción axial que confina el macizo rocoso para generar un arco de auto-soporte con las propia rocas fracturadas e intensamente fracturada y débil, los pernos confieren nuevas propiedades a la roca que rodea la excavación.

Instalados en forma radial, cada perno crea un bulbo de resistencia, el cual al interactuar con los bulbos de los demás pernos adyacentes forman un arco rocoso portante que trabaja a compresión denominado “Efecto Arco” el mismo que da estabilidad a la excavación.

6. Seguro y accesible, Amplio rango de expansión, No le afectan las vibraciones producto de la voladura.

Accesorios de instalación

- Bomba de alta presión que es capaz de proporcionar agua 30MPa de presión.
- Pistola de seguridad de alta presión
- Manómetro de presión Jackpot
- Bomba manual Jackpot



Figura 62 Bomba de alta presión y accesorios Fuente: Manual Jackpot



Figura 63 Instalacion de un perno Hydrabolt. Fuente: fotografía propia en mina Arcata

Sostenimiento con malla metálica

La malla metálica principalmente es utilizada para los siguientes tres fines: primero, para prevenir la caída de rocas ubicadas entre los pernos de roca, actuando en este caso como sostenimiento de la superficie de la roca; segundo, para retener los trozos de roca caída desde la superficie ubicada entre los pernos, actuando en este caso como un elemento de seguridad; y tercero, como refuerzo del shotcrete. Existen dos tipos de mallas: la malla eslabonada y la malla electrosoldada.

La malla eslabonada o denominada también malla tejida, consiste de un tejido de alambres, generalmente de # 12/10, con cocadas de 2"x2" ó 4"x4", construida en material de acero negro que puede ser galvanizada para protegerla de la corrosión. Por la forma del tejido es bastante flexible y resistente. Esta malla no se presta para servir de refuerzo al concreto lanzado, por la dificultad que hay en hacer pasar el concreto por las mallas, no recomendándose para este uso.

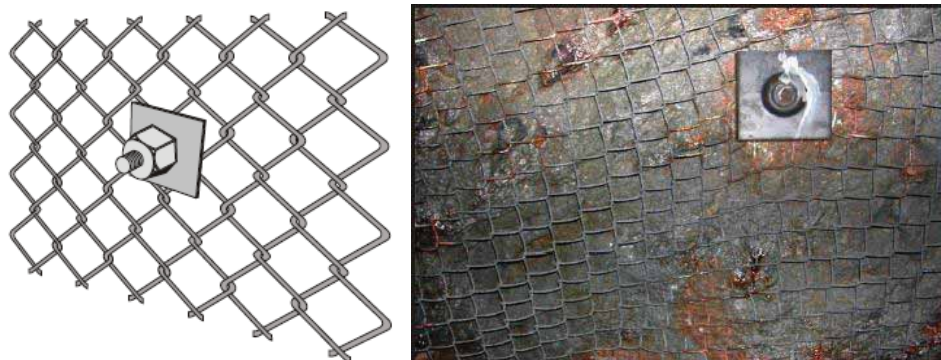


Figura 64 Manual de Geomecánica aplicada – Ing° Isaac Cruz

La malla electrosoldada consiste en una cuadrícula de alambres soldados en sus intersecciones, generalmente de # 10/08, con cocadas de 4"x4", construidas en material de acero negro que pueden ser galvanizada. Esta malla es recomendada para su uso como refuerzo del concreto lanzado (shotcrete). La malla viene en rollos o en planchas. Los rollos tienen 25 m de longitud x 2.0 m de ancho y las planchas usualmente tienen 3.0 m de longitud x 2.0 m de ancho

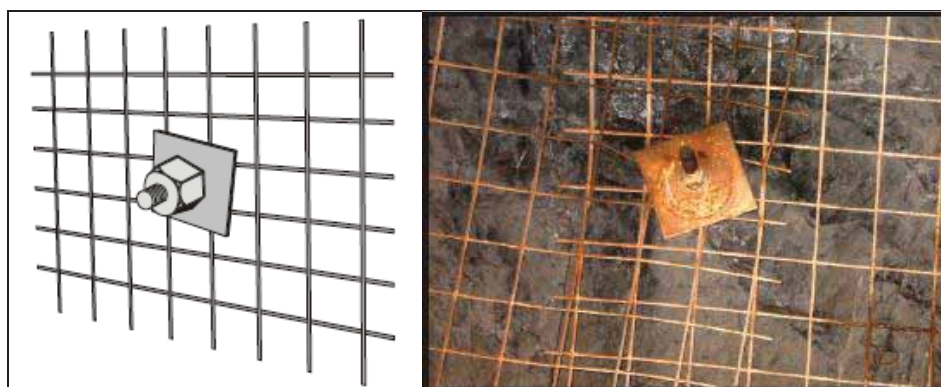


Figura 65 Manual de Geomecánica aplicada – Ing° Isaac Cruz

Diseño del estándar de instalación de perno helicoidal + malla electrosoldada

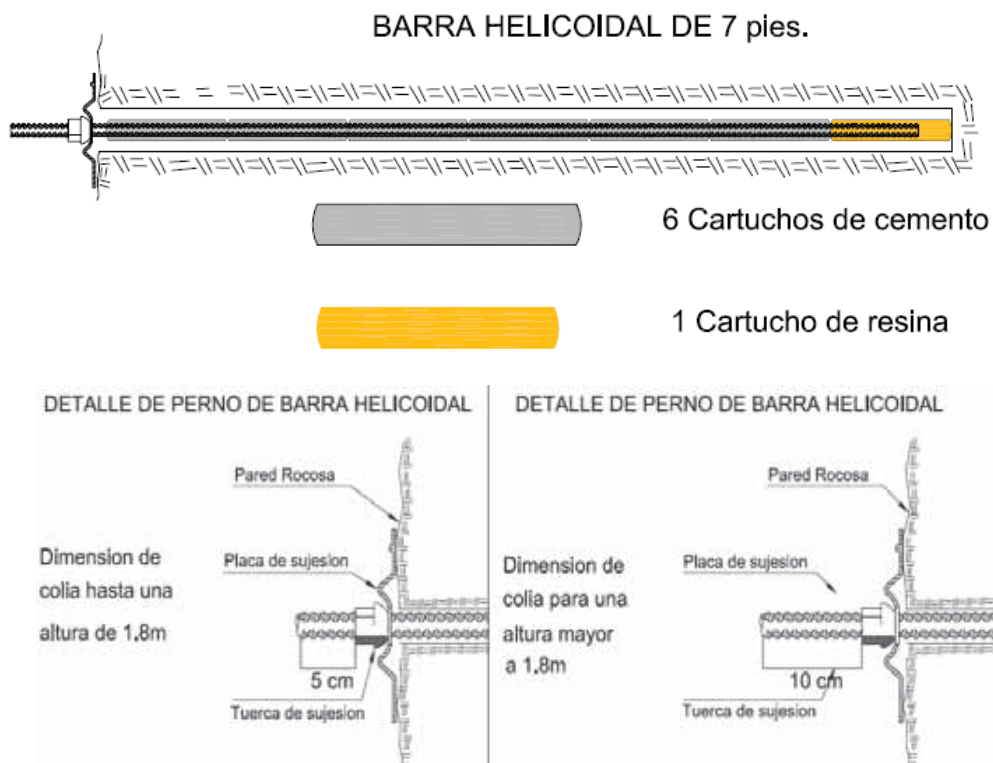


Figura 66 Instalación de perno helicoidal más malla electrosoldada
Fuente: Estándar de mina Arcata

