

**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y METALURGICA.**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**TESIS**

---

**“PROFUNDIZACIÓN DEL PIQUE MANUELITA UTILIZANDO EQUIPO ALIMAK  
Y PLATAFORMA BLASTING SET EN LA CIA. MINERA MOROCOCHA – JUNIN.”**

---

**PRESENTADO POR:**

BACH. ING. HENRY TECSI CABRERA

**PARA:**

OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

**ASESOR:**

ING. TOMAS ACHANCCARAY PUMA

CUSCO - PERÚ

2019

## **DEDICATORIA.**

A la virgen Chanka y al Sr de Coyllority en quienes deposito mi Fe y por ser la luz en mis sueños y lumbrera en mi camino.

A mis padres Octaviana y Cirilo por todo su apoyo incondicional quienes desde pequeño me enseñaron a respetar y hacer de este mundo cada vez mejor. Es por ello que me enorgullezco de ellos y le agradezco a Dios por tenerlos a mi lado. Ahora me sirven de ejemplo para ser un gran padre.

A mi esposa Karina y a mi hijo Jhordan Estefano que son mi soporte y por quienes hay que seguir mejorando.

A mis hermanos Edwin, Roxana, Anabel por su gran apoyo y estar cerca durante mi formación.

A mis familiares quienes siempre estuvieron cerca y me acompañaron durante mi formación

## **AGRADECIMIENTO.**

Deseo expresar un profundo agradecimiento a todas las personas que colaboraron con el desarrollo del presente trabajo de Investigación, a los amigos e Ingenieros de la empresa especializada Mining Solutions S.A.C., especialista en la construcción de Piques. Donde labore y se me permitió desarrollar el presente trabajo.

A los ingenieros de la Escuela Profesional de Ingeniería Minas de la Universidad Nacional de San Antonio Abad de Cusco. Forjadores de profesionales con mística minera.

Al Ing. Javier Ponce de León, por su colaboración, cooperación y orientación durante la investigación del trabajo.

Al Ing. Tomas Achanccaray Puma, por su orientación y asesoramiento en el desarrollo de la presente tesis.

## PRESENTACION

Señores miembros del Jurado:

De conformidad con lo establecido en la “Directiva del Otorgamiento del Título Profesional de Ingeniero de Minas en la Opción de PROING Sustentación de Tesis en la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de San Antonio Abad de Cusco”, someto a vuestra consideración el presente Trabajo de Investigación, titulado: “**PROFUNDIZACIÓN DEL PIQUE MANUELITA UTILIZANDO EQUIPO ALIMAK Y PLATAFORMA BLASTING SET EN LA CIA. MINERA MOROCOCHA – JUNIN**” y que considero se ajusta a lo exigido por la Escuela Profesional de Ingeniería Minas.

Espero que este trabajo satisfaga los requerimientos que se exigen normativamente para la obtención del Título Profesional de Ingeniero de Minas y además que sirva como documento de consulta y referencia para la formación de nuevos profesionales.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas mineras buscan optimizar todos sus procesos, y para ello requieren la aplicación de un desarrollo tecnológico, económico y profesional para obtener mayores beneficios.

Compañía Minera Argentum es una importante empresa minera de zinc en el Perú con una contribución promedio de 430 Kg Au mensual en el 2011, trabajando a un ritmo de 45,500 TM/mes con una ley de cabeza promedio de 10.00 Au gr/TM.

El trabajo de tesis fue elaborado en la unidad minera Morococha donde se está profundizando esta mina mediante la rampa 900 el cual permitirá llegar a crear más labores de producción para su explotación reemplazando aquellas agotadas y reconociendo más zonas mineralizadas. Para agilizar las operaciones de profundización se debe construir proyectos de desarrollo entre estas chimeneas que sirvan como ventilación, servicios, echaderos, caminos, etc.

El trabajo ejecutado contempla las mejoras en la eficiencia, velocidad, sostenimiento, en tiempos de ejecución, tiempos de evacuación ya sea mineral o desmonte mayor eficiencia en las condiciones de seguridad y diseño en la construcción de chimeneas con el método Raise Climber utilizando equipo

Para su mayor comprensión, la presente investigación se ha dividido en 6 capítulos los cuales son los siguientes:

El Capítulo I, del marco metodológico, en el cual se detalla el tipo, nivel método y diseño de investigación, además de las técnicas de recolección de datos y el procesamiento de información. Que trata sobre el problema de investigación; en donde se visualiza el planteamiento y formulación del problema, la justificación, los respectivos objetivos de investigación, seguido de la justificación e importancia.

El Capítulo II, trata de los aspectos geológicos de la unidad operativa morococha en la mina Manuelita.

El Capítulo III, trata de las operaciones mineras realizadas en la mina Manuelita, los métodos de explotación empleados y los respectivos tipos de sostenimiento.

El Capítulo IV, del marco teórico conceptual de la investigación; donde se aprecia primero los antecedentes y luego la información teórica relevante sobre los estudios en la construcción de chimeneas con el método Raise Climber utilizando equipo Alimak, secuencia operacional, definición de términos básicos utilizados en la investigación, seguido de la hipótesis y el sistema de variables.

El Capitulo V, trata sobre el proceso constructivo del pique Manuelita pasa a paso detallando los procesos constructivos de los bolsillos y la construcción del loding pocket

El Capítulo VI, se detalla los rendimientos, las ventajas y desventajas, los precios unitarios de las actividades en el proceso constructivo.

Se complementa con las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los respectivos anexos del presente trabajo de investigación.

## RESUMEN

El Pique Manuelita de la mina Morococha, actualmente ejecutando, es el acceso principal de la zona Manuelita de la Compañía Minera Argentum ubicado en el departamento de Junín, la profundización del pique Manuelita será construido por la contrata especializada Mining Solutions S.A.C (MISOL). La Profundización del Pique Manuelita es desde el Nv. 510 hasta el Nv. 540, es con la finalidad de izar mineral y desmonte de los nuevos frentes de trabajo e incrementar la producción de la zona Manuelita.

Se ha contemplado en el proyecto: La comunicación del Pique Manuelita hasta el Nv. 540, construcción de la estación en el nivel 510 y montaje del equipamiento del Loading Pocket que se ubicará aproximadamente en el nivel 530.

El diseño de la infraestructura del pique, el planeamiento y los detalles fueron elaborados cuidadosamente por el área de ingeniería de Mining Solutions, considerando el centro de gravedad de las vetas con mineral económico, la distancia mas corta a las vetas mineralizados, facilidad de acarreo hacia superficie, calidad de roca, permisos ambientales, área potencial a explorarse, longitud total de profundización de pique y el sistema de extracción con baldes – Skips de vuelco lateral; de la misma manera se enuncia el requerimiento, la evaluación , elección de winche de izaje.

## ÍNDICE

DEDICATORIA	02
AGRADECIMIENTO	03
PRESENTACION	04
INTRODUCCIÓN	05
RESUMEN	08

### **CAPÍTULO I**

#### **PROYECTO DE INVESTIGACION Y ASPECTOS GENERALES**

1.1	Planteamiento Del Problema	12
1.2	Formulación Del Problema	12
1.2.1	Problema Principal	12
1.2.2	Problemas Específicos	12
1.3	Objetivos De La Investigación	13
1.3.1	Objetivo Principal	13
1.3.2	Objetivos Específicos	13
1.4	Justificación Y Delimitación Del Problema	13
1.4.1	Justificación De La Investigación	13
1.4.2	Delimitación De La Investigación.	14
1.5	Hipótesis	14
1.5.1	Hipótesis Principal	14
1.5.2	Hipótesis Especificas	14
1.6	Metodología De La Investigación	14
1.6.1	Tipo De Investigación	14
1.7	Aspectos Generales Del Área De Estudio	15
1.7.1	Ubicación	16
1.7.2	Accesibilidad	17
1.7.3	Historia	17
1.7.4	Geomorfología	18
1.8	Recursos Naturales	20
1.9	Fuerza Laboral Y Materiales	21
1.9.1	Equipamiento Necesario	21

### **CAPITULO II**

#### **ASPECTOS GEOLOGICOS**

2.1	Geología Regional	24
2.1.1	Estratigrafía	24
2.1.2	Litología	24
2.1.3	Rocas Sedimentarias Mesozoicas	25
2.1.4	Rocas Intrusivas Terciarias	25
2.2	Geología Local	30
2.2.1	Litología	31
2.3	Geología Estructural	31

2.3.1 Pliegues	33
2.3.2 Fallas	34
2.3.3 Fracturas	35
2.4 Geología Económica	35
2.4.1 Tipo De Yacimiento	35
2.4.2 Mineralización	36
2.4.3 Alteraciones Hidrotermal	38
2.4.4 Controles De Mineralización	38
2.4.5 Reservas De Mineral Y Vida De Mina	39
2.5 Condiciones Geomecánicas	41
2.5.1 Evaluación Geomecánica	42
2.5.2 Estudios Anteriores	43
2.5.3 Perforaciones Diamantinas-Pique Manuelita	44
2.5.4 Características Geomecánicas En La Profundización Del Pique Manuelita	48
2.5.5 Calidad Y Clase De Roca	50
2.5.6 Resumen De Parámetros Geomecánicos	52

### **CAPITULO III MARCO TEORICO**

3.1 Optimización	54
3.2 Profundización De La Explotación	54
3.3 Aspectos Generales En Minería Con El Método Raise Climber Utilizando Equipo Alimak	55
3.3.1 Accesorio Del Equipo Alimak	58
3.4 Sistema De Izaje	60
3.5 Plataforma De Trabajo De Blasting Set	62
3.5.1 Elementos Del Blasting Set	62
3.6 Características Del Diseño De Pique	63
3.7.4 Métodos De Excavación	64
3.7.5 Dimensiones Del Pique	66
3.7 Métodos De Excavación	68
3.7.1 Construcción Del Pique Piloto	69
3.7.2 Construcción Del Pique A Plena Sección	70
3.7.3 Sostenimiento	77

### **CAPITULO IV OPERACIONES MINA.**

4 Operaciones Mina.	80
4.1 Método De Explotación Corte Y Relleno Ascendente.	80
4.1.1 Preparación De La Base Del Tajo.	81
4.1.2 Perforación.	82
4.1.3 Carguío Del Mineral.	83
4.1.4 Construcción De Ore Pass.	83
4.1.5 Rellenos.	84
4.1.6 Ciclo De Producción.	85
4.2 Método Sub Level Stopping.	85
4.2.1 Carguío Del Mineral.	86
4.2.2 Preparación.	86
4.2.3 Diseño De Minado.	87
4.2.4 Carguío Y Voladura.	88

4.2.5 Limpieza De Mineral.	88
4.2.6 Chimenea V.C.R.	88
4.3 Sostenimiento.	88
4.4 Drenaje	96
4.5 Ventilación	96

## **CAPITULO V PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PIQUE MANUELITA**

5. Proceso Constructivo Del Pique Manuelita	97
5.1. Excavación De Pique Manuelita	98
5.2 Construcción De Bolsillos	115
5.2.1 Proceso Constructivo De Los Bolsillos	115
5.2.2 Excavación De Los Bolsillos	116
5.3 Montaje De Loading Pocket	124
5.3.1 Izaje De Dosificadores Hacia Cámara De Loading Pocket	124
5.3.2 Cortado De Columnas	126
5.3.3 Montaje De Cuadros De Madera En El Loading Pocket	126
5.3.4 Montaje De Bearing	126
5.3.5 Hermetizado De Piso De Loading Pocket	127
5.3.6 Montaje de columnas metálicas y vigas	128
5.3.7 Montaje de soporte de dosificador y soporte de compuerta tipo guillotina	128
5.3.8 Montaje de soporte de pistones	139
5.3.9 Montaje de dosificadores	130
5.3.10 Montaje de chutes	131
5.3.11 Montaje de pistones y compuertas de chute	131
5.3.12 Montaje de baranda en los dos niveles y paneles de seguridad	131

## **CAPITULO VI RESULTADOS**

6.1 Resultados Finales	132
6.2 Discusión De Resultados	137
6.3 Rendimientos	137
6.4 Precios Unitarios	138
6.5 Ventajas Y Desventajas	145
<b>CONCLUSIONES</b>	146
<b>RECOMENDACIONES</b>	147
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	148
<b>ANEXO</b>	150

## **CAPÍTULO I**

### **PROYECTO DE INVESTIGACION Y ASPECTOS GENERALES**

#### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La unidad minera morocha con una producción de 2000 tm/día aproximadamente que actualmente está zonificado de la siguiente manera: Codiciada 50%, Cerro Nevada 40%, Manuelita 10%. Argentum requiere incrementar su producción de la zona Manuelita para alcanzar una producción de 100000 tm/mes.

En la zona Manuelita se cuenta con el pique Manuelita que fue rehabilitado en el 2012 por la empresa DUMAS hasta el nv 450, en la actualidad se cuenta con una rampa del nv 450 al nv 540 y labores en preparación. El mineral y desmonte de los niveles inferiores al nv 450 es extraído mediante una chimenea inclinada con vagones mineros U35 para ser depositados en los bolsillos de mineral o desmonte según corresponda. Demorando los trabajos en las operaciones, además de producirse acolchonamiento de gases producto de la operación de equipos a combustión interna debido a una deficiente ventilación. Por ello se requiere la profundización del pique Manuelita que brinde las mejores condiciones para la extracción de mineral y desmonte ya que en anterioridad se construyó

el pique de manera convencional con dificultades técnicas y económicas que ocasionaron: mayor incremento en el índice de accidentes ya sea por izaje de materiales, trabajos en altura, personal sin experiencia, trabajos de alto riesgo y problemas que se presentan en su momento como abundante filtración de agua, problemas geomecánicos, etc.

En la compañía minera Argentum se está optando por utilizar equipos que brinden al trabajador mayor seguridad, flexibilidad, velocidad en la construcción del pique por ello se está innovando diversos métodos en la construcción del pique como Raise Climber utilizando equipo Alimak, chimeneas Raise Boring, etc.

El método de construcción de chimeneas Raise Climber utilizando equipo Alimak, se puede aplicar en la construcción del pique, con la finalidad de mejorar el sistema de trabajo para optimizar en las operaciones, ya sea en los costos, tiempo de ejecución, tiempo de evacuación de mineral o desmonte, mayor eficiencia en el sostenimiento, en las condiciones de seguridad y diseños.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 PROBLEMA PRINCIPAL**

¿Cómo se realizará la profundización del pique Manuelita con la implementación de equipo Alimak y plataforma de trabajo Blasting set y cuáles serán los parámetros de operación?

### **1.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS**

¿Utilizando equipo Alimak se podrá construir piques pilotos con diferentes parámetros de diseño usando el método Raise Climber?

¿La utilización del Blasting set de qué manera permitirá optimizar la instalación de cuadros y evitar ser dañado?

¿Cuáles serán los parámetros técnico-económicos estandarizados en la construcción del pique con la implementación del equipo Alimak?

## **1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 OBJETIVO PRINCIPAL**

Ejecutar la profundización del pique utilizando equipo Alimak mediante el método de Raise Climber y plataforma de trabajo Blasting set para lograr parámetros operacionales eficientes.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Determinar la factibilidad de la construcción de chimeneas pilotos en diferentes parámetros de diseño usando el método Raise Climber.

Determinar la instalación de set de cuadros utilizando el Blasting set. Durante la construcción del pique Manuelita.