DETALLE DE TRASLAPE MALLA ELSDDA 10x10cm

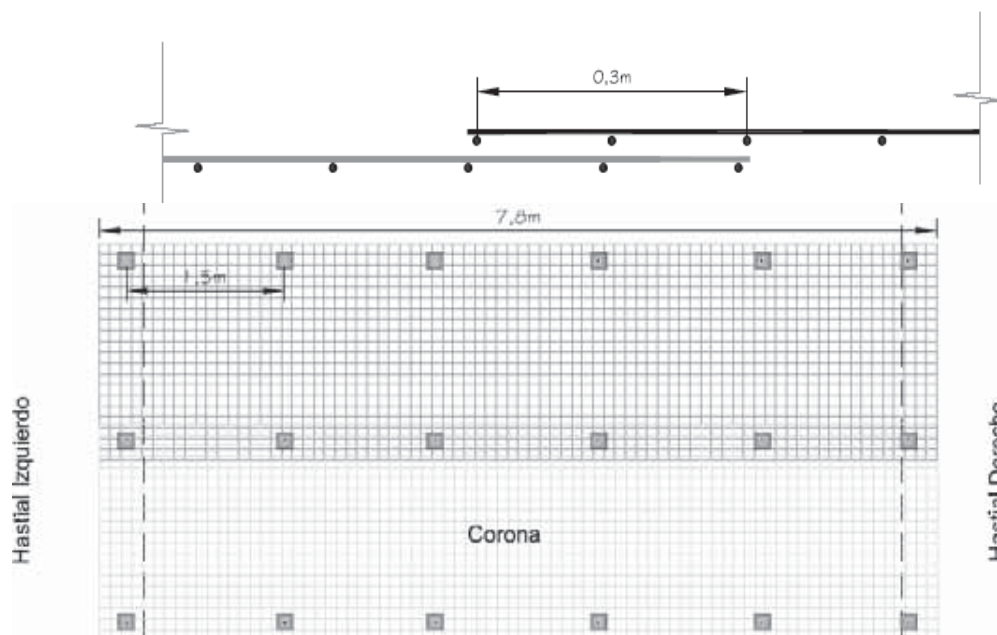


Figura 67Traslape de malla electrosoldada e instalación de perno helicoidal sistemático
Fuente: Estándar de mina Arcata

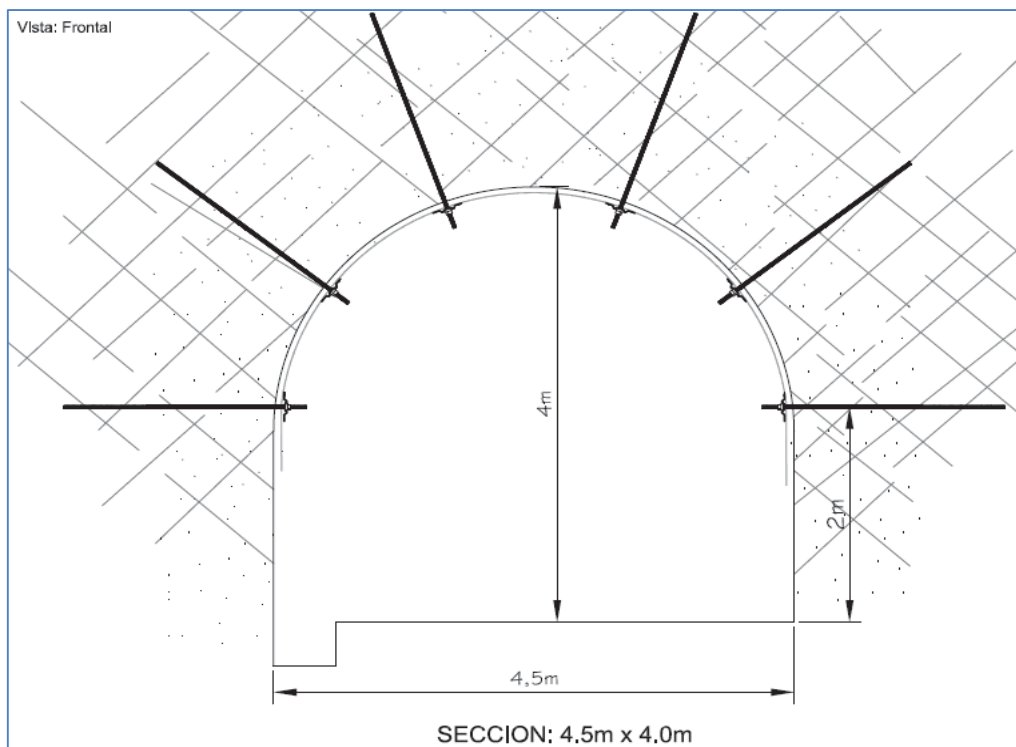


Figura 68 Estándar de instalación de pernos+ malla Minera Arcata.
Fuente: Estándar de mina Arcata

Concreto lanzado (shotcrete) es el nombre genérico del concreto cuyos materiales componentes son: cemento, agregados, agua, aditivos y elementos de refuerzo, los cuales son aplicados neumáticamente y compactados dinámicamente a alta velocidad sobre una superficie.

La tecnología del shotcrete comprende los procesos de mezcla seca y de mezcla húmeda.

- **En el proceso de mezcla seca**, los componentes del shotcrete seco o ligeramente pre-humedecidos, son alimentados a una tolva con agitación continua. El aire comprimido es introducido a través de un tambor giratorio o caja de alimentación para transportar los materiales en un flujo continuo hacia la manguera de suministro. El agua es adicionada a la mezcla en la boquilla.

- **En el proceso de mezcla húmeda**, los componentes del shotcrete y el agua son mezclados antes de la entrega a una unidad de bombeo de desplazamiento positivo, la cual luego suministra la mezcla hidráulicamente hacia la boquilla, donde es añadido el aire para proyectar el material sobre la superficie rocosa.

El producto final de los procesos de shotcrete ya sea seco o húmedo es similar.

En la Minera Arcata Hochschild Mining se aplica el sistema de mezcla húmeda para rocas de Tipo IV-B, Tipo IV-A, Tipo III-B.

Materiales componentes del Shotcrete y sus proporciones en la mezcla

El que se utiliza es el Cemento Pórtland Estándar Tipo I.

Los agregados más grandes no deberían ser más de 16 mm. La experiencia ha mostrado que con agregados de más de 16 mm se incrementa drásticamente el rebote, aproximadamente el 60-70 % de los agregados sobre 8 mm están contenidos en el rebote. Por otro lado, debe haber suficiente cantidad de finos, menores de 0.2 mm, para formar una capa inicial sobre la superficie de la roca.

El agua de la mezcla debe ser limpia y libre de sustancias que puedan dañar al concreto o al acero, el agua de curado deberá estar libre de sustancias que puedan dañar el concreto.

Se usan aditivos para mejorar las propiedades del shotcrete, la microsílca como un añadido cementante, ésta es una puzolana extremadamente fina que utilizada en cantidades del 8 al 13 % por peso del cemento, permite duplicar y hasta triplicar la resistencia del shotcrete, además reduce el rebote, mejora la adhesión a la superficie de la roca y permite colocar capas de hasta 200 mm de espesor en un paso simple, por su calidad “pegajosa”, sin embargo, en la mezcla húmeda, esta

calidad de pegajosa disminuye la facilidad de trabajo, requiriéndose de súper plastificantes para restaurar dicha facilidad de trabajo. Como elementos de refuerzo, se tienen principalmente las fibras de acero, la malla electrosoldada, las varillas de fierro o acero corrugadas.

El diseño de mezcla para el concreto lanzado debe cumplir con los materiales que se cita a continuación.

Relación agua cemento	: 0.45
Agregado normado G-2	:1700 Kg.
Cemento Portland Tipo-I	: 400 Kg.
Fibra de acero 65/35	: 20 Kg.
Aditivo de fragua	: 25 Lt.
Reductor de agua	: 2.0 Lt
Plastificante	: 5.0 Lt.
Resistencia 28 días	: 280Kg/cm ²

Estándar de aplicación de Shotcrete Vía Húmeda.

El objetivo es estandarizar las especificaciones técnicas del shotcrete que permitan alcanzar y garantizar en lo absoluto la estabilidad de la excavación y establecer las mejores prácticas de seguridad en esta actividad.

Se aplica a todas las labores mineras de carácter temporal o permanente y en calidades de roca Tipo IV-B, Tipo IV-A, Tipo III-B.

Especificaciones del Estándar

- Hacer uso de este elemento de sostenimiento en labores subterráneas de carácter temporal o permanente, en combinación de los pernos de anclaje, conforme se indica en el estándar gráfico y practicando la política metro avanzado y metro sostenido.
- Para el desarrollo de la actividad se debe disponer de cuatro colaboradores, maestro robotero, maestro mixero y dos ayudantes, todos con nivel de experiencia.
- Mantener desatada, lavada la pared de la excavación para posteriormente realizar la aplicación del shotcrete, para ello la labor deberá contar con los servicios de aire, agua, iluminación y manga de ventilación a 15 metros del frente.
- El lanzamiento de concreto se debe efectuar a una distancia máxima de 1.5 metros perpendicular a la pared de la excavación y en sección completa.
- El concreto proyectado debe conservar un espesor no menor a 2 pulgadas y con un tiempo de fraguado de 4 horas, para posteriormente continuar con los ciclos de operación.
- Los calibradores de espesor de concreto, deben ser instalados con una densidad de 1 calibrador por cada metro cuadrado, permitiendo uniformidad y homogeneidad respecto al espesor del mismo.
- Los equipos de protección personal EPP deben usarse en perfecto estado, garantizando de esta manera la seguridad del colaborador y un correcto lanzamiento.

- Los espesores del concreto proyectado deben ser manejados de acuerdo a la calidad de roca y según recomendación de la sección de Geotecnia.
- Manejar un programa de mantenimiento quincenal, con el fin de garantizar la disponibilidad y utilización de los equipos de preparación transporte y lanzado.
- Los componentes de diseño del shotcrete debe cumplir con las características técnicas norma ASTM o conforme a los lineamientos del expediente técnico del contrato.
- El diseño de mezcla para el concreto lanzado debe cumplir con los materiales que se citaron anteriormente.

Diseño del estándar de lanzado de concreto

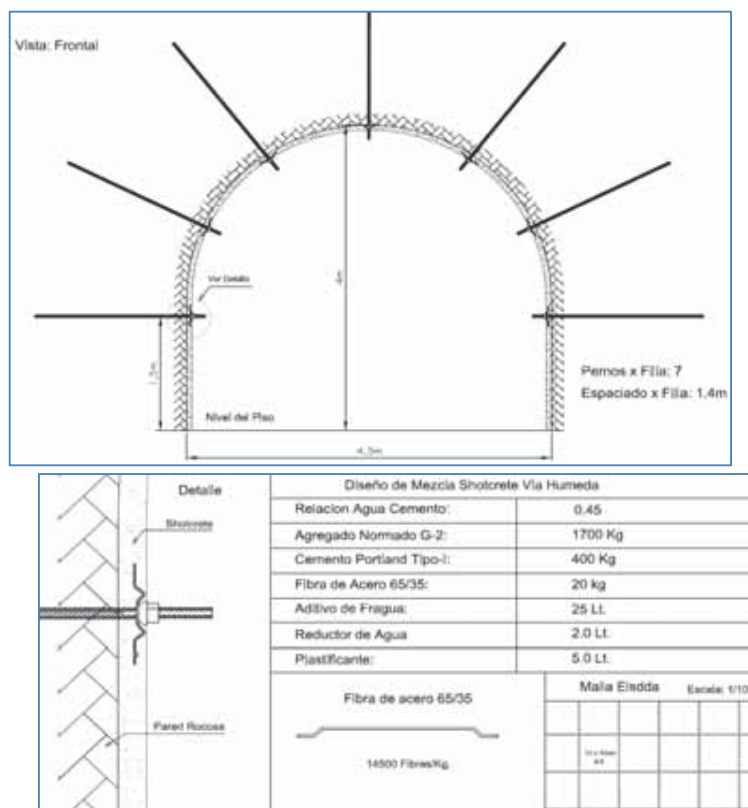


Figura 69 Estándar de Shotcrete Minera Arcata.

Fuente: Estándares de mina Arcata

5.1.23. Ciclo de Minado:

La guardia comienza con la limpieza con scoop del turno anterior, después se coloca shotcrete, pernos y malla, dependiendo del tipo de roca y se realizan las instalaciones de agua y aire. Con ello listo, se procede a la perforación de la labor con Jumbo, y finalmente a su carguío y disparo.

Tabla 13
Ciclo de minado

	Horas en la Guardia											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Limpieza (turno anterior)	■	■	■									
Shotcrete	■	■	■									
Perno				■	■	■						
Malla				■	■	■						
Instalaciones Varias							■					
Perforación							■					
Carguío y Voladura								■	■	■	■	■

Datos elaboración propia



Figura 70 Camara de carguío y acumulación sostenido con shotcrete y perno hydrabolt sistematico-Minera Arcata, Fuente: fotografía propia en mina Arcata



Figura 71 Equipo lanzador de shotcrete - Minera Arcata, Fuente: fotografía propia en mina Arcata

Costo unitario de Shotcrete

Tabla 14
Costo unitario shotcrete por via humeda

PARTIDA: SHOCRETE VIA HUMEDA E=2" C/MEZCLADORA ARCATA								
INCLUYE PREPARACION MEZCLA								
Avance/disp. : 50 M2 /Guardia								
DESCRIPCION	UNID	CANTIDAD	INCIDENCIA	COSTO/UNIT	Vida Útil	Costo Por Disparo	COSTO/m2	TOTAL
1.0 Mano de Obra								
CAPATAZ	H-H	0.200	0.0420	28.62			1.20	
OPERARIO SHOCRETE	HH	1.000	0.2100	23.48			4.93	
OPERARIO	HH	2.000	0.4200	16.41			6.89	
AYUDANTE	HH	4.000	0.8400	15.38			12.92	
AYUDANTE SERVICIOS	HH	0.500	0.1050	15.38			1.61	
CHOFER	HH	0.500	0.1050	16.41			1.72	
OPERADOR SCOOP	HH	0.000	-	23.48			-	29.27
3.0 Aceros de Perforación								
4.0 Herramientas y otros								
AGREGADO	M3		0.0900				-	
REFLECTORES	UND		0.0020	128.78			PROPORCIONA ARCATA	
CABLE INDOPRENE	ML		0.0100	5.62			PROPORCIONA ARCATA	
CEMENTO PORTLAND TIPO I	BL		0.7900				PROPORCIONA ARCATA	
ADITIVO ACELERANTE FRAGUA	KG		1.3000				PROPORCIONA ARCATA	
HERRAMIENTAS	% M.O.		6.0000	29.27			1.76	1.76
5.0 Implementos de Seguridad								
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD	% M.O.		10.0000	29.27			2.93	2.93
6.0 Equipos de Perforación y Limpieza								
MEZCLADORA CONCRETO	HM	0.000	-	41.10			-	
CAMION TRASLADO	HM	0.500	0.1050	30.00			3.15	
SCOOP 4.YD3 SIN OPERADOR	HM	0.000	-	161.66			-	
SHOCRETERA	HM	0.800	0.1680	54.80			9.21	12.36
Total de Costo Directo							46.32	46.32
Utilidad costo directo	%		8.5000				3.94	3.94
Gastos generales	%		50.6800				23.47	23.47
7 Combustible								
PETROLEO DIESEL No. 2	GAL		-	11.90			-	-
Total de Costo Indirecto							27.41	27.41
COSTO TOTAL POR UNIDAD VALORIZADA							73.73	73.73

NO INCLUYE TRANSPORTE DE AGREGADO DE SUPERFICIE A INTERIOR MINA

Datos costos unitarios Fuente: E.E, IESA

5.2. Hacer:

La ejecución de lo planificado. Hay que poner en marcha acciones que, basadas en el diagnóstico preliminar, permitan resolver el problema o corregir las deficiencias.

Demostraremos los controles de avance por mes de la Rampa Negativa Rosalía en los dos turnos día y noche.

Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

Tabla 15
Reporte de campo mes de julio-2018

CONTROL DE AVANCE Y SOBRETURNO SEMANAL																
MES: julio				SEMANA:1								ZONA 1				
SUPERVISOR DIA: Leonidas Pumacota								JEFE DE GUARDIA DE DIA: Ever Saico								
SUPERVISOR NOCHE: Leonidas Soto								JEFE DE GUARDIA DE NOCHE: Clever Palomino								
LAVOR	SECCION	FECHA	06/07/2018	06/07/2018	07/07/2018	07/07/2018	08/07/2018	08/07/2018	09/07/2018	09/07/2018	10/07/2018	10/07/2018	11/07/2018	11/07/2018	12/07/2018	12/07/2018
		TURNO	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE
Rp 4937	4.50*4.0	CONTRA	2.5	5.1	7.8	3.5	6.3	9.1	11.6	14.1	16.7	19.3	21.8	24.3	26.8	29.4
		AVANCE	2.5	2.6	2.7	2.6	2.8	2.8	2.5	2.5	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.6
		SECCIONREAL	4.65*4.2	4.60*4.10	4.50*4.40	4.70*4.20	4.65*4.15	4.60*4.15	4.70*4.20	4.65*4.10	4.45*4.10	4.50*4.20	4.65*4.25	4.80*4.30	4.75*4.40	4.70*4.30
		CONTRA														
		AVANCE														
		SECCIONREAL														

Datos reporte de operaciones IESA S.A



Figura 72 Control avance por día.