Establecer los estándares técnico-económicos en la construcción del pique, mediante la implementación del método Alimak y Blasting set

## **1.4 JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.4.1 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La extracción de mineral de las labores del nivel 510 es acarreado mediante scoops a cámaras de acumulación para posterior carguío a vagones U35 y trasladados hasta la chimenea inclinada para ser izados hasta el nivel 450; el acceso del personal hasta el nivel 450 se realiza en los skip, a partir de este nivel el personal se traslada por las chimeneas mediante escaleras hasta el nivel 510.

La excavación del pique Manuelita en mina Morococha ha sido siempre un trabajo costoso y de mucho riesgo que requiere un personal con mucha experiencia es por ello por lo que compañía minera Argentum encarga a la empresa Mining Solucion la profundización del pique manuelita.

Sea analizar varias técnicas de construcción del pique de los cuales el más conveniente es utilizando equipo Alimak y plataforma de trabajo Blasting set,

La profundización del pique Manuelita permitirá incrementar la producción de mineral creando nuevos puestos de trabajo.

## **1.4.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.**

En cuanto respecta al límite de espacio (área de trabajo). La investigación se realizará exclusivamente en Minería Subterránea en la profundización del pique Manuelita de la Mina Morococha, Junín.

Con respecto al límite de tiempo. El trabajo será durante el año 2017, y los resultados obtenidos tendrán validez para el futuro.

Con respecta al límite de actividad. La actividad será en el área de perforación y voladura en el nivel 480 al nivel 540.

Con respecto al límite de tipo de tecnología. La tecnología aplicada será principalmente equipos de perforación, voladura y accesorios.

## **1.5 HIPÓTESIS**

### **1.5.1 HIPOTESIS PRINCIPAL**

La implementación de equipo Alimak y plataforma de trabajo Blasting set en la construcción del pique Manuelita, optimizara la ejecución de las operaciones de profundización.

### **1.5.2 HIPOTESIS ESPECIFICAS**

La construcción de chimeneas piloto con equipo Alimak mediante el método de Raise Climber reducirá el tiempo de ejecución de la chimenea.

La utilización de Blasting set optimizara el tiempo de instalación de cuadros de madera y evitar ser afectados.

La utilización de equipo alimak mediante el método de raicé climber permitirá establecer las condiciones técnico - económicas en la construcción del pique Manuelita.

## **1.6 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

El método de investigación a emplear para el presente trabajo estará supeditado al método de investigación aplicado para lo cual se considera de la siguiente forma:

**Por el propósito o final perseguida,** es una Investigación Aplicada

**Por la clase de medios utilizados para obtener los datos:** es una Investigación de campo, se obtiene la información de la actividad en forma reiterada donde el investigador constantemente toma la información de campo. Esto nos permite con más seguridad establecer relación entre causa y efecto.

**Por el nivel de conocimientos que se adquieren,** es descriptivo por que dada sobre el diseño, ejecución y costos para la construcción del pique con una longitud de 80 metros en la mina Manuelita de la compañía minera Argentum

**Según la naturaleza de la información que se recoge para responder al problema de investigación,** es una Investigación cuantitativo, es decir la información que se obtiene en campo y el análisis del caso será numérica.

### **1.6.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Según Oseda, Dulio (2008:117) “el tipo de estudio de la presente investigación es aplicada por que persigue fines de aplicación directos e inmediatos. Busca la aplicación sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de teorías. Esta investigación busca conocer para hacer y para actuar”.

El tipo de investigación es aplicada, porque el presente trata de exponer e incrementar el dominio del profesional sobre el estudio experimental en el incremento de la producción mediante el diseño y profundización del pique Manuelita con la utilización de equipo alimak y blasting set en la mina Manuelita.

## **1.7 ASPECTOS GENERALES DEL AREA DE ESTUDIO**

La Compañía Minera Argentum S.A. se crea el 23 noviembre del 2003, está actualmente conformada luego del proceso de fusión con Empresa Minera Natividad S.A. por todos los activos de las Unidades - administrativas de Manuelita, Antícona y Morococha. Con fecha 20 de agosto de 2004 vía OPA, Pan American Silver Perú S.A.C. adquirió el 92.014% de las acciones comunes tomando total control administrativo y operacional de los activos de la empresa. La empresa produce y comercializa concentrados finos de plata y metales afines como plomo y zinc procedentes de la explotación de la mina y desarrollar actividades de exploración económicamente rentable de la mina. Alrededor de las instalaciones de las oficinas de la CIA minera Argentum también se encuentran otras compañías Mineras como: Austria Duvaz y Chinalco Perú. La CIA Minera Argentum cuenta con tres Unidades Económico-Administrativas (UEA): Morococha, Antícona y

Manuelita, localizadas en el departamento de Junín, provincia de Yauli y distrito de Morococha. Geográficamente se ubican en la Sierra Central del Perú a 142 km al Este de la ciudad de Lima y a 38 km al Oeste de la ciudad de la Oroya.

### **1.7.1 UBICACIÓN**

Ubicación del lugar de estudio La Compañía Minera Argentum S.A. Está ubicada en el distrito de Morococha, provincia de Yauli, departamento Junín, a una altitud promedio de 4543 m.s.n.m, ubicándose en su punto medio entre las coordenadas 8°717,480 N y 375°520 E. Geográficamente se ubica en la Sierra Central del Perú, a 142 km al este de la ciudad de Lima y a 38 km al Oeste de la ciudad de la Oroya, hay un desvío de carretera afirmada, que luego de recorrer aproximadamente 2 km, se llega a las instalaciones principales de la Unidad Minera.

#### **Ubicación Política**

La Compañía Minera Argentum S.A. Se encuentra ubicada:

Distrito: Morococha

Provincia: Yauli

Departamento: Junín

#### **Coordenadas Geográficas:**

Este: 375520

Norte: 8717480

Altitud: 4543 m.s.n.m

#### **Aspectos Ambientales:**

Temperatura: de -10 a 18 °C

Lluvias promedio mensuales: de 23 a 193 mm

Humedad relativa: de 65 a 75 %



Figura 1: *ubicación de la mina unidad minera Morococha*

*Fuente: Google earth*

### 1.7.2 ACCESIBILIDAD

El acceso al proyecto se realiza a través de la Carretera Central, la cual se encuentra totalmente asfaltada hasta Morococha, pasando a sólo 100 m de las instalaciones principales de esta Unidad Minera Argentum.

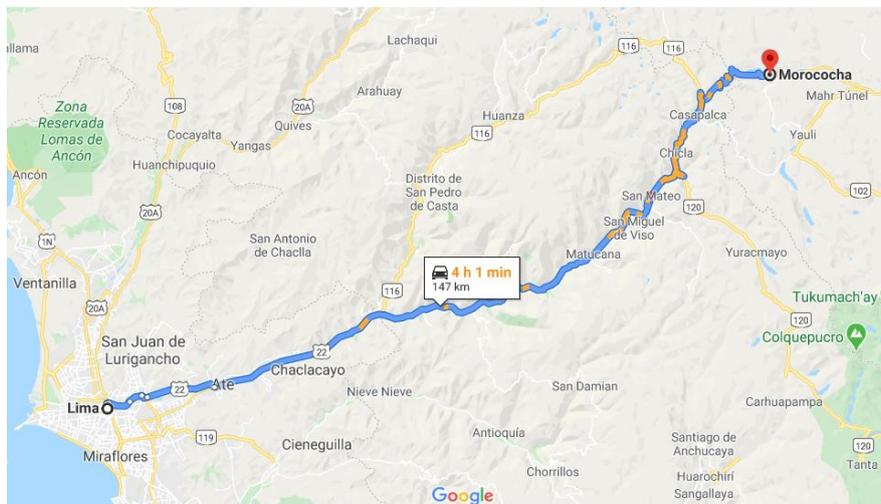


Figura 2: *accesibilidad desde lima por la carretera central hacia la mina Morococha*

*Fuente: Google earth*

### **1.7.3 HISTORIA**

Los registros Históricos indican que el distrito de Morococha fue explotado a pequeña escala durante el Período Inca, es decir, antes del año 1500. Alrededor del año 1760, los minerales oxidados que contenían plata fueron explotados en el área por mineros españoles.

Más adelante, en la década de 1850, la familia Pflücker comenzó a explotar algunas vetas de plata y construyó una pequeña planta de amalgamación en la zona de tuctu. A inicios del siglo XX, en los años 1906 y 1908, se establecieron dos compañías mineras en el área: Backus & Johnston del Perú y Morococha Mining Company.

En 1924 la Dirección Peruana de Minas y Petróleo reportó que las minas ubicadas en Morococha estaban produciendo alrededor de 1500 toneladas de minerales sulfurados que contenían más de 6% de Cu. En setiembre de 2003, Pan American Silver Perú S.A., adquiere los derechos de sociedad Minera Corona, de las Unidades Antícona y Manuelita a través de la compra de la Cía. Minera Argentum S.A.; y de la unidad Minera Morococha a través de la compra de la empresa Minera Natividad S.A. En marzo de 2005, Cía. Minera Argentum se fusiona con la empresa Minera Natividad S.A., quedando Cía. Minera Argentum S.A. (CMA), como titular de las unidades Mineras Antícona, Manuelita y Morococha. El proceso de exploración, extracción y procesamiento del yacimiento de Morococha pasó de una fundición a una planta de beneficio de flotación convencional, que procesa un promedio de 1850 toneladas por día de mineral polimetálico, obteniendo concentrados de plomo y zinc (Compañía Minera Argentum, 2009).

### **1.7.4 GEOMORFOLOGIA**

El área de estudio corresponde a la Cordillera Occidental. Presenta rasgos geomorfológicos glaciares y periglaciares, correspondiente a valles de típico modelado glaciar y zonas de altas cumbres con laderas pronunciadas.

Las geoformas que destacan corresponden a valles colgados, superficies estriadas, circos y lagunas glaciares. La geomorfología del área de estudio corresponde a un modelado típico de valle glaciar (en forma de “U”), destacando las unidades geomorfológicas:

- a) valle glaciar
- b) morrenas (sectores de Venecia, Huacracocho, Churuca)
- c) conos coluviales o talus de detritos en las laderas de los cerros.
- d) lecho fluvial (quebrada Viscas)
- e) montañas en rocas sedimentarias (cerros Shanshamarca y Huachamachay) de alineamiento andino NO-SE) y montañas en rocas intrusivas (cerro Natividad). (Luque, Gomez y Zavala, 2013).

**Morfológicamente** destacan los depósitos glaciares, los cuales presentan pendiente media a baja que cubren laderas y vertientes superiores y medias; también zonas con bofedales en pequeñas depresiones. Como consecuencia de la erosión glaciar, el valle donde se emplaza la zona en estudio es amplio (laguna Huascacocha, aguas abajo) y está cubierto por depósitos glaciares (morrenas) y fluvio-glaciares. La superficie del valle se presenta con pendiente suave; como consecuencia de ello, el río discurre con formas meándricas. Las terrazas fluvio-glaciares presentan superficies con pendientes suaves y laderas con pendientes moderadas que varían de 15° a 20° (Luque, Gomez y Zavala, 2013).

#### **1.7.4.1 LA FISIOGEOGRAFIA**

La fisiografía local se encuentra modificada por un gran número de desbroces y labores mineras (galerías subterráneas). Acompañan estas labores varios desechos mineros que incluyen: desmontes, relaves y chatarra. El poblado de Morococha está constituido por dos sectores bien definidos Morococha Antigua y Morococha Nueva. Una zona plano-ondulada fluvio-glaciar está limitada por alineamientos montañosos. Hacia el fondo se aprecia parte de las cumbres de la Cordillera Occidental son ligera cobertura de nieve.

#### **1.7.4.2 CLIMA Y VEGETACION**

El clima es frígido de tundra a veces gélido con temperaturas que descienden debajo de los 0 grados centígrados, con precipitaciones pluviales de 700 mm al año en forma variada, siendo los meses de diciembre, enero, febrero y marzo los de mayor precipitación pluvial.

El distrito de Morococha es la de menor cobertura animal y vegetal. La flora típica está conformada por la yareta, yaretilla, festuca, musgos y líquenes, también crecen hierbas como la huamanripa. De otro lado la Fauna es escasa y se ve esporádicamente el cóndor, la vizcachita y la vicuña macho.

#### **1.7.4.3 HIDROLOGIA Y DRENAJE**

Desde el punto de vista hidrogeológico las calizas del Grupo Pucará constituyen un acuífero principal de la zona. Su recarga se da principalmente por la infiltración de la lluvia y nieve derretida en las áreas montañosas que se originan en los márgenes del valle y de las filtraciones de las lagunas Huacracocha y Churuca.

El drenaje principal conduce las aguas de las vertientes locales naturales (laguna Huacracocha y vertientes menores) hacia la laguna Huascacocha; estas aguas alimentan al río Pucará aguas abajo (Subcuenca del río Yauli, microcuenca Huascacocha). En la microcuenca Huascacocha el caudal promedio medido en la quebrada Huascacocha es de 0,095 m<sup>3</sup> /s que incluye a Morococha y sus cuerpos de agua lenticos, presentando perturbaciones de origen antropogénico generado por las actividades mineras y urbanas históricas y actuales.

### **1.8 RECURSOS NATURALES**

Yauli, a diferencia de las otras provincias de Junín, se privilegia por poseer diez encantadores distritos, como La Oroya, Yauli, Marca pomacocha, Suitucancha, Santa Bárbara de Carhuacayan, Morococha, Chacapalpa y Huayhuay.

Entre sus principales atractivos turísticos, destacan Marccra punta, un cerro que se encuentra ubicado en Chacapalpa, sobre el cual se sitúan las ruinas prehispánicas de Chuchamarca.

El abrigo rocoso de Picharayoc, ubicado en el Valle de Tilarniyoc, es otro importante destino en Yauli, pues, en este lugar, se han podido encontrar diferentes restos arqueológicos tales como cerámicas y huesos de animales.

Los baños termales de la provincia de Yauli son también otro potencial atractivo. Se encuentran ubicados a tan solo 40 minutos de La Oroya. El ingreso tiene un módico costo de 5.00 soles.

Se dice que estos baños termales poseen minerales, los cuales son el producto de los restos volcánicos que fueron removidos por los terremotos, y, según los pobladores, sus calientes aguas curar diversas enfermedades tales como artritis o reumatismo.