Tabla 16
Reporte de campo mes de julio-2018

CONTROL DE AVANCE Y SOBRETURA SEMANAL																		
MES: julio				SEMANA: 2				ZONA: 1										
SUPERVISOR DIA: Leonidas Pumacota							JEFE DE GUARDIA DE DIA: Ever Saico											
SUPERVISOR NOCHE: Paulino Cabana							JEFE DE GUARDIA DE NOCHE: Vidal Chambi											
LAVOR	SECCION	FECHA	13/07/2018	13/07/2018	14/07/2018	14/07/2018	15/07/2018	15/07/2018	16/07/2018	16/07/2018	16/07/2018	17/07/2018	17/07/2018	18/07/2018	18/07/2018	19/07/2018	19/07/2018	
		TURNO	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE
Rp 4937	4.50*4.0	CONTRA	5.5	8.3	10.8	13.6	16.1	19	21.6	24.5	27	29.8	32.4	35.3	37.9	40.8		
		AVANCE	2.6	2.8	2.5	2.8	2.5	2.9	2.6	2.9	2.5	2.8	2.6	2.9	2.6	2.9		
		SECCIONREAL	4.60*4.10	4.55*4.15	4.60*4.20	4.55*4.10	4.60*4.10	4.55*4.15	4.55*4.10	4.55*4.10	4.55*4.15	4.55*4.10	4.60*4.10	4.55*4.15	4.50*4.0	4.55*4.10		
		CONTRA																
		AVANCE																
		SECCIONREAL																

Datos reporte de operaciones IESA S.A

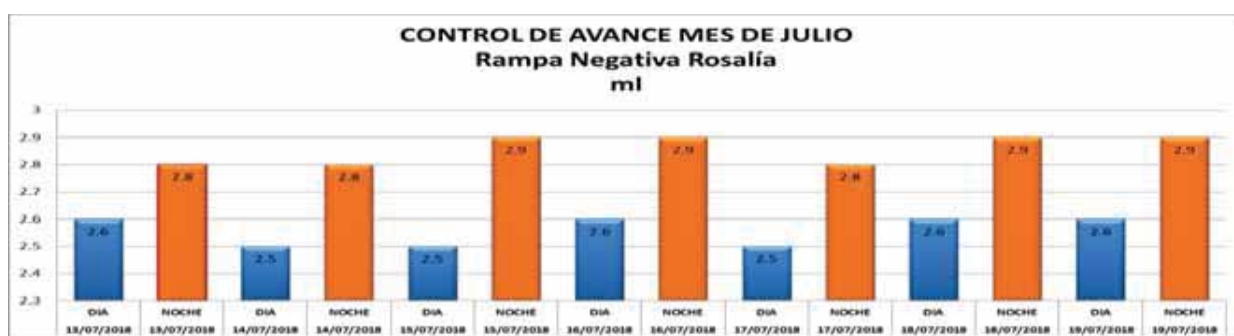


Figura 73 Control de Avance por día.

Tabla 17
Reporte de campo mes de julio- agosto 2018

CONTROL DE AVANCE Y SOBRETURA SEMANAL																
MES:julio-agosto 2018				SEMANA 1				ZONA 1								
SUPERVISOR DIA: Leonidas Pumacota							JEFE DE GUARDIA DE DIA: Ever Saico									
SUPERVISOR NOCHE: Leonidas Soto							JEFE DE GUARDIA DE NOCHE: Clever Palomino									
LAVOR	SECCION	FECHA	27/07/2018	27/07/2018	28/07/2018	28/07/2018	29/07/2018	29/07/2018	30/07/2018	30/07/2018	31/07/2018	31/07/2018	01/08/2018	01/08/2018	02/08/2018	02/08/2018
		TURNO	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE
Rp 4937	4.50*4.0	CONTRA	5.5	8	10.5	13	15.5	18	20.5	23	25.5	28	30.9	33.5	36.4	39.2
		AVANCE	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.9	2.6	2.9	2.8
		SECCIONREAL	4.60*4.15	4.7*4.3	4.75*4.25	4.7*4.3	4.55*3.9	4.6*4.25	4.65*4.2	4.6*4.2	4.65*4.15	4.6*4.3	4.55*4.10	4.6*4.2	4.55*4.10	4.55*4.10
		CONTRA														
		AVANCE														
		SECCIONREAL														

Datos reporte de operaciones IESA S.A



Figura 74 Control de avance por día

Tabla 18
Reporte de campo mes de agosto 2018

CONTROL DE AVANCE Y SOBRETURTA SEMANAL																
MES: agosto				SEMANA: 2								ZONA: I				
SUPERVISOR DIA: Leonidas Pumacota								JEFE DE GUARDIA DE DIA: Ever Saico								
SUPERVISOR NOCHE: Paulino Cabana								JEFE DE GUARDIA DE NOCHE: Vidal Chambi								
LAVOR	SECCION	FECHA	03/08/2018	03/08/2018	04/08/2018	04/08/2018	05/08/2018	05/08/2018	06/08/2018	06/08/2018	07/08/2018	07/08/2018	08/08/2018	08/08/2018	09/08/2018	09/08/2018
		TURNO	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE
Rp 4937	4.50*4.0	CONTRA	6.8	9.7	12.5	15.4	18.3	21.2	24.1	27	29.9	32.8	35.7	37.6	40.6	43.6
		AVANCE	2.9	2.9	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3	3
		SECCIONREAL	4.55*4.10	4.60*4.15	4.55*4.15	4.55*4.10	4.60*4.10	4.60*4.15	4.60*4.10	4.55*4.15	4.60*4.10	4.65*4.15	4.55*4.10	4.50*4.15	4.55*4.0	4.55*4.10
		CONTRA														
		AVANCE														
		SECCIONREAL														

Datos reporte de operaciones IESA S.A



Figura 75 Control de Avance por día

Tabla 19
Reporte de campo mes de agosto 2018

CONTROL DE AVANCE Y SOBRETURTA SEMANAL																	
MES: agosto				SEMANA: 3								ZONA: I					
SUPERVISOR DIA: Leonidas Pumacota								JEFE DE GUARDIA DE DIA: Ever Saico									
SUPERVISOR NOCHE: Leonidas Soto								JEFE DE GUARDIA DE NOCHE: Clever Palomino									
LAVOR	SECCION	FECHA	17/08/2018	17/08/2018	18/08/2018	18/08/2018	19/08/2018	19/08/2018	20/08/2018	20/08/2018	21/08/2018	21/08/2018	22/08/2018	22/08/2018	23/08/2018	23/08/2018	
		TURNO	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	
Rp 4937	4.50*4.0	CONTRA	5.9	8.8	11.7	14.6	17.4	20.3	23.2	26.1	29	31.9	34.8	37.7	40.6	43.5	
		AVANCE	2.7	2.9	2.9	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
		SECCIONREAL	4.55*4.15	4.60*4.10	4.60*4.10	4.65*4.15	4.60*4.10	4.65*4.10	4.65*4.15	4.55*4.10	4.60*4.10	4.55*4.15	4.50*4.20	4.60*4.10	4.60*4.10	4.60*4.00	
		CONTRA															
		AVANCE															
		SECCIONREAL															

Datos reporte de operaciones IESA S.A



Figura 77 Control de avance por día

Tabla 20
Reporte de campo mes de agosto 2018

CONTROL DE AVANCE Y SOBRECOTURA SEMANAL																
MES: agosto		SEMANA: 4										ZONA: I				
SUPERVISOR DIA: Leonidas Soto		JEFE DE GUARDIA DE DIA: Clever Palomino														
SUPERVISOR NOCHE: Paulino Cabana		JEFE DE GUARDIA DE NOCHE: Vidal Chambi														
LAVOR	SECCION	FECHA	24/08/2018	24/08/2018	25/08/2018	25/08/2018	26/08/2018	26/08/2018	27/08/2018	27/08/2018	28/08/2018	28/08/2018	29/08/2018	29/08/2018	30/08/2018	30/08/2018
		TURNOS	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE
Rp 4937	4.50*4.0	CONTRA	5.8	8.7	11.6	14.5	17.4	20.3	23.2	26.1	29	31.9	34.8	37.7	40.6	43.5
		AVANCE	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
		SECCIONREAL	4.60*4.15	4.65*4.10	4.55*4.10	4.50*4.15	4.55*4.10	4.60*4.10	4.65*4.10	4.55*4.10	4.55*4.15	4.55*4.05	4.60*4.10	4.55*4.0	4.65*4.05	4.60*4.15
		CONTRA														
		AVANCE														
		SECCIONREAL														

Datos reporte de operaciones IESA S.A



Figura 78 Control de avance por día.