## 1.9 FUERZA LABORAL Y MATERIALES

La profundización del pique Manuelita es ejecutado por la empresa Mining Solutions quien cuenta con dos guardias (día y noche) más una guardia de descanso, bajo el sistema 14x7, cada guardia cuenta con un equipo completo multidisciplinario y multifunción debido a la naturaleza de los trabajos que se ejecutan en el Pique, cada equipo de trabajo cuenta con los siguientes puestos:

Cuadro 1:

*Distribución de personal según cargos por cada guardia para la ejecución del pique Manuelita.*

GUARDIA TÍPICA		
Nº	CARGO	CANT.
1	CAPATAZ	1
2	Piqueros especializados	7
3	Winchero	1
4	Timbrero	1
5	Soldador	1
6	Electricista	1
7	Mecánico	1
8	Bodeguero	1
9	Obras Civiles	1
10	Chofer	1
	TOTAL	16

*Fuente: Mining Solutions*

### 1.9.1 EQUIPAMIENTO NECESARIO

Para la ejecución de esta parte del proyecto se a requerido materiales y equipos que fueron suministrados tanto por Compañía Minera Argentum como por Mining Solutions, se detallan a continuación estos equipos, materiales y herramientas:

#### 1.9.1.1 SUMINISTRO DE COMPAÑÍA MINERA ARGENTUM

Es responsabilidad de compañía minera Argentum el suministro de lo siguiente:

Cuadro 2:

*Suministro de materiales por parte de compañía minera Argentum para la ejecución del pique Manuelita.*

N°	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.
1	Tapón metálico tipo guardacabeza del piloto en techo de estación del Nv. 510.	UND	1
2	Plataforma metálica (blasting set) de trabajo en la profundización de pique.	UND	1
3	Vigas W 12 x 120, para la elaboración del tapón inclinado debajo del spill pocket del Pique Manuelita.	UND	6
4	Tapón metálico en el nv. 510 para ampliación del Pique y los dos bolsillos, según diseño.	UND	3
5	Escaleras metálicas de 5 m con guardas, para el acceso del personal	UND	6
6	Escaleras metálicas de 5 mt, para bolsillos de mineral y desmonte	UND	10
7	Explosivos y accesorios	KG	-
8	Fierro corrugado para refuerzo de concreto.	KG	-
9	Perno helicoidal	UND	-
10	Split set	UND	-
11	Concreto premezclado a pie de obra	M3	-
12	Malla electrosoldada	ROLL	-

*Fuente: Mining Solutions*

### 1.9.1.2 SUMINISTRO DE MINING SOLUTIONS

Es responsabilidad de Mining Solutions el suministro de lo siguiente:

Cuadro 3:

*Suministro de materiales y equipos por parte de Mining Solutions para la ejecución del pique Manuelita.*

N°	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.
1	Equipo Alimak	UND	1
2	Winche eléctrico de 3 ton, para izaje del tapón/balde de servicio para Profundización del Pique.	UND	1
3	Winche eléctrico de 3 ton, de Servicio y para movimiento de tapón para el Bolsillo 1 y 2.	UND	2
4	Tecles de 2 ton para el soporte de plataforma metálica de trabajo en el Pique.	UND	4
5	Escalera telescópica de 12 m.	UND	2
6	Accesorios para el sistema de izaje del tapón (poleas, cables, grilletes, grapas, etc.)	GLB	1
7	Máquinas para perforación y accesorios.	GLB	1

*Fuente: Mining Solutions*

## **CAPÍTULO II**

### **ASPECTOS GEOLÓGICOS**

#### **2.1 GEOLOGIA REGIONAL**

Las unidades estratigráficas que se encuentran en las propiedades son los volcánicos Catalina del grupo Mitu (pérmico): secuencia calcaría de la formación condorsinga del grupo Pucara (jurásico) y el intrusivo stock potosí (terciario)

##### **2.1.1 ESTRATIGRAFÍA**

El substrato rocoso está compuesto por rocas principalmente de naturaleza sedimentaria que incluye unidades del Grupo Mitu del Paleozoico (volcánico-sedimentarias), Grupo Pucará (calizas), Formación Goyllarisquizga (areniscas, lutitas y limolitas) y Formación Chulec (calizas y margas), los cuales afloran en la zona.

##### **2.1.2 LITOLOGÍA**

Durante este periodo la corteza del arco y trasarco estuvo térmicamente caliente, por lo tanto, la fusión cortical incremento y se formaron sistemas volcánicos

grandes de larga vida, los magmas tienen composición calcoalcalina y alcalina. El periodo más caliente se dio entre 24-18 Ma como evidencia se tiene los depósitos de ignimbritas con mayor volumen, durante 18-14 Ma la temperatura empieza a disminuir y se generan menor cantidad de ignimbritas, y durante 14-10 Ma el frente de arco migra hacia el oeste y se forman estratovolcanes y pequeñas calderas que emitieron menor volumen de ignimbritas. Al final de cada evento térmico la circulación de fluidos hidrotermales incremento y se formaron grandes depósitos epitermales y stock porfiríticos (hace 18 Ma: Alto Chicama, La Virgen, Michiquillay, Caylloma, Orcopampa. 14 Ma: Pierina, Selene, Cerro de Pasco, La Arena, Morococha, Chucapaca. 10 Ma: Yanacocha, Antamina, Colquijirca, Shila, Julcani, Raura, etc).

### **2.1.3 ROCAS SEDIMENTARIAS MESOZOICAS**

Cubriendo a las secuencias sedimentarias e intrusivas se encuentra depósitos recientes y antiguos pertenecientes al Cuaternario como

- a) morrenas,
- b) depósitos fluvio glaciares,
- c) depósitos fangosos que pueden llegar a tener una gran potencia (producto de las inundaciones o de la acumulación de agua en pequeñas y moderadas depresiones);
- d) en las laderas y zonas adyacentes podemos distinguir depósitos cuaternarios productos del acarreo gravitatorio (depósitos coluviales) y del acarreo proluvio – deluvial (conos deyectivos);
- e) Así como depósitos de origen antrópico (relaveras, escombreras).

### **2.1.4 ROCAS INTRUSIVAS TERCIARIAS**

Los principales eventos intrusivos ocurrieron durante el terciario, determinados luego como post-oligocenos y ubicados, luego, exactamente, entre el Mioceno medio y tardío. Estas rocas magmáticas terciarias son diferenciadas y divididas por su relación de intrusión, características petrológicas y sus edades datadas.

Estos factores revelan principalmente dos eventos magmáticos intrusivos distintos. Siendo estos conocidos de manera general como Intrusivo Antícona a

las rocas magmáticas más antiguas y series intrusivas Morococha a las rocas magmáticas más jóvenes. Sin embargo, otros dos cuerpos intrusivos fueron reconocidos los cuales cortan todas las unidades litológicas y no fueron incluidos en los dos eventos mencionados en este estudio los denominaremos como intrusivos finales.

**a) Intrusivo Antícona.** - Es el cuerpo ígneo de mayor área y volumen en el distrito, conocido como diorita Antícona debido a su composición, su textura varía de fanerítica a porfirítica de grano medio a grueso. Los análisis modales realizados serían reflejo de su variación, así, registró cuarzo hasta un 6%, 15-50% de plagioclasas y 10 a 30% de feldespato potásico; mientras que Álvarez (1999) lo caracteriza por su textura porfirítica y afirma una constitución de 5% de cuarzo, 12% de biotita, 3% de feldespato potásico y 75% de plagioclasa. La diorita Antícona aflora al NO del distrito, hacia el este intruye los sedimentos jurásicos y cretácicos y en la parte central este el contacto buza hacia el oeste reposando sub concordante con las capas de sedimentos Pucará. Su lado oeste intruye las capas rojas del terciario inferior. En fractura fresca es de color gris verdoso oscuro cambiando por el intemperismo a una variedad de grises y de marrón gris a marrón verdoso. La alteración que la diorita originó sobre las rocas sedimentarias circundantes fue de débil a moderada. El intrusivo presenta piritización moderada a ligera, en ciertas áreas, además de estar alterada a caolín y sericita. La mineralización es limitada pero presenta algunas vetas con mena de zinc, plomo y plata. Las edades determinadas para este intrusivo discrepan notablemente, Silberman y Noble (1977) calcularon por K-Ar  $8.2 \pm 0.3$  Ma, Eyzaguirre et. al. (1975) concuerdan con esta edad y le asignan  $8.2 \pm 0.2$  Ma, (también sobre K-Ar.) para un dique ubicado dentro del intrusivo Antícona, pero dejan abierta la posibilidad que sea una extensión de las intrusiones más jóvenes. Como sea, Beuchat et. al. (2002) con dataciones de U-Pb en zircón, marcan una gran discrepancia en edad, asignándole  $14.11 \pm 0.04$  Ma al intrusivo Antícona.

**b) Series Intrusivas Morococha.**- Se denominó así al grupo de stocks, apófisis, diques y sills distribuidos de manera casi errática en diversas partes del

distrito y que son de composición cuarzo monzonítica, textura porfirítica y cortan todas las unidades estratigráficas y además al intrusivo Antícona.

Los stocks más resaltables son: en la zona céntrica del distrito los stocks Potosí, San Francisco, Gertrudis, la apófisis San Nicolás y al sur del stock Yantac. La cronología de formación y emplazamiento entre ellos no es clara, pero por algunas pocas evidencias y dataciones, los ubica tentativamente, del más antiguo al más joven, en el siguiente orden: Potosí, San Francisco, Gertrudis, San Nicolás y Yantac.

**Stock Potosí.** - Es cuarzo monzonita en composición y de textura porfirítica. Es el único stock ubicado en el flanco Este del anticlinal Morococha. Tiene forma elíptica, cuyo eje mayor coincide con el rumbo del segmento norte del anticlinal Morococha (N40°), esta forma la mantiene en profundidad (paredes casi verticales), definiéndose en morfología como un bismalito. Este stock constituye la parte oriental del Cerro Potosí y se le asocian diques aplíticos. Aunque se sugiere una relación con la falla de sobre escurrimiento Toldo Potosí podría no ser cierto ya que la falla buza en promedio 40° al noreste y el stock mantiene sus paredes verticales en profundidad. La alteración en la roca caja es ligera y su relación con depósitos minerales es moderada.

**Stock San Francisco.** - Es el cuerpo intrusivo más estudiado. La textura varía de porfirítica a equigranular. Diversos autores la denominaron cuarzo monzonita pero además presenta fases granodioríticas e incluso la denomina granodiorita. En su estudio petrográfico, reporta cuarzo entre 10 y 40% (20% en promedio), plagioclasa entre 25 y 70% (50% en promedio) y feldespato potásico variando entre 5 y 30%; Álvarez (1999) contabiliza 23% de cuarzo, 52% de plagioclasa, 10% de biotita y 15% de feldespato potásico.

Aflora en el área central del distrito (Cerro San Francisco) con forma irregular alargado cuyo eje mayor tiene orientación este-oeste y un diámetro en superficie de aproximadamente 0.5 Km. Esta masa ígnea tiene su porción superior más voluminosa y su parte inferior más estrecha tomando forma de

cúpula este rasgo de disminución del volumen con la profundidad se da al pasar de las calizas Pucará al grupo Mitu (volcánicos Catalina).

Se le considera como el centro del zonamiento mineral y metálico del distrito. No obstante, altera intensamente las calizas Pucará, su contacto entre ellos es claro y en algunas zonas definido por una angosta brecha. Además, este intrusivo, altera moderadamente las rocas volcánicas del Grupo Mitu, presenta una zona de vetas con mineralización tipo lodo cordillerano y tiene mineralización de cobre diseminada. Sobre análisis de U/Pb en zircones se determinó  $9.1 \pm 0.1$  Ma como su edad máxima de cristalización.

**Stock Gertrudis.** - Considerada como una réplica menor del stock San Francisco es también de composición cuarzo monzonítica con textura porfirítica y afanítica. Se encuentra al oeste del stock San Francisco, es de tamaño pequeño y posiblemente controlada por la falla de sobre escurrimiento Gertrudis. Presenta minerales de cobre diseminados y alteró intensamente la caliza circundante.

**Stock San Nicolás.**- Este intrusivo no aflora, calificado como un pequeño cuerpo ígneo subsidiario, de composición cuarzo monzonítica y textura porfirítica. Algunos autores registran coincidentemente este stock, relacionándolo especialmente con la unidad lenticular llamada complejo anhidrita, la ubican como una masa ígnea no aflorante entre los stocks San Francisco y Gertrudis además existe una datación de un intrusivo porfíritico con intensa alteración biotítica, que concuerda con las referencias antes mencionados.

De estos datos inferimos una ubicación aproximada: 100m al NNO del pique central, un poco debajo del nivel 1000 (350 metros).

**Stock Yantac.**- Esta intrusión es de textura porfirítica y composición cuarzo monzonítica. El análisis petrográfico hecho por Álvarez (1999) presenta: matriz cuarzo-feldespática 44%, plagioclasa 43%, biotita 7%, cuarzo 5% y feldespato potásico 1%. Es el stock más austral del distrito (parte sur del anticlinal Morococho).

El color que adquiere por el intemperismo es gris claro y la alteración de su roca hospedante es moderada e intensa solo localmente. Las edades calculadas sobre K-Ar para este intrusivo no difieren mucho, entonces podría ser entre  $8.0 \pm 0.2$  Ma (Silberman, Noble, 1973) y  $8.3 \pm 0.3$  Ma Beuchat et. al. (2003) le asignan, por análisis de U/Pb,  $8.81 \pm 0.06$  Ma como edad de cristalización.

- c) **Intrusivos Finales.-** Estas rocas magmáticas fueron las últimas en ser reconocidas, diferenciadas y estudiadas: el denominado Pórfido cuarcífero San Miguel y el dique pórfido dacítico. En este estudio las separamos y agrupamos como rocas intrusivas de una actividad ígnea de características petrográficas diferentes a la diorita Antícona y los stocks cuarzo monzoníticos de la serie intrusiva Morococha y su relación de intrusión con respecto a los otros intrusivos los ubica como últimos en la cronología de rocas ígneas.

**Stock Pórfido Cuarcífero San Miguel.-** En algunas publicaciones ha sido señalado como el cuerpo intrusivo principal asociado a la mineralización tipo pórfido de cobre Toromocho. Es conocido que un pórfido cuarcífero es de composición granodiorítica y textura porfirítica. Sin embargo, el análisis modal hecho por Barrantes (1968) arroja de modo general 50% de cuarzo, plagioclasas entre 20 y 50% englobados por una matriz de cuarzo y sericita con pirita, por otro lado, el estudio realizado por Álvarez (1999) asigna 54% a la matriz cuarzo feldespática, 26% de plagioclasa, 13% de cuarzo y 5% de biotita.

En los análisis de microscopía realizados, se aprecian rasgos interesantes de este intrusivo; los cuarzos están normalmente redondeados a subredondeados, fragmentados e incluso resorbidos, aunque presenta ocasionalmente dimensiones de hasta 7 mm. en promedio son de 2 mm. y su porcentaje varía entre 12 y 35% (con un promedio de 17%); las plagioclasas tienen aristas subredondeadas y pueden estar fragmentadas, su tamaño promedio es de 2 mm. su porcentaje varía entre 8 y 15% (cantidad promedio 12%); los feldespatos potásicos presentan mayor desgaste en sus bordes con respecto a las plagioclasas, sus dimensiones son menores al centímetro con un promedio de 3mm., su porcentaje está entre 28 y 40% (en promedio 18%); los sulfuros,

aquellos que están fuera de la influencia de venillas mineralizadas, llegan al 3% con dimensiones promedio de 1mm. (Es difícil decir cuál es su origen); biotita primaria es escasa, el porcentaje promedio es 2%, tamaño promedio 2mm.; la matriz alcanza en promedio 50% del porcentaje, está constituida por cuarzo y feldespato, y presenta textura equigranular.

A escala de afloramiento es fácilmente reconocido por su color gris claro con una tinción ligera de óxidos de hierro, en fractura fresca es de color blanquecino. Es distinguible la alteración hidrotermal del tipo biotítica además de su alteración a cuarzo y sericita. Aflora en el área del tajo Toromocho, la parte central del distrito como un stock, está cortando al stock San Francisco y también a la diorita Antícona. Presenta mineralización y alteración de tipo pórfido de cobre-molibdeno y la roca circundante al stock está fuertemente alterada.