Tabla 21
Reporte de campo mes de setiembre 2018

CONTROL DE AVANCE Y SOBRECOTURA SEMANAL																
MES: setiembre		SEMANA: 1										ZONA: I				
SUPERVISOR DIA: Leonidas Pumacota		JEFE DE GUARDIA DE DIA: Ever Saico														
SUPERVISOR NOCHE: Leonidas Soto		JEFE DE GUARDIA DE NOCHE: Clever Palomino														
LAVOR	SECCION	FECHA	07/09/2018	07/09/2018	08/09/2018	08/09/2018	09/09/2018	09/09/2018	10/09/2018	10/09/2018	11/09/2018	11/09/2018	12/09/2018	12/09/2018	13/09/2018	13/09/2018
		TURNOS	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE
Rp 4937	4.50*4.0	CONTRA	3.5	6.3	9.3	12.1	15	17.8	20.6	4.1	7.1	9.9	12.8	15.6	18.6	21.6
		AVANCE		2.8	3	2.8	2.9	2.8	2.8	2.8	3	2.8	2.9	2.8	3	3
		SECCIONREAL	4.50*4.10	4.55*4.10	4.50*4.15	4.55*4.10	4.60*4.15	4.65*4.0	4.55*4.10	4.60*4.10	4.65*4.10	4.60*4.15	4.65*4.15	4.60*4.00	4.60*4.10	4.65*4.20
		CONTRA														
		AVANCE														
		SECCIONREAL														

Datos reporte de operaciones IESA S.A

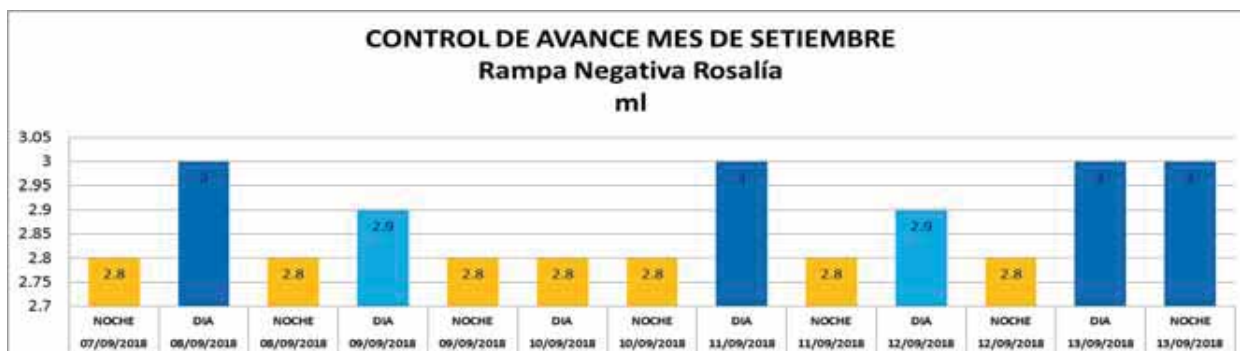


Figura 79 Control de avance por día

Tabla 22
Reporte de campo mes de setiembre 2018

CONTROL DE AVANCE Y SOBROTURA SEMANAL																
MES: setiembre				SEMANA: 2				ZONA: I								
SUPERVISOR DIA: Leonidas Soto								JEFE DE GUARDIA DE DIA: Clever Palomino								
SUPERVISOR NOCHE: Paulino Cabana								JEFE DE GUARDIA DE NOCHE: Vidal Chambi								
LAVOR	SECCION	FECHA	14/09/2018	14/09/2018	15/09/2018	15/09/2018	16/09/2018	16/09/2018	17/09/2018	17/09/2018	18/09/2018	18/09/2018	19/09/2018	19/09/2018	20/09/2018	20/09/2018
		TURNOS	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE
Rp 4937	4.50*4.0	CONTRA	4.1	7.1	10	13	15.8	18.8	21.6	24.6	3.4	6.4	9.2	12.3	15	18
		AVANCE	3	3	2.9	3	2.8	3	2.8	3	2.8	3	2.8	3	2.8	3
		SECCIONREAL	4.60*4.10	4.65*4.15	4.60*4.15	4.65*4.10	4.60*4.15	4.65*4.10	4.60*4.15	4.60*4.10	4.60*4.10	4.55*4.15	4.55*4.10	4.60*4.10	4.60*4.15	4.65*4.00
		CONTRA														
		AVANCE														
		SECCIONREAL														

Datos reporte de operaciones IESA S.A

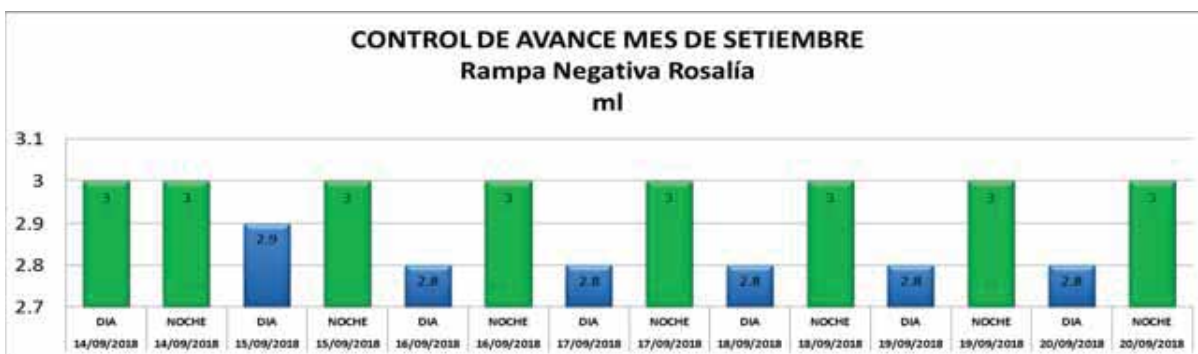


Figura 79 Control de avance por día.

Tabla 23
Reporte de campo mes de setiembre-octubre 2018

CONTROL DE AVANCE Y SOBROTURA SEMANAL																
MES: setiembre-Octubre				SEMANA: 2				ZONA: I								
SUPERVISOR DIA: Leonidas Pumacota								JEFE DE GUARDIA DE DIA: Ever Saico								
SUPERVISOR NOCHE: Leonidas Soto								JEFE DE GUARDIA DE NOCHE: Clever Palomino								
LAVOR	SECCION	FECHA	28/09/2018	28/09/2018	29/09/2018	29/09/2018	30/09/2018	30/10/2018	01/10/2018	01/10/2018	02/10/2018	02/10/2018	03/10/2018	03/10/2018	04/10/2018	04/10/2018
		TURNOS	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE
Rp 4937	4.50*4.0	CONTRA	2.7	5.7	8.6	11.4	14.4	17.2	20.2	23	2.1	4.9	7.9	10.7	13.7	16.8
		AVANCE	2.5	3	2.9	2.8	3	2.8	3	2.8	3	2.8	3	2.8	3	2.8
		SECCIONREAL	4.55*4.10	4.60*4.15	4.60*4.15	4.65*4.10	4.55*4.15	4.60*4.15	4.65*4.10	4.60*4.10	4.65*4.0	4.65*4.15	4.60*4.15	4.55*4.10	4.60*4.10	4.60*4.00
		CONTRA														
		AVANCE														
		SECCIONREAL														