**Dique Pórfido Dacítico.-** Tiene características petrográficas similares al pórfido cuarcífero San Miguel, al cual atraviesa y es reconocido como el último evento intrusivo en el distrito. Además, de los datos integrados (mapas y referencia), podemos afirmar que tiene una orientación ONO-ESE, cruza casi todo el distrito; probablemente, incluso, de forma parcial a la diorita Antícona (largo aprox. 3.5 Km.), tiene un ancho de 10 metros en promedio y se encuentra fuertemente seritizado cerca al pórfido de cobre Toromocho; lo que nos permite inducir que este dique es intramineral con respecto a la formación de pórfido de cobre.

## **2.2 GEOLOGIA LOCAL**

### **Según la Formación Chúlec**

Esta unidad fue descrita inicialmente por MCLAUGHLIN (1924), en la región central del país, como miembro inferior de las calizas Machay; posteriormente V. BENAVIDES (1956), la elevó a la categoría de “formación”. En el área de estudio se ha reconocido esta formación en la quebrada Huanchurina, (sector NO de la Hoja de Matucana), la cual se extiende hasta cerca de la mina Venturosa y hacia el sur hasta las cabeceras de la quebrada Cancha; en el primer caso se ha mapeado junto con las calizas de las formaciones Pariahuanca y Pariatambo; en el segundo caso se ha mapeado toda la secuencia calcárea

del Cretáceo en forma indiferenciada. En esta localidad está bien expuesta la relación de concordancia de la formación Chúlec sobre Pariahuanca y debajo de Pariatambo.

### **Según la Grupo Goyllarisquizga**

Originalmente, este grupo fue llamado “areniscas Goyllarisquizga Jatunhuasi” (MCLAUGHLIN 1924), luego JENKS (1951), le dió el nombre de formación Goyllarisquizga; posteriormente WILSON (1963) la elevó a la categoría de “Grupo “involucrado toda la serie clástica y calcárea que está debajo de la caliza albiana. En consecuencia, la secuencia de areniscas de color pardo amarillento con algunas intercalaciones de cuarcitas y lutitas grises y rojizas que afloran en el área de estudio, son equivalente a las unidades de la cuenca del Cretáceo, representadas por las formaciones Oyón, Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. La secuencia del Grupo Goyllarisquizga está expuesta al norte, noreste y sureste de Morococha; en esta área destacan derrames o diques de diabasa y basalto; algunos de los cuales han sido mapeados.

El espesor del Grupo Goyllarisquizga ha sido calculado por otros autores en aproximadamente 400 m. Otros afloramientos de la serie clástica del Grupo Goyllarisquizga se exponen en los flancos de los pliegues del lado oeste del anticlinal de Chumpe, hasta cerca de la Divisoria Continental, consistiendo en areniscas cuarcíticas blanquecinas con intercalación de lutitas y limolitas rojizas en la base y con areniscas calcáreas y lutitas grises en la parte superior, su grosor se estima en 250m. Yacen concordantemente sobre el Grupo Pucará y debajo de las calizas de la formación Chúlec.

Edad y Correlación.- Esta unidad no es fosilífera pero por infrayacer al Albiano se considera como parte del intervalo Neocomiano-Aptiano, correspondiendo, en la parte occidental, a las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat.

#### **2.2.1 LITOLOGÍA**

Litológicamente consiste en calizas grises con capas medianas que se intercalan con niveles de capas delgadas, de 5 a 30 cm., y con capas gruesas ocasionalmente se intercalan calizas margosas y margas color pardo grisáceo. En un horizonte se encontró amonites y lamelibranquios (*Ostrea* y *Liopistha*). El grosor se estima en 200 m. Esta formación también se ha reconocido con una litología similar en afloramientos expuestos en el ángulo EN de la hoja de Huarochirí y en el ángulo

SE de la hoja de Matucana, donde también se encontró horizontes fosilíferos con amonites.

### **2.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

La historia tectónica impresa en el Perú central y el Domo de Yauli se refleja en el anticlinorium de Morococha en una serie de elementos estructurales que brindan información de una compleja superposición de eventos. El evento más antiguo reconocido en el Domo de Yauli es la Orogenia Herciniana que deformó las filitas Excelsior (Megard, 1979).

En el sur del distrito de Morococha, dos períodos de compresión se le asignan a este evento: pliegues de tendencia noreste y pliegues de tendencia noroeste a oeste (Lepry, 1981). Rivera y Kobe (1983) afirman que se formó un anticlinal primitivo en Morococha (al igual que en San Cristóbal y Ultimatum Yauli). Además, correspondiente al paleozoico, una suave compresión en el Pérmico tardío afectó en el Grupo Mitu (Megard, 1979); también, Rivera y Kobe (1989) mencionaban un evento tectónico de poca intensidad que afecta al grupo Mitu pero le asigna edad post-Jurásica.

Las estructuras más notables se desarrollan durante la Orogenia Andina (fines del cretácico), el pulso principal de esta fase compresiva (el pulso Incaico) originó el plegamiento regional y las fallas de sobre escurrimiento en la Cordillera occidental así, durante este pulso tectónico todas las rocas de la región del Domo de Yauli, incluidas las capas rojas Casapalca, fueron afectadas formando el anticlinorium de Morococha.

Algunas fallas relacionadas con las principales deformaciones pueden ser encontradas: fallas normales longitudinales paralelas a la dirección de los pliegues las cuales presentan muy poco desplazamiento, fallas transversales conjugadas de rumbo variable y fallas transversales normales perpendiculares a los ejes de los pliegues con alto buzamiento. Álvarez (1999) sugiere la formación de fallas de cizalla de rumbo noroeste para finales de la Orogenia Andina. Adicionalmente, eventos resaltables de fallamientos más jóvenes, de edad terciaria, son reconocidos en el distrito.

Los datos provienen de diferentes observaciones; primero, los intrusivos Miocénicos tardíos no presentan deformación y contienen fracturas abruptas de tendencia general E-O, también es reconocido un sistema de fracturas NO. La cronología de los eventos estructurales es compleja, por ejemplo existen vetas posteriores a la alteración relacionada

a las intrusiones, fracturas pre, intra y post mineralización, brechas postmineralización (Haapala, 1979), y también, fallas normales que precedieron y siguieron la mineralización. La evidencia encontrada en estos elementos, apuntan como responsables de su origen a las fases quechuas, la posibilidad de esta relación fue reconocida con anterioridad.

### **2.3.1 Pliegues**

La estructura, de esta categoría, más destacable es el anticlinorium de Morococha, que viene a ser la prolongación septentrional del Domo de Yauli, Su eje presenta un rumbo N20°O en su segmento sur con inclinación, menor de 10° al sureste y su segmento norte tiene rumbo N40°W con sumersión entre 10° y 15° al NO; tomando una forma cómica. Este anticlinal es asimétrico, el buzamiento del flanco oriental está entre 30° y 40° y el buzamiento del flanco occidental es de 20° a 30°. Anticlinales secundarios acompañan al anticlinorium de Morococha, los más importantes son: al este el pliegue, Potosí, Toldo y al oeste Gertrudis. Ambos son pliegues asimétricos y apretados asociados a fallas de escurrimiento longitudinal que buzán en dirección contraria al centro del anticlinal de Morococha.

### **2.3.2 Fallas**

Como se mencionó antes, varios autores han analizado la red de fallas que atraviesan el distrito, de acuerdo a ellos, dos conjuntos de fallas son reconocibles; las fallas inversas paralelas a la tendencia regional, sobre cuya época de formación existe consenso (Orogenia Andina) y las fracturas oblicuas (dígase fallas, vetas o venas) a la tendencia de los pliegues que son de mayor importancia económica, presenta buzamientos abruptos, rumbos de tendencia este oeste y cuya edad de origen es discutida.

Entrando en materia, primeramente, se afirma que, el esfuerzo comprensivo que plegó las rocas de edad previa a los intrusivos terciarios también formó notables fallas inversas, de las cuales podemos mencionar tres que alcanzaron un gran desarrollo; en el noreste la Falla de Potosí, Toldo, en el noroeste la Falla Gertrudis y desde el Sur hasta el centro la falla de sobre escurrimiento Cajoncillo, estas fallas están asociadas a una duplicación sobresaliente de la sección geológica dentro de sus respectiva zonas de influencia.

La existencia de estas estructuras es mitigada alrededor de los intrusivos Miocénicos de la parte central del distrito, además, zonas de brecha son encontradas en ciertas secciones de estas fallas, las que son escasas y localmente mineralizadas. Sus buzamientos varían entre 45 y 70 grados. Por otro lado, las fracturas oblicuas, son las más importantes estructuras del distrito, sus rumbos son transversales a los pliegues, cercanos a la dirección este-oeste. Presenta un mejor desarrollo en los intrusivos y las rocas volcánicas; pero sobre los flancos del anticlinorium de Morococha tienden a poseer un comportamiento más variado.

Tienen un buzamiento promedio de 73 grados, la mayoría de las venas son de carácter normal y sólo algunas son de carácter inverso ó tienen movimientos de rumbo, sin embargo presentan evidencia de movimientos en diferentes direcciones y en 25 distintos momentos: antes, durante y después de la mineralización. Se ha tratado de clasificar las fracturas oblicuas bajo características en común pero la diversidad de ocurrencias lo dificulta, por ejemplo Nagell (1957) reconoce dos sistemas: por su rumbo (oeste-noroeste y este-noreste) y por su buzamiento (norte y Sur), sin embargo, el hecho que algunas vetas presenten todas las características de ambos sistemas podría ser prueba de que tales sistemas no existan. Se han propuesto algunos conjuntos ó sistemas.

Las fracturas oblicuas tienen rumbos desde N 65° E hasta N 60° O; y buzán entre 65° al norte y 60° al sur, de aquí, Nagell (1960) sostiene su afirmación de 1957, de un modo general, ordena las fracturas oblicuas en dos sistemas y cada sistema lo subdivide en dos conjuntos: el primer sistema basado sólo en rumbos con sus conjuntos NE y NW, el segundo sistema caracterizado por los buzamientos con los conjuntos norte y sur.

El grupo de geólogos de la Cerro de Pasco Copper Corporation (1950) y Petersen, (1965) concuerdan que en la parte central las fracturas oblicuas exhiben cierta sistemática, sus ejemplos, típicos son divididos en cuatro grupos:

- 1) Alejandro-Ombra-Amistad-Cobriza;
- 2) Gertrudis-Central Danubio-Cecilia;
- 3) Toromocho-San Francisco-La Paz-Perú,
- 4) San Miguel-Rectificadora-La Joven.

Inicialmente se hablaba del sistema norte, conformado por (1) y (2), que se caracterizaba por su buzamiento hacia el sur con ángulo abrupto a vertical y carácter normal, pero algunos eran inversas y de rumbo; el sistema sur estaba conformado por (3) y (4), de buzamiento 70 a 80 grados al norte, siendo el más fuerte de los dos. Sin embargo Petersen 1965, los define simplemente como fracturas alineadas en echelón. Además, Álvarez (1999) ha encontrado otros ordenamientos de las fracturas oblicuas, él manifiesta que en la parte sur las fallas tienen rumbo NO-SE y las vetas tienen rumbo N70°E, en la parte norte las fallas son de rumbo general E-W y las vetas N 50° E. En el área de Toromocho existen cuatro sistemas de fracturas N 20°-50°O y buzamiento SO (fallas), N 60° - 80° O de buzamiento norte a sur (vetas), N 20°-50° E con buzamiento al oeste (vetas y fallas) y N60° - 80°E con buzamiento al sur ó norte (fallas y vetas).

### **2.3.3 FRACTURAS**

La mayoría de las fracturas oblicuas son post-intrusivas (Nagell, 1960), y más aún, son post-alteración hidrotermal (Haapala, 1949); éstas se formaron en el lapso de tiempo que duró el relleno de las venas (Nagell, 1960).

A pesar que los detalles mencionados arriba sugieren fuertemente que la principal ocurrencia de las fracturas oblicuas son post-intrusivas, aún existe controversia en su origen; Nagell (1960) insinúa que algunas pudieron ser pre-intrusivos, debido a que fallas de rumbo complementarias pueden ocurrir relacionadas a las fallas de sobre escurrimiento, su buzamiento promedio (75 grados) es más cercanamente asociado a fallas de rumbo que a fallas normales , pero pudieron ocurrir más de un período de fracturamiento ó movimiento en dirección del buzamiento; también, fallamiento normal puede ser asociado a la relajación del esfuerzo que generó la orogenia Andina.

La ocurrencia del dique pórfido dacítico de rumbo noroeste atravesando todos los intrusivos, la relativa pausa de fracturas en los intrusivos con estas características, los movimientos post- mineralización sobre su mismo plano, el desplazamiento de poca distancia que presentan las fracturas oblicuas los cuales son postmena como lo indican fracturas no mineralizadas y algunas brechas; sugieren que más de un proceso de fallamiento ocurrió.

Otra característica resaltante de las fracturas oblicuas es que ellas son las formas básicas de los cuerpos minerales, sirvieron como canales y alimentadores para formar otros cuerpos minerales. En general son venas tipo rosario y tienden a converger en profundidad llegando a ser pocas.

## **2.4 GEOLOGIA ECOMOMICA.**

### **2.4.1 TIPO DE YACIMIENTO.**

**2.4.1.1 Vetas.-** Las vetas mejor mineralizadas fueron formadas a lo largo de las fracturas de tensión. Las fallas de cizalla, por contener mucho panizo no fueron mineralizadas o fueron pobremente mineralizadas; sin embargo presentan en forma errática núcleos mineralizados formando pequeños clavos, como por ejemplo la falla Huachuamachay.

**2.4.1.2 Mantos y Cuerpos Arracimados.-** Los mantos y cuerpos arracimados se encuentran localizados al Oeste del anticlinal, en la caliza Pucará. La caliza está generalmente marmolizada con algunos horizontes silicatados. Los mantos que siguen la estratificación de la caliza, en realidad, son pocos; mayormente se trata de cuerpos irregulares que pueden seguir en parte la estratificación, pero luego la cruzan. Uno de los mantos más extensos trabajados en el pasado; el Manto Ombla, es un cuerpo en forma de chimenea que mide más o menos 850 metros a lo largo de su eje y tiene una inclinación de 45° en los niveles superiores, 20° en la parte intermedia y 60° en los niveles inferiores.

El ancho máximo de este cuerpo, en el nivel 510, es de 100 x 200 metros. De este cuerpo principal, cuyo núcleo es de pirita, salen otros pequeños cuerpos y vetas. También actualmente se está trabajando el manto Gertrudis cuya longitud es aproximadamente de 200 metros de largo por 10 mts de ancho y se extiende desde el nivel 100 hasta el nivel 220 con posibilidades de profundizar más, estratigráficamente se encuentra al techo del manto Ombla; otro manto importante es el manto Victoria, emplazado en un sinclinal apretado en la zona de San Antonio, tiene una longitud de 200 mts. X 25 mts. De ancho.

**2.4.1.3 Cuerpos Mineralizados en Zonas de Contacto.-** Los cuerpos mineralizados en zonas de contacto se encuentran localizados en los alrededores de los stocks San Francisco y Gertrudis en contacto con la

caliza Pucará, la cual se encuentra fuertemente alterada a silicatos hidratados. Estos cuerpos son irregulares y han sido formados por reemplazamiento de la caliza hidratada. La mineralización puede ser en parte masiva, pero generalmente está uniformemente diseminada en granos, manchas u ojos. Existen otros cuerpos que han sido pobremente mineralizados, donde la mineralización está finamente diseminada, al igual que en la monzonita.

**2.4.1.4 Diseminaciones.-** Este tipo de mineralización ha sido materia de trabajo especial, en el conocido "Proyecto Complejo Cuprífero de Toromocho", al hablar de ocurrencia de la mineralización en Morococha, no puede dejarse de mencionar la diseminación de cobre porfirítico al Suroeste de la parte central del distrito de Morococha, mineralización que parece estar genéticamente relacionada con el Pórfido Cuarcífero descrito anteriormente.

La diseminación de cobre está acompañada con mineralización de molibdeno y plata, aunque con leyes bajas. Así mismo, en la zona de diseminación se puede observar un enrejado de vetillas (stockwork) con mineralización de Cu, Ag, y algo de molibdeno. Es posible también determinar en la zona de cobre diseminado de Toromocho un zoneamiento vertical y horizontal de alteración hidrotermal y mineralización, similar al esquema generalizado para los pórfidos de cobre como el de San Manuel - Kalamazoo en Arizona.

## 2.4.2 MINERALIZACIÓN

**2.4.2.1 Mineralogía.** La cantidad de minerales que se encuentran en el distrito de Morococha es numerosa. Una relación de ellos se da a continuación.

**Hipogénicos:** Abundantes: Cuarzo, Galena, Pirita, Calcopirita, Esfalerita, Tenantita y Tetraedrita

**Comunes:** Hematita, Rodocrosita, Magnetita, Rodonita, Fluorita, Anhidrita, Calcosita, Sheelita, Molibdenita, Yeso, Calcita, Hubnerita, y Covelita

**Raros:** Arsénico Nativo, Wolframita, Alabandita, Famatinita, Marcasita, Emplectita, Djurleita, Proustita, Greenockita, Estefanita, Millerita, Matildita, Siderita, Dolomita, Cubanita, Bournonita, Idaita,

Aikenita, "Bornita naranja", Ankerita, Arsenopirita I ,II, Alunita  
Luzonita y Estromeyerita

**Supergénicos:** Calcosita, Yeso, Jarosita, Cobre, Nativo, Covelita y  
Hisingerita

Los minerales comerciales más abundantes son: calcopirita, tetraedrita, enargita, esfalerita y galena. La calcosita y covelita son minerales supergénicos. La molibdenita está ampliamente distribuida en vetillas de cuarzo en los stocks San Francisco y Gertrudis.

COBRE: Tetraédrica  $3\text{Cu}_2\text{S Sb}_2\text{S}_3$ , Calcopirita  $\text{CuFeS}_2$

PLOMO: Galena  $\text{SPb}$  ZINC: Esfalerita  $\text{SZn}$ , Marmatita  $\text{SznFe}$

PLATA: Tetraedrita Argentífera (Freibergita)  $3\text{Cu}_2\text{S Sb}_2\text{S}_3\text{Ag}_2$

Minerales de ganga más abundantes son:

Pirita, magnetita y cuarzo.

Pirita:  $\text{SFe}$

Rodocrosita:  $\text{CO}_3\text{Mn}$

Rodorita:  $\text{MnSiO}_3$

Cuarzo:  $\text{SiO}_2$

Roca volcánica de la caja.

**2.4.2.2 Metamorfismo y Metasomatismo.** Estudios detallados han sido hechos por T.G. Moore (1936) y P. Haapala (1953) relacionados con la alteración de la caliza Pucará. La alteración de las calizas es considerada un proceso continuo, que comenzó antes de la intrusión de las rocas ígneas, más tarde, durante la intrusión y finalmente como consecuencia de las soluciones hidrotermales mineralizantes.

El emplazamiento de la diorita Anticoná, dio lugar a una moderada alteración de las rocas adyacentes; mientras que la alteración producida por el intrusivo Morococha y el pórfido cuarcífero en las calizas Pucará es intenso, sobre todo alrededor del stock San Francisco. La alteración metamórfica y metasomática causada por los intrusivos ha sido intensa en las calizas Pucará.

### 2.4.3 ALTERACIÓN HIDROTHERMAL.

La alteración hidrotermal producida por las soluciones mineralizantes afectó a los intrusivos, a las calizas Pucará, a los volcánicos Catalina y a las filitas Excelsior.

En general, en la zona central, la monzonita cuarcífera muestra una sericitización y caolinización junto a las vetas y una silicificación general en forma de vetillas y granos; también se puede observar piritización amplia. En la zona intermedia, en los volcánicos Catalina y la diorita Anticon, la alteración hidrotermal está representada por una caolinización, propilitización y sílicificación. En la zona externa o periférica, en las mismas rocas, existen silicificación y cloritización.

### 2.4.4 CONTROLES DE MINERALIZACIÓN.

La deposición de minerales en el distrito de Morococha ha estado sujeta principalmente a controles estructurales, litológicos, mineralógicos y fisicoquímicos. Los más conocidos y estudiados son los dos primeros.

- a. **Control Estructural.** Estructuralmente, la deposición de minerales ha sido controlada mayormente por fracturas de tensión y en menor cantidad por las fracturas de cizalla, fallas pre-minerales, contactos entre diferentes tipos de rocas y probablemente brechas pre-minerales. Todas estas estructuras guiaron las soluciones mineralizantes.

Las fracturas de tensión y algunas de cizalla dieron lugar a la formación de vetas en los diferentes tipos de rocas, Se cree que la falla inversa Gertrudis ha servido de control y guía de las soluciones mineralizantes, para la formación de cuerpos y mantos en la caliza Pucará, en el flanco Oeste del anticlinal. Los contactos entre el intrusivo monzonita cuarcífera y la caliza silicatada han servido de conducto a las soluciones y han formado cuerpos irregulares en la zona central de cobre. En los contactos entre los volcánicos Catalina con monzonita o con la caliza Pucará se ha formado cuerpos pero que mayormente son de pirita. Las brechas pre-minerales probablemente sirvieron también de conductos para el emplazamiento de las soluciones mineralizantes, formando brechas mineralizadas.

**b. Control Litológico.** La litología ha jugado también un rol importante en la deposición y distribución de la mineralización dentro del distrito. Los diferentes tipos de rocas han dado lugar a distintos tipos de depósitos.

Así en la volcánica Catalina se han formado vetas bien definidas y persistentes tanto en longitud como en profundidad. En cuanto a los intrusivos, en la Diorita Antícona se han formado vetas menos persistentes que en los volcánicos Catalina, mientras que en la monzonita cuarcífera se formaron vetas cortas y poco profundas. Las calizas marmolizadas a algo silicatadas han formado, en general, vetas cortas y poco profundas al Norte del distrito y en el flanco Oeste del anticlinal. Estas vetas son muy irregulares en ancho debido a un reemplazamiento desigual de las cajas y tienen tendencia a formar estructuras en cola de caballo cerca a los contactos con intrusivos.

#### 2.4.5 RESERVAS DE MINERAL Y VIDA DE MINA

La empresa cuenta al 31 de diciembre del 2017 con un total de 17,396,453 TMS estimadas de reservas y recursos. De los cuales 7,461,921 son reservas probadas y probables; 2,840,696 son recursos medidos e indicados y 7,093,836 son recursos inferidos.

Cuadro 4:

*Resumen de Reservas y Recursos (2017)*

<b>Reservas</b>	<b>TMS Est.</b>	<b>Ag (g/t)</b>	<b>Cu (%)</b>	<b>Pb (%)</b>	<b>Zn (%)</b>
Reservas Probadas	4,620,935	148	0.38	1.39	3.53
Reservas Probables	2,840,986	152	0.34	1.65	3.91
<b>Total Reservas</b>	<b>7,461,921</b>	<b>150</b>	<b>0.36</b>	<b>1.49</b>	<b>3.67</b>

<b>Recursos</b>	<b>TMS Est.</b>	<b>Ag (g/t)</b>	<b>Cu (%)</b>	<b>Pb (%)</b>	<b>Zn (%)</b>
Medido	1,291,373	162	0.32	1.33	3.19
Indicado	1,549,323	237	0.31	1.60	3.16
Inferido	7,093,836	151	0.39	1.34	3.44
<b>Recursos (Material Mineralizado)</b>	<b>9,934,532</b>	<b>166</b>	<b>0.37</b>	<b>1.38</b>	<b>3.36</b>

Fuente: Argentum

El nivel de producción anual es aquel determinado por la empresa en su 'Long Term Plan' vigente a junio de 2018.

Cuadro 5:

*Reservas y recursos explorados*



Fuente: EEFF Argentum, Proyección: SUMMA

El inventario de reservas de mineral económico (probado y probable) al cierre del año 2017 fue de 7,461,921 TMS, el cual es 17% mayor al registrado al cierre del año 2016 donde se tenía 6,377,564 TMS, debido principalmente a la continuación del programa de exploraciones con sondajes diamantinos.

Cuadro 6:

*Reservas y recursos de compañía minera Argentum*

Reservas	TMS	Ag (g/TM)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	US\$ VPT
Reservas Probadas	4,620,935	148	0.38	1.39	3.53	81.73
Reservas Probables	2,840,986	152	0.34	1.65	3.91	86.40
<b>Total Reservas</b>	<b>7,461,921</b>	<b>150</b>	<b>0.36</b>	<b>1.49</b>	<b>3.67</b>	<b>83.51</b>

Recursos	TMS	Ag (g/TM)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	US\$ VPT
Medido	1,291,373	162	0.32	1.33	3.19	80.73
Indicado	1,549,323	237	0.31	1.60	3.16	101.44
Inferido	7,093,836	151	0.39	1.34	3.44	81.39
<b>Recursos (Material Mineralizado)</b>	<b>9,934,532</b>	<b>166</b>	<b>0.37</b>	<b>1.38</b>	<b>3.36</b>	<b>84.43</b>

Fuente: Memoria Argentum 2017

## 2.5 CONDICIONES GEOMECAICAS

La apertura de una labor subterránea altera el campo de esfuerzos existentes en el macizo rocoso al profundizarse se incrementan las presiones que llegan a producir esfuerzos que exceden la resistencia de las rocas, siendo necesario instalar el sostenimiento (refuerzo o soporte).

El pique de extracción es la parte más importante en minería subterránea y por el cual pasan todos los suministros para la explotación tales como ventilación transporte de

mineral, suministros y personas. Electricidad, aire comprimido, agua, bombeo. Dada su importancia, debe de escoger su ubicación adecuadamente, su diámetro, el método de profundización, el recubrimiento de las paredes del pique, el brocal, los enganches en los niveles y la maquinaria de extracción. La capacidad del pique se diseñará pensando en posibles ampliaciones de reducción posteriores

Para la determinación de las condiciones geomecánicas en el Nivel 450 se realizaron mapeos geomecánicos en la Galería 890 SW (Veta 4), en el acceso al Pique Manuelita y echaderos de desmonte y mineral, así como en la galería 013 SW (Veta 5). Así mismo se ha tomado en cuenta la interpretación de los resultados de los sondajes diamantinos.

De acuerdo a los mapeos realizados, en el Nivel 450, en las paredes y techo de todas las labores mencionadas, la roca se encontró leve a moderadamente fracturada, buena (LF-F/B) con resistencia mayor a 120 MPa, con un índice Q entre 5.0 a 10.0 y un índice RMR entre 65 a 75, salvo en los techos de algunas vetas donde la roca se encontró muy fracturada, regular (MF/R) con un índice Q de 1.0 y un índice RMR de 50.

Para la determinación de las condiciones geomecánicas en el Nivel 510 se ejecutó el mapeo geomecánico en el XC 920 W, habiéndose observado un primer tramo de roca leve a moderadamente fracturada, regular (LF-F/R), y posteriormente un tramo que es atravesado por la Veta 4 y 3B (sub-perpendiculares al crucero), en los cuales las paredes y techo se presentan muy fracturadas, regulares (MF/R) con un índice Q de 1.0 y un índice RMR de 50 y las vetas se presentan intensamente fracturadas, regulares (IF/R) con un índice Q de 0.5 y un índice RMR de 40. Estas condiciones han sido verificadas con los sondajes diamantinos, determinándose que el eje del Pique será interceptado por la veta 4 entre las cotas 3980 a 3940 msnm y la veta 3B interceptará la parte superior del echadero de mineral.

Para las excavaciones que no estarán interceptadas por las vetas 4 y 3B, se realizó un análisis de rotura del macizo rocoso (Unwedge 3.0) en la excavación de las cámaras de los echaderos de mineral de desmonte, tomando en cuenta los sistemas de fracturas, el ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) de 34° y cohesión (c) de 0.1 MPa (obtenidos en los ensayos de corte directo en plano de fractura), determinándose la existencia de cuñas inestables en el techo (F.S=0.0), las cuales deberán ser sostenidas mediante el uso de empernado sistemático tipo swellex de 2.4 m de longitud (8 pulgadas) espaciados cada 1.0 m, con malla de refuerzo y reforzadas con cintas metálicas en cuadrícula de 1.0 m., este sostenimiento se colocará en los tramos de influencia de las vetas, tanto en el techo del

pique como en los techos de los echaderos de mineral y desmonte, elevando el factor de seguridad (FS) a 1.5.

De acuerdo con las estaciones geomecánicas, los sistemas de fracturas se encuentran cerradas a ligeramente abiertas, plana y levemente rugosa, frescas o con decoloración en superficie, persistencia mayor a 3.0 m. y resistentes, salvo en la zona de intersección con las vetas 4 y 3B donde se observa relleno de panizo y oquedades con bloques sueltos, las cuales requerirán de inyecciones de cemento para consolidarlos y una capa de shotcrete para rellenar las oquedades.

Así mismo, en el piso del cruceo 920 W, Nivel 510, se observó la presencia de flujos de agua y goteo asociados con la intersección de las vetas 4 y 3B, por lo que se debe considerar en el diseño del sostenimiento del Pique Manuelita y de los echaderos la posible ocurrencia de goteos o flujo de agua como un factor influyente en la determinación del soporte. Ver Anexo 01(plano geológico zona Manuelita nivel 510)

### **2.5.1 EVALUACION GEOMECANICA**

La evaluación geomecánica nos garantiza la duración de labor sin sobre dimensionar la sección y el sostenimiento (óptimo diseño y desarrollo). La Compañía Minera Argentum S.A ha encargado a Servicios de Geología Aplicada EIRL, la evaluación geomecánica de la profundización del Pique Manuelita entre los Niveles 450 a 510, para lo cual se procedió a elaborar el mapeo geomecánico de las labores de influencia de las estaciones y echaderos de mineral y desmonte, ubicados en las inmediaciones del pique Manuelita, incluyendo la realización de líneas de detalle de medición de discontinuidades y extracción de bloques de roca para ensayos de mecánica de rocas.

Con la información obtenida se procedió a determinar el zonamiento geomecánico preliminar, así como el tipo de sostenimiento y revestimiento final que debería ser colocado en el pique Manuelita, así como de los respectivos echaderos de mineral y desmonte proyectados en el Nivel 510. Para verificar la información geológica y geomecánica en el eje del Pique se elaboró un programa de investigaciones mediante perforaciones diamantinas y ensayos de carga puntual, el cual se llevó a cabo entre el 01 al 18 de Junio del 2015, realizando los respectivos logueos geotécnicos y la interpretación de los resultados obtenidos, con lo cual se ha elaborado un nuevo plano geomecánico ajustado a los resultados y un rediseño de

los tipos de sostenimiento y revestimiento final que deberá ser tomado en cuenta en el diseño ingenieril de la profundización del Pique Manuelita.