Datos reporte de operaciones IESA S.A

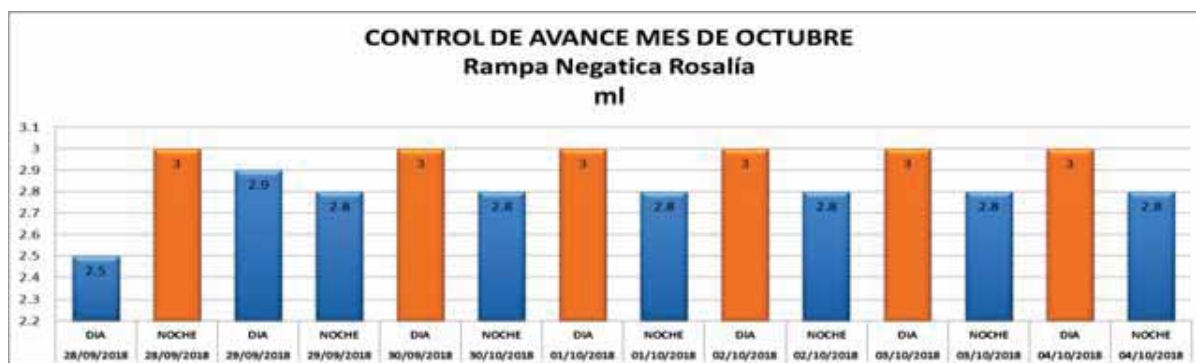


Figura 80 Control de avance por día

Se ejecutaron en un mes aplicando PHVA 145 metros lineales de avance. Este avance significa ejecutar el proyecto según lo planificado y se mantiene un promedio de avance sin perjudicar los estándares y procedimientos en seguridad durante su ejecución, el proyecto debe culminar aproximadamente en 1.25 meses según el planeamiento con PHVA.

5.3. Verificar:

Se verifica si se ha alcanzado el objetivo. Es necesario controlar si lo que se ha definido se desarrolla correctamente.

Al verificar los resultados del control de avance podemos definir que durante los meses de estudio se ha verificado que el trabajo de mayor efectividad en la ejecución del proyecto se dio durante el turno de noche y dependiendo también del supervisor responsable que realiza la actividad, verificando también en hacer cumplir estrictamente todos los estándares y procedimiento en seguridad, acto y condición sub estándar, capacitación al personal en los temas de seguridad y salud ocupacional.

Al contrastar los resultados obtenidos según el planeamiento (planear) y la ejecución operativa (hacer) tenemos trabajos realizados que demuestran los resultados por mes en el avance lineal de la Rampa Negativa Rosalía, en los siguientes cuadros se el avance uniforme con el control y el planeamiento con PHVA.

Tabla 24

Contro de avance regular según el reporte julio-agosto 2019

CONTROL DE AVANCE Y SOBRETURTA SEMANAL																	
MES: julio-agosto 2018		SEMANA 1										ZONA I					
SUPERVISOR DIA: Leonidas Pumacota		JEFE DE GUARDIA DE DIA: Ever Saico															
SUPERVISOR NOCHE: Leonidas Soto		JEFE DE GUARDIA DE NOCHE: Clever Palomino															
LAVOR	SECCION	FECHA		27/07/2018		28/07/2018		29/07/2018		30/07/2018		31/07/2018		01/08/2018		02/08/2018	
		TURNO	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	
Rp 4937	4.50*4.0	CONTRA	5.5	8	10.5	13	15.5	18	20.5	23	25.5	28	30.9	33.5	36.4	39.2	
		AVANCE	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.9	2.6	2.9	2.8	
		SECCIONREAL	4.60*4.15	4.7*4.3	4.75*4.25	4.7*4.3	4.55*3.9	4.6*4.25	4.65*4.2	4.6*4.2	4.65*4.15	4.6*4.3	4.55*4.10	4.6*4.2	4.55*4.10	4.55*4.10	
		CONTRA															
		AVANCE															
		SECCIONREAL															

Datos reporte de operaciones IESA S.A

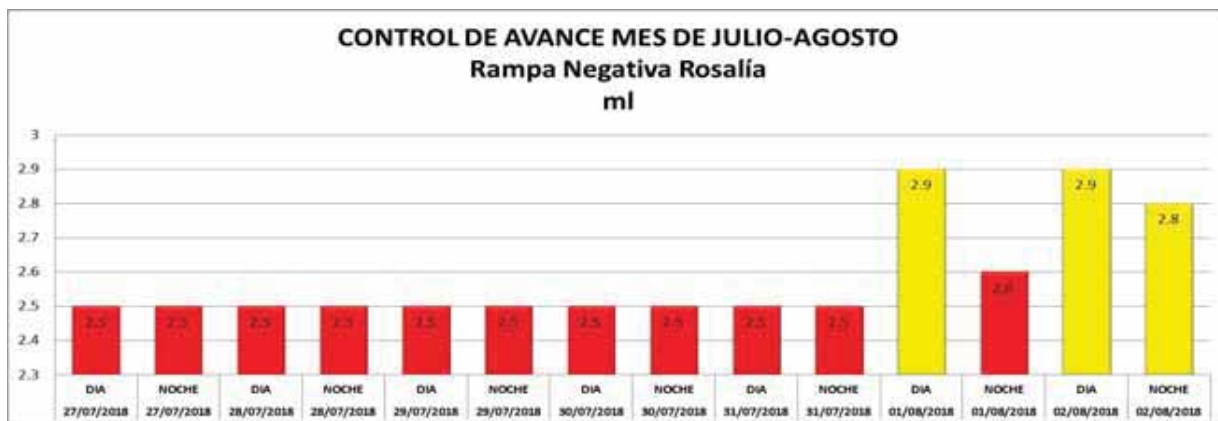


Figura 81 El grafico de barras demuestra el avance regular

En la (tabla 24 y figuras 81) demuestra el avance regular durante los dos turnos del día, iniciando con problemas en la perforación no marcaron la malla, mala distribución de la carga explosiva, se genera la sobre rotura.

Tabla 25
Control de avance optimo según el reporte agosto 2019

CONTROL DE AVANCE Y SOBRETURA SEMANAL																
MES: agosto				SEMANA: 2								ZONA: I				
SUPERVISOR DIA: Leonidas Pumacota				JEFE DE GUARDIA DE DIA: Ever Saico												
SUPERVISOR NOCHE: Paulino Cabana				JEFE DE GUARDIA DE NOCHE: Vidal Chambi												
LAVOR	SECCION	FECHA	03/08/2018	03/08/2018	04/08/2018	04/08/2018	05/08/2018	05/08/2018	06/08/2018	06/08/2018	07/08/2018	07/08/2018	08/08/2018	08/08/2018	09/08/2018	09/08/2018
		TURNO	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE
Rp 4937	4.50*4.0	CONTRA	6.8	9.7	12.5	15.4	18.3	21.2	24.1	27	29.9	32.8	35.7	37.6	40.6	43.6
		AVANCE	2.9	2.9	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3	3
		SECCIONREAL	4.55*4.10	4.60*4.15	4.55*4.15	4.55*4.10	4.60*4.10	4.60*4.15	4.60*4.10	4.55*4.15	4.60*4.10	4.65*4.15	4.55*4.10	4.50*4.15	4.55*4.0	4.55*4.10
		CONTRA														
		AVANCE														
		SECCIONREAL														

Datos reporte de operaciones IESA S.A

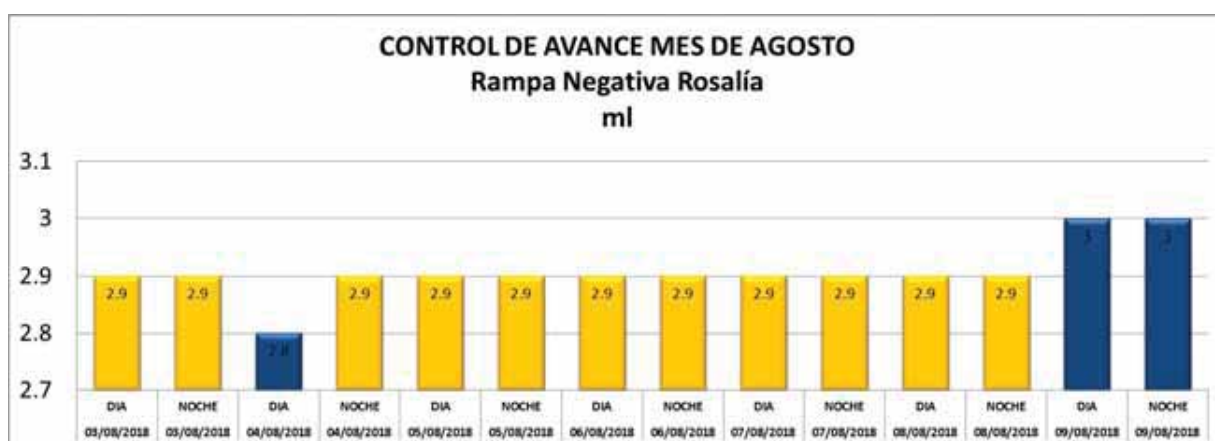


Figura 82 El grafico de barras demuestra el avance optimo

En la (tabla 25 y figura 82) demuestran que el avance fue óptimo durante los dos turnos del día, llevando un mejor control en la perforación y el carguío de explosivos con un buen factor de carga, controlando la sobre rotura, optimizando en el sostenimiento con shotcrete y perno hydrabolt.

5.3.1. Avance Lineal

Para el análisis de costos unitarios es necesario mencionar los ítems de los costos directos que contemplan dentro de la estructura de un PU, Mano de obra, Aceros de perforación, Herramientas, Implementos de seguridad, Equipos de perforación y limpieza y costo de la ejecución de la cuneta para el drenaje de las aguas subterráneas.

Estos costos son elaborados por la E.E. IESA SA. Quien está encargado de la ejecución de la rampa en estudio y revisado por ambas partes (IESA – Minera Arcata) con las áreas de planeamiento de minas conjuntamente con costos y presupuestos de la Unidad, siendo aprobadas las tarifas por la gerencia corporativa y de la unidad.

En la estructura del precio unitario (PU) a parte de los costos directos intervienen otros rubros que también tienen que ser considerados para la elaboración de una tarifa unitaria, tales como Utilidades, Gastos generales, Explosivos, Combustible, etc. Denominados como costos indirectos dentro de la estructura de la empresa ejecutora de la Rampa.

5.3.2. Análisis de costos planificando con y sin PHVA

Tabla 26
Análisis de costos con y sin PHVA

ACTIVIDAD	ml/día	MES	ml/mes	Tiempo de ejecución	Total ml del proyecto	Duración del proyecto (días)	costo unitario/ml
Avance regular/día sin PHVA	5	30	150	1.5	225	45	2,186.82
Avance optimo/día con PHVA	6	30	180	1.25	225	37.5	2,186.82

Datos Elaboración propia

Tabla N°27
Cuadro Análisis de costos por mes

ACTIVIDAD	Duración del proyecto (días)	costo unitario/ml	Costo por mes
costo/mes sin PHVA	45	S/ 2,186.82	S/ 98,406.90
costo/mes con PHVA	37.5	S/ 2,186.82	S/ 82,005.75

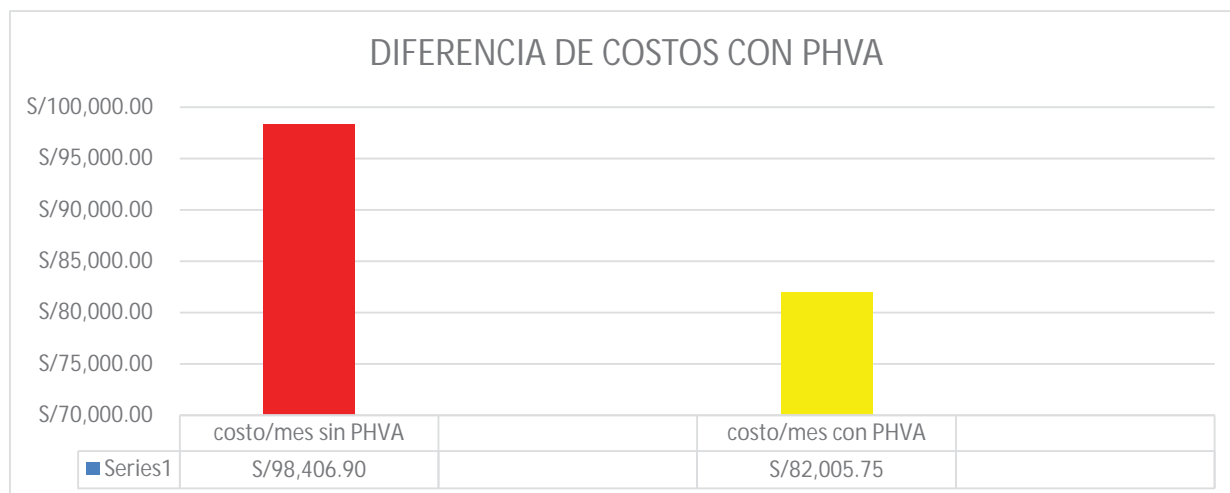


Figura 83 Elaboración propia

Ahorro óptimo aplicando mejora continua en proceso de Hacer, Verificar y actuar en el ciclo de minado de perforación y voladura del ciclo de Deming (PHVA)

AHORRO DE COSTOS APLICANDO PHVA	S/16,401.15
--	--------------------

5.4. Actuar:

Esta fase sirve para normalizar la solución del problema y establecer las condiciones que permiten mantenerlo. Pueden darse dos situaciones, si se ha logrado el objetivo y si no se ha logrado se tiene que volver a examinar todo el ciclo para identificar los errores e iniciar un nuevo ciclo PHVA.

Los problemas generados por la mala supervisión son los siguientes:

- ***Perforación sin pintar la malla*** esto ocasiona que el frente de trabajo no está diseñado adecuadamente según los estándares y procedimientos en la distribución simétrica de los taladros antes de iniciar la perforación, la acción correctiva es cumplir con los estándares y procedimientos establecidos en la Minera Arcata.
- ***Paralelismo de los taladros***, acción operativa y destreza de los perforistas, en esta situación la acción correctiva es capacitar más al personal en perforación, utilizar los guidores en el momento de la perforación para el control del paralelismo de los taladros.
- ***Deficiencia de carguío según estado de terreno***, el personal debe estar debidamente capacitado y con experiencia en el manipuleo de explosivos y el carguío a los taladros, limpieza adecuada de los taladros problema de formación geológica terreno altamente fisurada con presencia de diaclasa.

- ***Sobre rotura***, por la cantidad de explosivo utilizado se genera la sobre rotura de roca, esto genera mayor inestabilidad de terreno e incrementa en el costo de sostenimiento.
- ***Mala distribución de faneles***, los accesorios de voladura deben estar debidamente distribuidos según el tiempo de retardo que se requiera en la distribución de los taladros para la secuencia de salida, evitando los tiros cortados y soplados.
- ***Falta taladros de alivio en la corona***, según el análisis diario en voladura se debe controlar los taladros de alivio que trabajan como una cara libre y distribuyen adecuadamente la potencia del explosivo en el frente.
- El marcado del centro de línea, es muy importante para llevar la dirección de la labor, el perforista se orienta con esta dirección para perforar y la debida orientación del jumbo en el momento de la perforación, además se debe marcar o pintar la rasante de la labor para llevar un mejor control en el avance.



Figura 84. Amarre de fanel con el cordón detonante, *Fuente: fotografía propia de mina Arcata*



Figura 85. El amarre con el Sistema Carmex al Cordón Detonante para dar el inicio de voladura
Fuente: fotografía propia de mina Arcata



Figura 86 Perforación con Jumbo con marcado de malla y pintado línea centro (dirección de la labor) *Fuente: fotografía propia de mina Arcata*

Durante la ejecución del proyecto de la Rampa Negativa Rosalía se ha tenido deficiencias en disparos tales como disparos soplados, anillados y cortados, muchos de estos se debió a los factores geológicos del macizo rocoso en los primeros metros de avance, y algunos de ellos se han producido por factores operacionales y de la disponibilidad de los productos de voladura.

Aplicando el PHVA se ha optimizado en toda la operación en la Minera Arcata.

CONCLUSIONES

- El punto con mayores problemas en la ejecución del ciclo de minado fue en la perforación (falta de pintado de malla y línea centro, corona sin taladros de alivio) y voladura (falla en el carguío y distribución de salida).en el que involucra el Hacer, Verificar y Actuar. En el resto de actividades unitarias se cumple el PHVA.
- La Mejora Continua y Control de Calidad se ejecutó en el Hacer, Verificar y Actuar del PHVA en el ciclo de minado que involucra la perforación y voladura por lo que se incrementó los Avances de un 83.33% (2.5m/disp.) a un 96% (2.9-3m/disp).
- La Mejora Continua y el Control de Calidad en el proceso del ciclo hacer, Verificar y Actuar del PHVA en el ciclo de minado que involucra la perforación y voladura, elimina voladuras secundarias y minimiza las sobreroturas en la sección en un 80% (4.75x4.30 a 4.55x4.05).
- Aplicando la mejora continua y control de calidad con PHVA se cumple al 100% los estándares y procedimientos en el que involucra pintado de malla, marcado de línea centro, paralelismo de taladros; en la construcción de la rampa negativa Rosalía.