## 2.5.2 ESTUDIOS ANTERIORES

Las primeras evaluaciones geológicas y geomecánicas consistieron en la extracción de dos bloques de rocas (M1, M2) de composición andesítica del Nivel 450 del bolsillo de mineral y del bolsillo de desmonte del Pique Manuelita, los cuales fueron analizados en el laboratorio de mecánica de rocas de la PUCP, habiéndose realizado ensayos de resistencia a la compresión simple, ensayos de propiedades físicas, ensayos de corte directo, ensayos de propiedades elásticas y ensayos de resistencia a la tracción, los cuales se presentan en los siguientes cuadros:

Cuadro 6:

*Ensayos de Resistencia a la Compresión Simple*

<b>PIQUE MANUELITA</b>		
Muestras	M1	M2
Nivel	450	450
Litología	Andesita	Andesita
Resistencia a la Compresión (MPa)	125.14	95.28

Fuente: *informe geomecanico final de la profundización del pique Manuelita - nivel 450 al 510 – compañía minera Argentum.*

Cuadro 7:

*Ensayos de Propiedades Física*

<b>PIQUE MANUELITA</b>		
Muestras	M1	M2
Nivel	450	450
Litología	Andesita	Andesita
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.823	2.671
Densidad Saturada (gr/cm <sup>3</sup> )	2.852	2.683
Porosidad Aparente (%)	2.918	1.211
Absorción (%)	1.034	0.454

Fuente: *informe geomecanico final de la profundización del pique Manuelita - nivel 450 al 510 – compañía minera Argentum.*

Cuadro 8:  
*Ensayos de Corte Directo*

<b>PIQUE MANUELITA</b>		
Muestras	M1	M2
Nivel	450	450
Litología	Andesita	Andesita
Angulo de fricción ( $\phi$ )	35.51°	32.46°
Cohesión (MPa)	0.049	0.148

Fuente: *informe geomecanico final de la profundización del pique Manuelita - nivel 450 al 510 – compañía minera Argentum.*

Cuadro 9:  
*Ensayos de Propiedades Elásticas*

<b>PIQUE MANUELITA</b>		
Muestras	M1	M2
Nivel	450	450
Litología	Andesita	Andesita
Módulo de Young (E) GPa	10.74	11.06
Relación de Poisson ( $\nu$ )	0.28	0.27

Fuente: *informe geomecanico final de la profundización del pique Manuelita - nivel 450 al 510 – compañía minera Argentum.*

Cuadro 10:  
*Ensayos de Resistencia a la Tracción Indirecta*

<b>PIQUE MANUELITA</b>		
Muestras	M1	M2
Nivel	450	450
Litología	Andesita	Andesita
Resistencia a la Tracción (MPa)	13.13	12.22

Fuente: *informe geomecanico final de la profundización del pique Manuelita - nivel 450 al 510 – compañía minera Argentum.*

Así mismo, se realizaron estaciones de medición de discontinuidades en los niveles 450 y 510, obteniéndose los siguientes sistemas de fracturas:

- N60°E/75°SE (Sistema de fractura principal)
- N05°W/60°SW (Sistema de fractura secundaria)
- N60°W/35°NE (Sistema de fractura ocasional)

### 2.5.3 PERFORACIONES DIAMANTINAS - PIQUE MANUELITA

Para la verificación de la información geomecánica se elaboró un programa de investigaciones consistente en tres sondajes diamantinos en el Xc 920 NW, Nivel 510 (ver figuras N° 3 y 4), cuyo objetivo fue la determinación del contacto entre las vetas 3B y 4 con la roca encajonante y su morfología, así como la determinación de las condiciones geomecánicas de las cajas y de las vetas, identificando especialmente posibles oquedades en la veta 4 que han sido observadas en el crucero 920 y que podrían afectar el emplazamiento del Pique Manuelita y los echaderos de mineral y desmonte por debajo del Nivel 510, así como el grado de fracturamiento y resistencia de la roca.

Estos sondajes diamantinos fueron debidamente supervisados y logueados por personal de Servicios de Geología Aplicada EIRL, el mismo que realizó los ensayos de carga puntual.

Cuadro 11:

*se muestra el cuadro de ubicación, orientación y longitud de los sondajes proyectados:*

Ubicación	Perforación	Dirección	Inclinación	Prof. (m)
Crucero 920 NW - Nivel 510 Pique Manuelita	PPM-01	S16°E	15°	50.00
	PPM-02	S10°E	20°	50.00
	PPM-03	S01°E	30°	50.00

*Fuente: informe geomecanico final de la profundización del pique Manuelita - nivel 450 al 510 – compañía minera Argentum.*

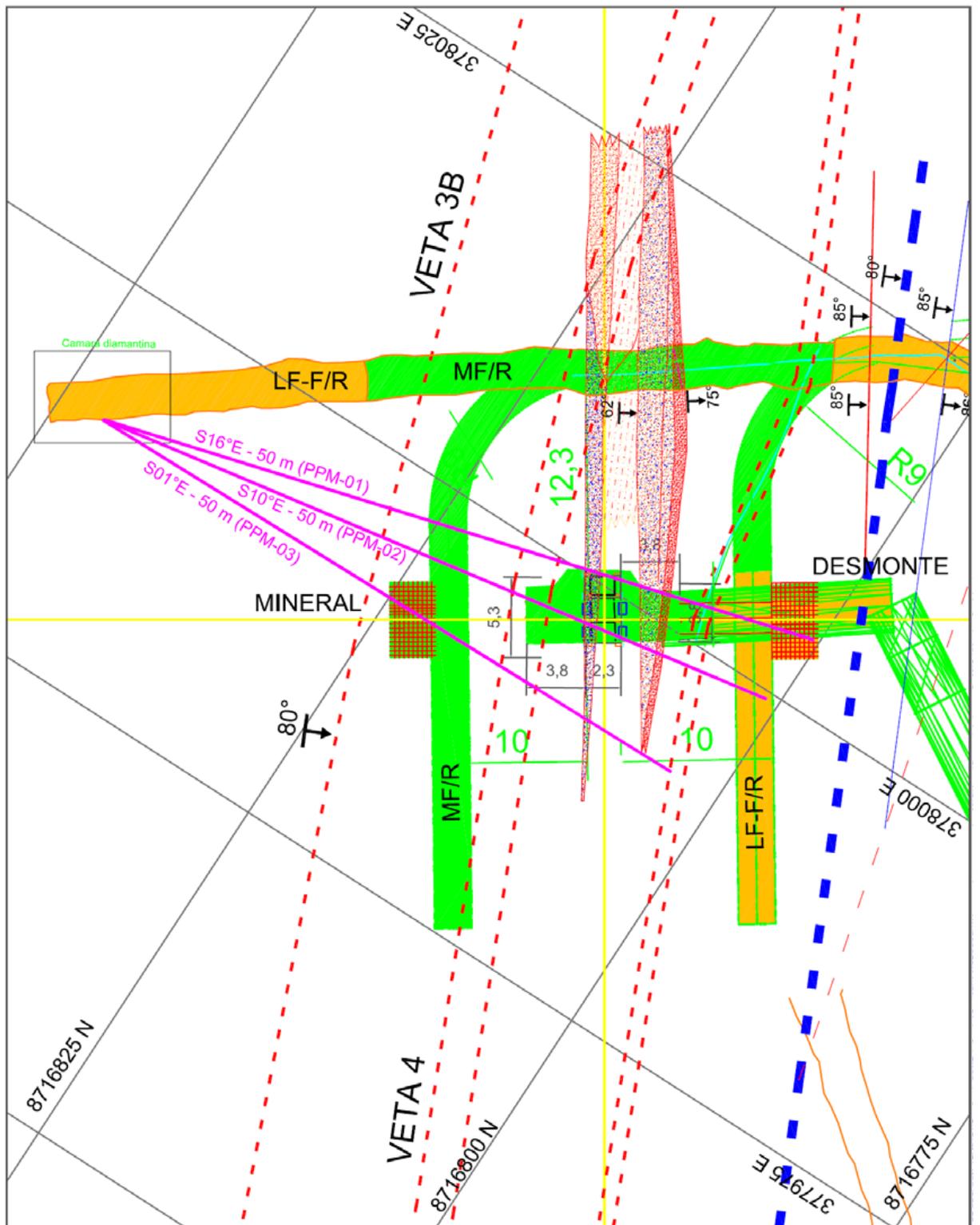


Figura 3: Vista en planta de la ubicación de los sondajes diamantinos ejecutados en el Nivel 510.

Fuente: informe geomecánico final de la profundización del pique Manuelita - nivel 450 al 510 – compañía minera Argentum.

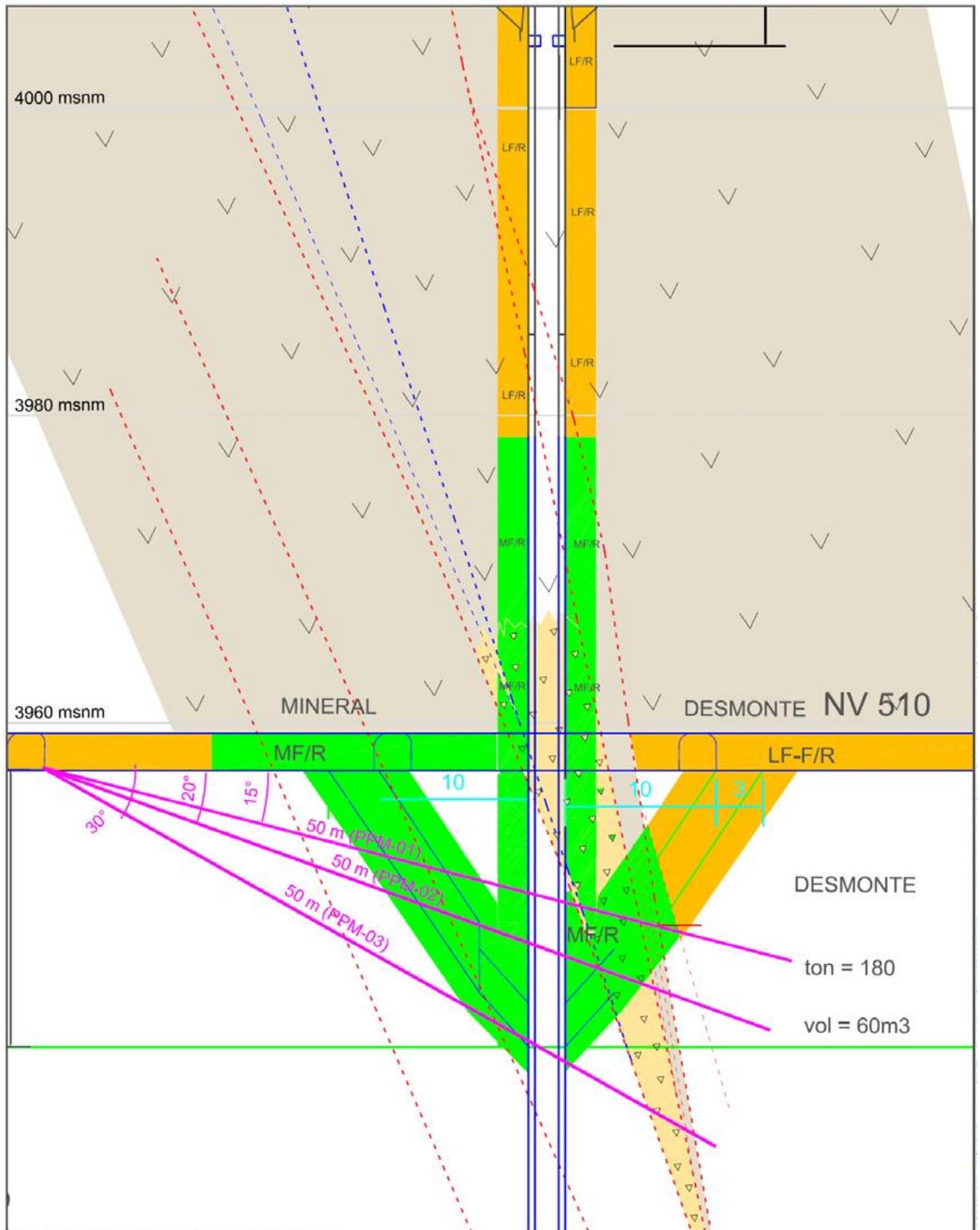


Figura N° 4: Vista en perfil de la ubicación de los sondajes diamantinos ejecutados en el Nivel 510.

Fuente: informe geomecanico final de la profundización del pique Manuelita - nivel 450 al 510 – compañía minera Argentum.

## 2.5.4 CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS EN LA PROFUNDIZACION DEL PIQUE MANUELITA.

### 2.5.4.1 INTERPRETACION DE PERFORACIONES DIAMANTINAS

En el presente se ha zonificado las características geomecánicas determinando los índices de clasificación GSI y RMR de los tramos de los sondajes diamantinos DDH-PPM-01, PPM-02 y PPM-03 que atraviesan el emplazamiento de los bolsillos de mineral y desmonte, así como el emplazamiento del Pique Manuelita por debajo del Nivel 510, incluyendo los resultados de los ensayos de carga puntual y la información fotográfica de los testigos.

En el sondaje DDH-PPM-01 el tramo zonificado correspondiente al área de emplazamiento del Pique Manuelita se localiza entre 20.05 m a 44.35 m.



Figura 5: se muestra los testigos entre estas profundidades

*Fuente: informe geomecanico final de la profundización del pique Manuelita - nivel 450 al 510 – compañía minera Argentum.*

En el sondaje DDH-PPM-02, el tramo zonificado correspondiente al área de emplazamiento del Pique Manuelita se localiza entre 22.50 m a 46.20 m.



Figura 6: se muestra los testigos entre estas profundidades

Fuente: informe geomecanico final de la profundización del pique Manuelita - nivel 450 al 510 – compañía minera Argentum.

En el sondaje DDH-PPM-03, el tramo zonificado correspondiente al área de emplazamiento del Pique Manuelita se localiza entre 30.70 m a 45.75 m. A continuación



Figura 7: se muestra los testigos entre estas profundidades

Fuente: informe geomecanico final de la profundización del pique Manuelita - nivel 450 al 510 – compañía minera Argentum.

## 2.5.5 CALIDAD Y CLASE DE ROCA

### 2.5.5.1 Logueo Geotécnico

#### a. sondaje DDH-PPM-01:

Entre las profundidades 20.05 m a 21.25 m, el macizo rocoso se encuentra intensamente fracturado con un RQD inferior a 20 con un 50% de recuperación entre 20.50 a 20.80 m. La resistencia de la roca intacta es menor a 100 MPa, por lo que se clasifica según el GSI como IF/R y un RMR de 40 (Roca Tipo IVA - IIIB).

Entre las profundidades 21.25 m a 23.55 m, el macizo rocoso se encuentra muy fracturado con un RQD entre 30 a 50 con un 95% de recuperación. La resistencia de la roca intacta varía entre 100 a 200 MPa, por lo que se clasifica según el GSI como MF/B y un RMR de 55 (Roca Tipo IIIA).

Entre las profundidades 23.55 m a 24.10 m, el macizo rocoso se encuentra intensamente fracturado con un RQD inferior a 20 con un 100% de recuperación. La resistencia de la roca intacta es menor a 100 MPa, por lo que se clasifica según el GSI como IF/R y un RMR de 40 (Roca Tipo IVA - IIIB).