RECOMENDACIONES

- El ciclo PHVA, constituye un método que mejora las operaciones mineras sustancialmente a nivel de costos, avances y seguridad, utilizarlo en cualquier actividad humana.
- Los encargados de supervisar la ejecución de la rampa negativa Rosalía deben de tener amplio conocimiento y capacitaciones para la aplicación del ciclo PHVA; y cumplir los estándares y procedimientos.
- Se recomienda aplicar el PHVA también en labores de desarrollo, explotación y a cualquier proceso dentro de Minera Arcata.

BIBLIOGRAFÍA

- Clemente Lazo José *“Análisis de minería costos de operación en subterránea” – Huancayo 2009*
- Clemente Ygnacio Tomas *“Análisis de costos de operación en minería Subterránea y evaluación de proyectos mineros” - 2009*
- GustafssonRune: *“Técnica Sueca de Voladuras”*. Suecia 1977.
- YoshitzuHirosaki: *“Detonation Characteristics of Emulsion Explosives as Function of Void Size and Volume”*. 1997.
- López Jimeno: *“Manual de Perforación y Voladura de Rocas”*. Madrid 1996.
- EXSA S.A: *“Manual práctico de voladura”*. Lima servicios copias gráficas.
- Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional *DS N° 024 – 2016 – EM. y su modificatoria DS N° 023 – 2017 – EM.*
- Minera Arcata: *“Planeamiento, políticas internas de la unidad e informe de geología”*.
- Ing. Pedro H. Tumialán, Ing. Arnaldo Carrillo Gil, Ing. Mario Cedrón Lassus y otros *Diseño de Túneles. American Concrete Institute.*
- Alvarez Editorial Rueda Laureano Cornejo. Madrid1988. *“Excavación Mecánica de Túneles.”*
- Oscar Llanque Maquera, Vidal Navarro Torres, Jorge Durant Broden y otros. Ed. Perú Ofset Editores. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería de Minas. Puno, 1999. *“Explotación Subterránea. Métodos y casos prácticos”*.
- IESA S.A *Data de perforación y voladura*
- Calvin J. Konya, Enrique Albarran N.: *“Diseño de Voladuras”, ediciones cautil, México 1998.*
- J. Valdivia ramos 2017 *“Equipos de mejora continua en una empresa del rubro de minería”*.

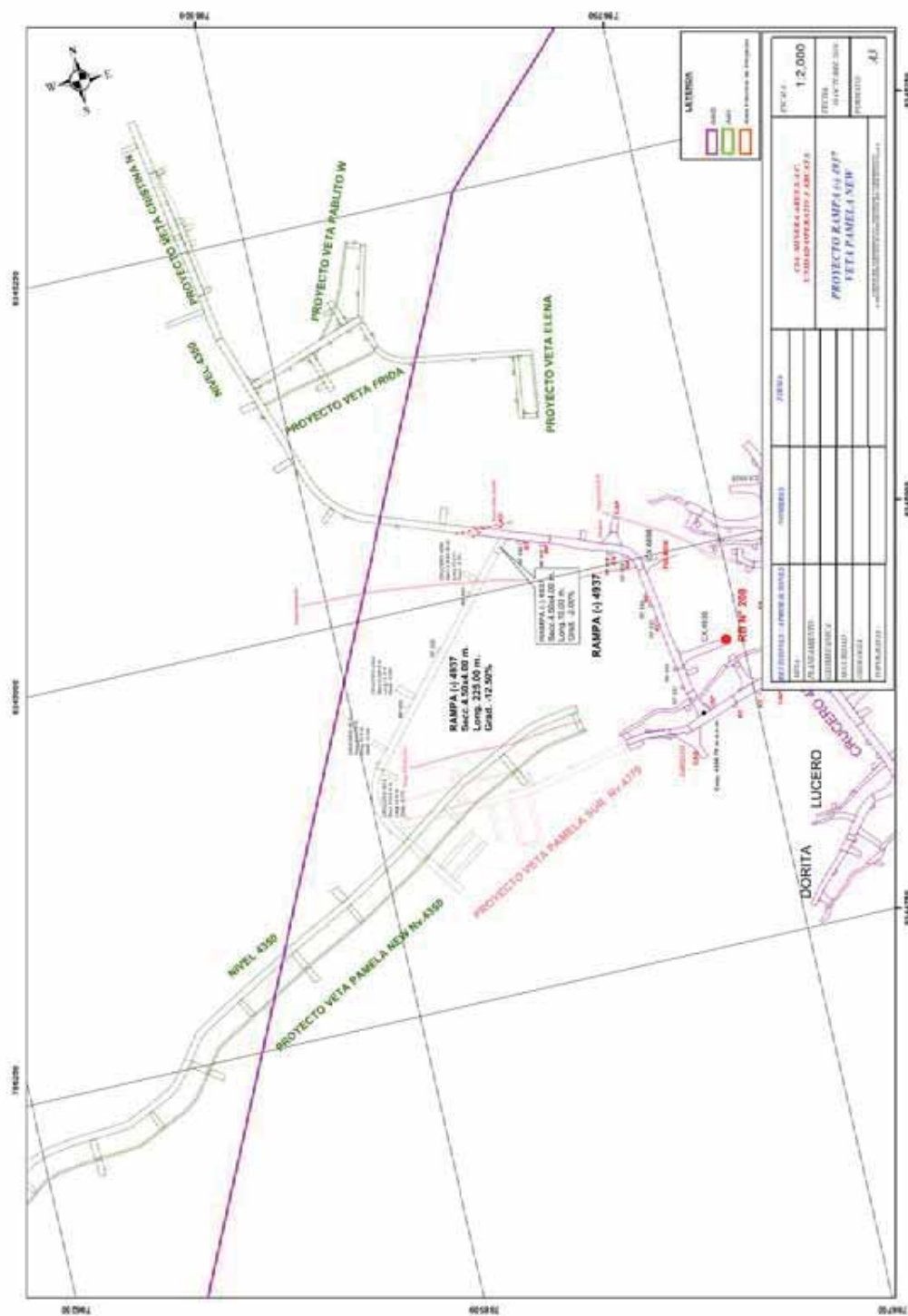
M. Olaya 2007 *“Aplicación del ciclo PHVA en labores de exploración, desarrollo y preparación”*.

INTERNET

http://www.buscarportal.com/articulos/iso_9001_gestion_calidad.html
http://www.buscarportal.com/articulos/iso_9001_mejora_continua.html
www.eguillen.com/images/articulo_amigo/planear_hacer_verificar_actuar.pdf
www.blog-top.com/el-ciclo-phva-planear-hacer-verificar-actuar/
www.estrucplan.com.ar/Articulos/mejora.asp
<http://es.geocities.com/dvalladares66/ger/ii/CicloDeming.htm>
www.gestiopolis.com/canales5/ger/gksa/35.htm
<http://www.monografias.com/trabajos6/inso/inso.shtml>
<http://johnnavas.galeon.com/index.html>
<http://es.wikipedia.org/wiki/OHSAS>
<http://www.observatoriorsc.org/descargas/biblioteca/documentos/guias/133.NORMA%20OHSAS%2018001.doc>
<http://www.monografias.com/trabajos6/iso/iso.shtml#intro>
<http://www.monografias.com/trabajos11/contrest/contrest.shtml#INTRO#INTRO>
<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/eco/diagramapareto.htm>
http://www.infomipyme.com/Docs/GENERAL/Offline/GDE_08.htm

ANEXOS

ANEXO 01: PLANOS DEL PROYECTO RAMPA NEGATIVA ROSALIA.



Fuente: Planeamiento de Minado - Arcata

**ANEXO 03: ILUMINACIÓN Y SEÑALIZACIÓN DE LA RAMPA NEGATIVA
ROSALÍA**



Fuente: fotografía propia mina Arcata