Entre las profundidades 24.10 m a 26.25 m, el macizo rocoso se encuentra moderadamente fracturado con un RQD entre 50 a 70 con un 100% de recuperación. La resistencia de la roca intacta es mayor a 200 MPa, por lo que se clasifica según el GSI como F/B y un RMR de 65 (Roca Tipo IIB).

Entre las profundidades 26.25 m a 33.10 m, el macizo rocoso se encuentra muy fracturado con un RQD entre 30 a 40 con un 100% de recuperación y tramos intensamente fracturados entre 28.70 a 29.00 m, 30.30 a 30.70 m y 32.80 a 32.10 m. La resistencia de la roca intacta es menor a 100 MPa, por lo que se clasifica según el GSI como F/R y un RMR de 50 (Roca Tipo IIIB).

Entre las profundidades 33.10 m a 44.35 m, el macizo rocoso se encuentra moderadamente a muy fracturado con un RQD entre 40 a 70 con un 60% de recuperación entre 37.80 a 39.30 m (probable

geoda). La resistencia de la roca intacta es mayor a 200 MPa, por lo que se clasifica según el GSI como F-MF/B y un RMR de 60 (Roca Tipo IIIA-IIB). Presenta un tramo intensamente fracturado entre 35.20 a 35.50 m. (servicio de geología aplicada, 2015)

**b. Sondaje DDH-PPM-02:**

Entre las profundidades 22.50 m a 31.20 m, el macizo rocoso se encuentra levemente fracturado con un RQD entre 70 a 90 con un 100% de recuperación. La resistencia de la roca intacta es mayor a 200 MPa, por lo que se clasifica según el GSI como LF/B y un RMR de 80 (Roca Tipo IIA). Presenta un tramo de intenso corte entre 24.95 a 25.20 m.

Entre las profundidades 31.20 m a 37.20 m, el macizo rocoso se encuentra intensamente fracturado con un RQD menor a 20 con un 50% de recuperación entre las progresivas 34.90 a 35.10 m y 36.40 a 36.70 m. La resistencia de la roca intacta es menor a 100 MPa, por lo que se clasifica según el GSI como IF/R y un RMR de 40 (Roca Tipo IVA - IIIB). Presenta núcleos moderadamente fracturados entre las profundidades 31.55 a 32.70 m, 34.20 a 34.90 m y 36.40 a 36.70 m.

Entre las profundidades 37.20 m a 46.20 m, el macizo rocoso se encuentra moderadamente fracturado con un RQD entre 50 a 70 con un 100% de recuperación. La resistencia de la roca intacta es mayor a 200 MPa, por lo que se clasifica según el GSI como F/B y un RMR de 65 (Roca Tipo IIB). Presenta un tramo intensamente fracturado entre las profundidades 42.75 a 43.15 m.

**c. Sondaje DDH-PPM-03:**

Entre las profundidades 30.70 m a 45.75 m, el macizo rocoso se encuentra moderadamente a muy fracturado con un RQD entre 40 a 70 con un 90% de recuperación. La resistencia de la roca intacta varía entre 100 a 200 MPa, por lo que se clasifica según el GSI como F-MF/B y un RMR de 65 (Roca Tipo IIB).

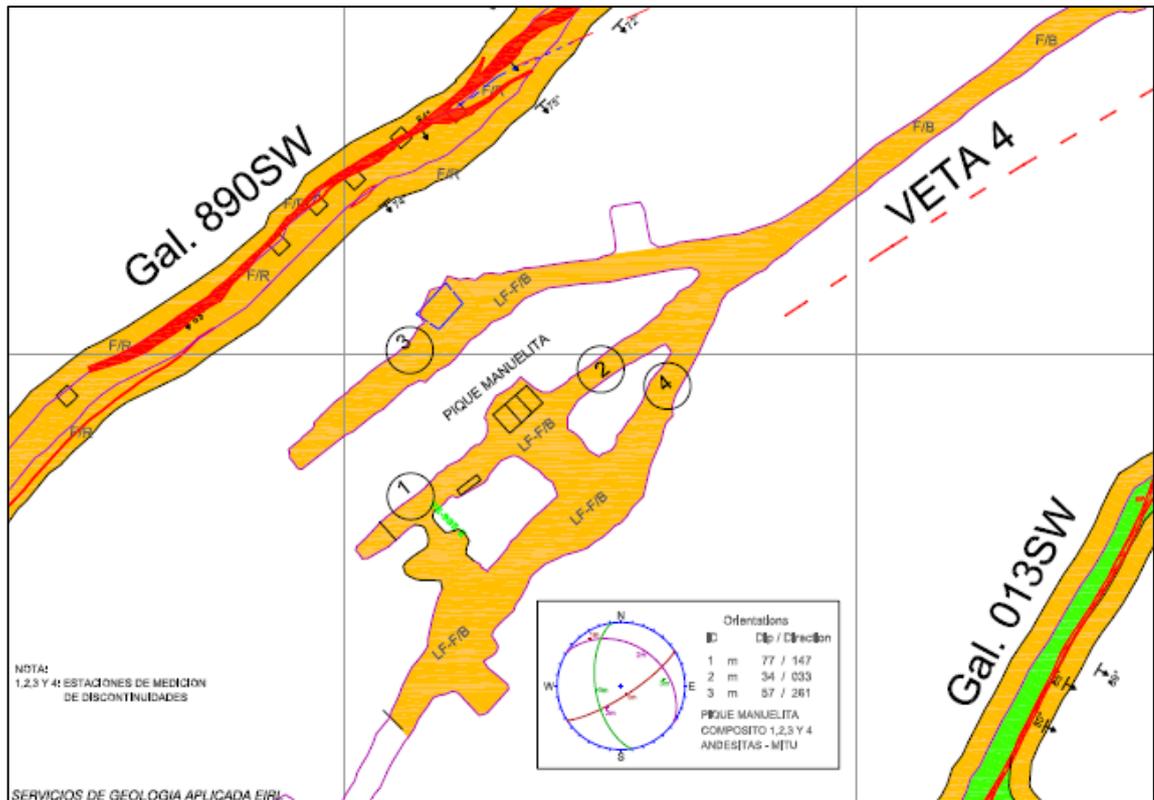


Figura 8: mapeo geomecanico nivel 450 del pique manueliata en la veta 4

Fuente: Compañía Minera Argentum

### 2.5.6 RESUMEN DE PARAMETROS GEOMECANICOS

**Ensayos de Carga Puntual:** se utilizó para determinar la resistencia a la compresión simple de los fragmentos irregulares de los testigos cilíndricos de los 03 sondajes según el diámetro de la muestra. El procedimiento consiste en romper una muestra entre dos puntas cónicas metálicas accionadas por una prensa.

Cuadro 12:

a. Sondaje DDH-PPM-01

Profundidad (m)		Diámetro (mm)	Is(50) MPa	$\sigma_c$ MPa	Resistencia-Tipo MPa	
De	A					
21.30	21.38	35.00	5.36	102.06	R5	Muy Resistente
27.00	27.80	35.00	7.42	141.07	R5	Muy Resistente
35.42	35.50	35.00	8.24	156.65	R5	Muy Resistente
41.42	41.50	35.00	10.29	195.43	R5	Muy Resistente

Fuente: informe geomecanico final de la profundización del pique Manuelita - nivel 450 al 510 – compañía minera Argentum.

Cuadro 13:

*b. Sondaje DDH-PPM-02*

Profundidad (m)		Diámetro (mm)	Is(50) MPa	$\sigma_c$ MPa	Resistencia-Tipo MPa	
De	A					
23.97	24.05	35.00	14.33	272.20	R6	Ext. Resistente
29.70	29.78	35.00	9.84	186.90	R5	Muy Resistente
32.20	33.28	35.00	3.72	70.65	R4	Resistente
35.85	35.93	35.00	3.31	62.82	R4	Resistente
41.83	41.91	35.00	9.80	186.20	R5	Muy Resistente

*Fuente: informe geomecanico final de la profundización del pique Manuelita - nivel 450 al 510 – compañía minera Argentum.*

Cuadro 14:

*c. Sondaje DDH-PPM-03*

Profundidad (m)		Diámetro (mm)	Is(50) MPa	$\sigma_c$ MPa	Resistencia-Tipo MPa	
De	A					
31.14	31.22	35.00	11.86	225.29	R5	Muy Resistente
36.27	36.35	35.00	11.84	224.00	R5	Muy Resistente
42.00	42.08	35.00	12.74	242.00	R5	Muy Resistente
45.67	45.75	35.00	4.12	78.33	R4	Resistente

*Fuente: informe geomecanico final de la profundización del pique Manuelita - nivel 450 al 510 – compañía minera Argentum.*

## **CAPITULO III**

### **MARCO TEORICO**

#### **3.1 OPTIMIZACION**

Al realizar la profundización del pique Manuelita mediante el método raise climber con la utilización del equipo alimak se elimina la extracción mediante baldes desde un nivel inferior hasta un nivel superior debido a que el material cae por gravedad a la parte inferior. Los trabajos de desquinche, colocado del set de cuadros y sostenimiento del pique se facilitan con la utilización de la plataforma de trabajo blasting set debido a que se adapta al tipo de actividad a realizar.

#### **3.2 PROFUNDIZACION DE LA EXPLOTACION**

La profundización del pique Manuelita se ha realizado desde el nivel 480 hasta el nivel 540 utilizando equipo alimak mediante el método raise climber desde el nivel 540 hasta el nivel 480 en forma ascendente para luego continuar en forma descendente el ensanchamiento del pique en sección total mediante la utilización de la plataforma de trabajo blasting set que sirve para bajar al lugar de trabajo y realizar las perforaciones para el desquinche asimismo para el armado de los cuadros y el sostenimiento del pique, adicional a esto se usa un tapón

metálico que sella el pique piloto por seguridad de todo el personal que labora realizando el desquinche del pique, para realizar la voladura del desquinche esta plataforma se levanta mediante dos winches y también sirve de protección de los cuadros al momento de la voladura.



Figura 9: *profundización del pique manuelita a plena sección*

*Fuente: imagen propia*

El material del desquinche es acumulado por gravedad en el nivel 540 y luego acarreado con scoop al nivel 510 mediante la rampa 900 para su evacuación al nivel 450 mediante una rampa inclinada y haciendo uso de vagones mineros u35 y de ahí ser trasladado en los skip hasta el nivel 0 para su extracción a superficie y acumulación en las canchas de desmonte.

### **3.3 ASPECTOS GENERALES EN MINERIA CON EL METODO RAISE CLIMBER UTILIZANDO EQUIPO ALIMAK**

El método Raise Climber utilizando equipo alimak, consiste en seis pasos que componen un ciclo: el perforar, el cargar, la voladura, ventilación, desatado de roca y sostenimiento. El trepador o jaula parte del equipo alimak sirve como plataforma de trabajo, desde donde se realiza además la instalación de los elementos de sostenimiento según sea requerido y como medio de transporte personal que realiza la actividad.

Funciona en un carril guía anclado a la pared (roca) que cuelga, a través de las tuberías que se tiene en los carriles guía que lleva los servicios de agua, aire, cable eléctrico (voladura eléctrica) y línea de aire auxiliar para la ventilación.

Los trepadores alimak están disponibles con las unidades de propulsión. Las plataformas pueden ser de varias formas: cuadrada rectangular, circular. El tamaño de las plataformas también es variado según las secciones requeridas en los diferentes proyectos.

La introducción en 1957 en Suecia del trepador marca alimak y el método de alimak, significaron una mejora enorme de las condiciones de trabajo de seguridad, de velocidad y de la exactitud de ejecución de chimeneas de mayor longitud y que gradualmente se incrementa la longitud para satisfacer los rendimientos en proyectos subterráneos.

### **A.- EQUIPO ALIMAK**

Es un equipo que permite la construcción de chimeneas mediante un equipo trepador que se desplaza por carriles anclados en el macizo rocoso.

Consta de dos partes: equipo principal alimak (A) y equipo alicab (B). El equipo trepador mediante la transmisión que se desplaza por carriles guías curvados y rectos; por la cual se dispone aire y agua a través de las tuberías de servicio del carril guía. La plataforma puede tener diferente forma y tamaño.

El trepador sirve como plataforma de trabajo y como medio de transporte al área de trabajo.

Funciona en un carril guía anclado a la pared que cuelga. Usando secciones de carril curvadas de guía, la dirección de recorrido se puede cambiar en cualquier momento; de acuerdo con cada tipo de proyecto que se requiera. En los carriles llevan los servicios de agua, aire, cable eléctrico y línea de aire auxiliar.



Figura 10: equipo alimak con bobina enrollado del cable alimentador  
*Fuente: imagen propia*

## **B.- PERFORACIÓN DE CHIMENEA**

Las dimensiones de la chimenea son decididas por el rendimiento de la perforación, longitud de la perforación y por supuesto de la calidad de la roca y del cuerpo mineral.

La conexión de la chimenea por encima del nivel tiene que estar hecha de manera que la comunicación de este nivel no sea interrumpida.

Durante el periodo de producción todo el personal transporte de materiales usaran este nivel para comunicación como para el desmantelamiento del raise climber (perforación ascendente) después que el ambiente haya sido excavado.

## **C.- LABOR DE PRODUCCIÓN**

### **perforación**

La perforación de producción es llevada a cabo desde la plataforma del raise climber como perforaciones paralelas, perforación en abanico o una combinación de estas dos de acuerdo con la roca.

La inclinación del barreno depende de muchos factores:

- la perforación hacia arriba facilita que los detritos de la roca caigan por si solos.
- Conseguir un ángulo de voladura apropiado.
- Del equipo de perforación.

Se recomienda siempre trabajar con una instalación auxiliar alicab en todo el sistema. A fin de conseguir perforaciones paralelas en la construcción de la chimenea. Esta puede ser manejada en el lado del estéril o puede trabajar como equipo auxiliar de seguridad.

La posición de la perforación de la chimenea puede ser muy atractiva debido a la perforación en paralelo y al avance con una perforación piloto seguidamente, se procede al desmantelamiento de las guías para proceder a la ampliación de las dimensiones reales de la chimenea.

## **D.- CARGA**

La carga puede ser echa de ANFO o de acuerdo con la dinamita explosiva esto dependerá mucho de las condiciones del terreno rocoso y la presencia de agua. La explosión es solo llevada a cabo con roturas hacia abajo y consecuentemente necesitan menor grado de embalaje.

## **E.- DESMANTELAMIENTO DE GUIAS DE RIELES**

El desmantelamiento de las guías de rieles es llevado a cabo después del cargado y conexión. Este trabajo se realiza desde una plataforma especial de carga. En el punto más bajo de la guía de riel un artefacto de parada es siempre llevado como un acuerdo de seguridad para el raise climber (perforación de chimenea)

### **3.3.1 ACCESORIOS DEL EQUIPO ALIMAK**

#### **a. Plataforma**

La plataforma puede ser de forma y tamaño variable, la plataforma de trabajo más grande proporciona 30 m<sup>2</sup> hasta ahora medido, que consta de un ingreso (puerta), ala desplegable, bolsillos contenedores de barra de perforación, barretillas, atacadores, etc.

Sirve de plataforma de perforación durante la excavación, en donde va montado también el techo protector o guarda cabeza.

#### **b. Jaula**

Elemento importante del sistema, que sirve como medio de transporte del personal, durante el ascenso y descenso del equipo alimak, con capacidad para tres personas.

#### **c. Guarda cabeza**

Elemento importante de seguridad del sistema, pues evita que la caída de rocas impacte directamente al personal que labora.

#### **d. Angulo de soporte**

Elemento importante que sirve para anclar los carriles a la roca mediante los pernos de expansión.

#### **e. Espaciador**

Elemento complementario a los ángulos de soporte, que sirve como regulador de distancia entre carril guía y roca, estos espacios tienen dimensiones variables (10,20,30,40 y50) cm.

#### **f. Cabezal de disparo.**

Accesorio que sirve como protector de las tuberías de servicio durante la voladura, además cumple funciones como medio de ventilación, regadío después de la voladura.

**g. Cabezal de perforación o lubricación**

Accesorio importante para la perforación, que se monta en el último carril que sirve como medio de suministro de los servicios básicos para la perforación, con capacidad para dos máquinas perforadoras.

**h. Anillo obturador para carriles – Oring**

Elemento que sirve como obturador entre carriles, para evitar que el aire, y el agua escape entre las uniones de los carriles.

**i. Central múltiple**

Este accesorio sirve como control de los servicios básicos como agua y aire.

**j. GA5 – Paracaídas**

Dispositivo de frenado automático de emergencia

**k. Perno de expansión**

Elemento de anclaje de 4 pies para los carriles, estos pernos permiten fijar mejor los carriles a la roca.

**l. Tablero eléctrico**

Accesorio principal que permite el control eléctrico del sistema alimak

**m. Tambora**

Accesorio que contiene el cable de energía eléctrica y funciona mediante la ayuda de un motor neumático para su enrollamiento y desenrollamiento durante el ascenso y descenso respectivamente.

**n. Carriles**

Estos elementos son muy importantes en el sistema alimak pues permite la conducción de los servicios básicos como agua, aire y energía eléctrica; además sirve como elemento guía para el ascenso y descenso de la jaula trepadora.

Tenemos 4 tipos de carriles:

**Carriles curvos:** Estos elementos permiten la excavación a un determinado ángulo de dirección, si quisiéramos realizar una chimenea recta de 90°, entonces tendríamos que utilizar 3 carriles de 25°, uno de 7° y otro de 8°,

Tipos de carriles curvos

- i. Carril curvo de 3°
- ii. Carril curvo de 7°

iii. Carril curvo de 8°

iv. Carril curvo de 25°

**Carril guía o carril de avance:** Estos carriles son de dos metros y son los más utilizados en un proyecto.

**Carril de seguridad:** Estos carriles se utilizan como medida de seguridad, pues se anclan con dos pernos más en comparación de los carriles de guía, se anclan cada 25 metros de avance.

**Carril de servicio:** Este carril se caracteriza por presentar las tuberías ligeramente levantados con el propósito de realizar mantenimiento y/o reparación del equipo alimak.

### 3.4 SISTEMA DE IZAJE

a) **Winche de izaje:** El winche de izaje, es una maquinaria utilizada para levantar, bajar, empujar o tirar la carga; el winche de izaje es utilizado también para bajar e izar personal de interior mina siempre que cumpla con exigencias mínimas de seguridad.

b) **Componentes de un winche de izaje:**

- **Tambora (una o dos).** - son cilindros metálicos donde se enrolla el cable. Podríamos hablar del enrollado activo que es el cable que verdaderamente trabaja y el enrollado de reserva para los cortes reglamentarios y para reducir el esfuerzo ejercido por el cable, a la unión con el tambor.
- **Motor.** - es el propulsor de la acción mecánica, es el que realiza el trabajo de izaje. La característica del motor se elige de acuerdo con el requerimiento y la capacidad de carga que se quiere izar y a las dimensiones y modelo del pique.
- **Sistema de seguridad:** lilly control, frenos, etc. Es el dispositivo encargado de regular la velocidad, este actúa en caso de una subida acelerada o desaceleración de la velocidad, ocasionado por una posible falla mecánica, el lilly control, acciona el dispositivo de emergencia del sistema de izaje.
- **Palancas de control.** - son los dispositivos de control y manejo del winche, estos deben ser manipulados solo por el operador o maquinista autorizado.
- **Cable.** - dependiendo del tipo de izaje de los winches; ya sea por fricción o enrollamiento, los cables de izaje pueden ser fabricados de aluminio o de alambre

de acero los mismos que son colocados ordenadamente para desempeñar el trabajo de izar los skips o las jaulas.

Para formar cables se arrolla un gran número de hilos de aluminio o acero de alta resistencia (entre 130 y 180 kg/mm<sup>2</sup>) estos hilos se disponen en cordones y torones, según sea el caso. (Paquiyauri y Suazo,2012)

#### a) Tipos de Cables

- **Regular.** - los alambres del torón están torcidos en dirección opuesta a la dirección de los torones del cable.
- **Tipo Lang.** - los torones en un cable tipo lang están torcidos en la misma dirección (lang derecho o lang izquierdo). Los cables con torsión lang son ligeramente más flexibles y muy resistentes a la abrasión y fatiga, pero tiene el inconveniente de tener tendencia a destorcerse por lo que únicamente deberán utilizarse en aquellas aplicaciones en que ambos extremos del cable están fijos y no le permitan girar sobre sí mismo. (Paquiyauri y Suazo,2012)

#### b) Estructura de los Cables. - los cables se componen de:

- **Núcleo o Alma.** - el alma del cable sirve como soporte a los torones que están enrollados a su alrededor. El alma se fabrica de diversos materiales dependiendo del trabajo al cual se va a destinar el cable, siendo el más usual el de alambre de acero o el alma de torón que está formado como su nombre lo indica, por un torón igual a los demás que componen el cable; hay alma de fibra que puede ser de fibras vegetales o fibras sintéticas. El alma de acero se utiliza para zonas donde el cable está sujeto a severos aplastamientos o cuando el cable trabaja en lugares donde existen temperaturas muy elevadas que en ocasiones el alma de fibra se dañe con el calor. También este tipo de alma proporciona una resistencia adicional a la ruptura, de aproximadamente un 10% dependiendo de la construcción del cable. (Paquiyauri y Suazo,2012)
- **Torones o Cordones.** - un cable está formado por un conjunto de torones o enrollados. Cada torón está formado por un conjunto de hilos. La mayoría de los hilos utilizados en la construcción de cables son redondos y de diámetro comprendido corrientemente entre 2 y 3 mm. (Paquiyauri y Suazo,2012)

- **Jaula, Baldes o skips.** - es uno de los componentes esenciales del sistema de izaje; las jaulas baldes o skips, cumplen la función de transportar en su interior al personal y/o mineral según los requerimientos de producción respetando las condiciones establecidas en el presente reglamento de seguridad minera. (Paquiyauri y Suazo,2012)
- **Poleas.** - es una rueda acanalada que rueda alrededor de un eje central por el que pasa el cable en cuyos extremos se encuentra la jaula o skips (resistencia) y en la otra el winche o tambora (potencia)(Paquiyauri y Suazo,2012)

### 3.5 PLATAFORMA DE TRABAJO BLASTING SET

Es una plataforma de trabajo de acero que está suspendida en dos puntos, anclado con pernos en el macizo rocoso mediante tecles manuales de cadena, estas cadenas están unidos a la plataforma con grampas Crosby; la plataforma es usada para la colocación de cuadros, limpieza, perforación y sostenimiento del macizo rocoso. En ocasiones se suspende en el set del cuadro superiores mediante un soporte de cable. Esto con la finalidad de bajar los puntos de anclaje del blasting set.

#### 3.5.1 ELEMENTOS DEL BLASTING SET

**a) Tecles manuales de cadena.-** Los tecles manuales de cadena en lugar del cable, están compuestos por una cadena fortificada para evitar la corrosión. La carga se eleva al tirar de la cadena, la cual va corriendo a través de unos rodillos mecanizados. Pueden ser utilizados para cargas menores y trabajos que requieran mayor precisión.

Los tecles manuales de cadena poseen menor rapidez y capacidad que los de cable y se escogen cuando el trabajo a realizar no implica cargas superiores a 10 toneladas, ya que son muy eficaces para ello.

**b) Plataforma de acero.-** Tiene una estructura de tubo rectangular de HSS 200x200x4 y cubierta por la parte superior por una plancha estriada de acero, cuenta con 4 soportes de cable soldados en cada esquina. Asimismo, cuenta con compuertas para el descenso al frente de trabajo para realizar el desquinche.

- c) **Grillete de aleación con perno.**- Son elementos metálicos de unión utilizados como accesorios auxiliares de estrobos y eslingas, que permiten operar entre la carga y los equipos de izaje. Los grilletes están fabricados de acero y consisten en una pieza en forma de “U”, con un pasador de acero forjado que atraviesa sus dos extremos, que sirve para conectar en forma permanente un ojal con otros elementos de sujeción como, por ejemplo, un gancho de izaje. El pasador se llama prisionero, cuando es atornillado a una punta de la U, y perno cuando atraviesa dicho punto y es retenido por una tuerca.
- d) **Eslinga de cadena de acero.**- Debe reconocerse que ciertos factores del uso de la cadena y los accesorios pueden ser abusivos y reducir la carga que pueden soportar la cadena o los accesorios. Algunos ejemplos son: retorcimiento de la cadena; desfiguración; deterioro por esfuerzo, uso, desgaste o corrosión; aplicación rápida de cargas o sacudones; aplicación de cargas excesivas; efectos causados por esquinas filosas; acción y cargas no simétricas.

### 3.6 CARACTERISTICAS DEL DISEÑO DE PIQUE

Uno de los primeros puntos a ser considerados cuando se profundiza un pique es establecer el tipo de servicio que prestará como en este caso de izaje de mineral únicamente, por lo que debe estar en la categoría de Producción, como ya está definido el propósito del pique, las consideraciones que deberán darse en el tipo del pique serán las siguientes:

Forma del pique: Rectangular

Tipo de revestimiento: Entibado de madera

Sostenimiento del pique: Permanente

Para poder ubicar el lugar se comenzó con las siguientes premisas:

#### **A. Roca Resistente**

Cualquier labor debe presentar siempre seguridad en todos sus aspectos; en el caso de un pique debe contar con una roca resistente no pudiéndose elegir entre varias rocas, se procedió a ubicar dentro de una caliza masiva de grano fino y dura ( roca sedimentaria) y que es la que continúa en profundidad del nivel 330 es decir la continuación de pique 447 continuando una predominación de andesita de muy poca alteración porque está alejada de las zonas de falla.

## **B. Abundancia de Agua**

Siguiendo las pautas para una buena elección se encontró que en la profundización del pique nos encontramos con roca competente y abundante presencia de agua en el nivel 540, disminuyendo considerablemente en el nivel 510 y poca presencia de agua en las tolvas, pockets y estaciones del pique.

Todo este procedimiento tuvo que estar acompañado con el estudio de niveles superiores. Descartando fracturas o fallas que pudieran contener agua.

## **C. Ausencia de Alteración**

Aproximadamente las vetas se encuentran a una distancia no menor de 50 metros del pique contando con esta distancia la alteración es mínima, volviéndose casi nula al acercarse al pique.

## **D. Buena Accesibilidad**

El pique se ubica cerca de la rampa 900 y atraviesa todos los niveles principales, prácticamente el pique estará ubicado en la parte lateral de la rampa teniendo un fácil acceso para iniciar su construcción, a la vez poder evacuar el desmonte que será proveniente de la apertura de las excavaciones, de los frentes en explotación.

Como se puede notar, la viabilidad del proyecto ha sido aprobado por las buenas leyes y tonelaje que presentan los tajeos que ya están en explotación en los niveles inferiores y que las demoras más significativas se tienen en el tiempo de evacuación del mineral de las labores, incluso acumulando mineral en otras zonas para su posterior traslado a los bolsillos del pique.

Tomando todas las pautas anteriores, la ejecución del proyecto se a logrado con mucho éxito. Iniciándose la profundización tal como se planeó y sin problemas posteriores.

### **3.6.1 TIPOS DE PIQUE**

Cuando se diseña un pique uno de los principales puntos a ser considerado es el propósito que estará en una de las siguientes categorías:

- Exploración
- Producción
- Servicio
- Ventilación
- Combinación de los nombrados

- a) **Pique de Exploración.-** El propósito es identificar las zonas por donde se ubican los yacimientos de minerales que luego dependiendo de su dimensión y composición serán explotados en un proyecto minero.
- b) **Pique de Producción.-** El propósito es aprovechar los recursos minerales extrayendo mediante sistemas de izaje por pique vertical o inclinado, utilizando recipientes, estructuras, instalaciones, aparatos de enrollamiento o de fricción, maquinarias, cables de acero, energía, personal, normas de seguridad, entre otros.
- c) **Pique de Servicio.-** El propósito es traslado de: materiales, maquinarias y personal; Utilizando Winches de servicio que cumplan con exigencias mínimas de seguridad. Así mismo el pique es aprovechado para las instalaciones de servicios de agua, aire comprimido, energía, relleno hidráulico o cementado, etc
- d) **Pique de Ventilación.-** El propósito es dar circuito para la circulación del aire a través de las labores mineras, para ello es indispensable tener dos labores de acceso independientes: dos piques, dos socavones, un pique y un socavón, etc.

Luego de definir el propósito del pique, las consideraciones que deberán darse en el tipo de pique requerido son las siguientes:

**3.6.1.1 Tipo de pique según su forma.-** Las formas más comunes conocidas son rectangulares, circulares y elípticas, están basadas en el tipo de revestimiento que llevaran. La sección rectangular es la forma más empleada, sin embargo, ofrece las desventajas de dificultad en la formación de ángulos rectos y mala distribución de esfuerzos alrededor de la excavación. La sección circular garantiza una mayor estabilidad, debido a que la fortificación va a resistir mejor la presión causada por la roca circundante; ya que ésta, se distribuye más uniformemente. Además los piques de sección circular poseen un menor coeficiente de resistencia aerodinámica.

**3.6.1.2 Tipo de pique según el requerimiento de apoyo.-** Este tipo es basado en el tipo de sostenimiento usado en la estructura del pique, el apoyo se aplica como una fuerza de reacción contra la superficie de la excavación e incluye prácticas como la madera, relleno de hormigón proyectado, malla de acero, sistemas de hormigón, hormigón armado y revestimientos.

**3.6.1.3 Tipo de pique según método de excavación.-** Se presentan dos tipos: Tradicional y perforado a sección completa. Tradicional: La

profundización del pique se hace de manera habitual, perforación, voladura y evacuación de material, todo esto combinado con distintos métodos de sostenimiento de terrenos. Perforado a sección completa: La profundización se lleva acabo usando máquinas de perforación mecánica, las cuales lo hacen a sección completa. Este tipo de máquinas son las Shaft Boring y Raise Boring.

### 3.6.2 DIMENSIONES DEL PIQUE

Es de forma rectangular y sus dimensiones teóricas son de 7' de ancho por 17' de largo y tiene 2 compartimientos de 1.3 m x 1.1 m c/u. Cada compartimiento sirve para el transporte de personal, servicios, y mineral-desmante, y el último compartimiento auxiliar para camino y acceso de tuberías y cables eléctricos. Ver anexo 03 (ingeniería básica set típico arreglo general)

#### 3.6.2.1 Dimensiones de excavación del pique Manuelita

El ancho promedio de la excavación del pique es de 2.33 metros y el largo en promedio mide 5.17 metros, la luz promedio entre el entablado y la pared del pique es de 0.20 metros. En lugares donde se cruzó por fallas y vetas el ancho de la sección del pique se incrementa en un promedio de 0.40 metros debido al realce.

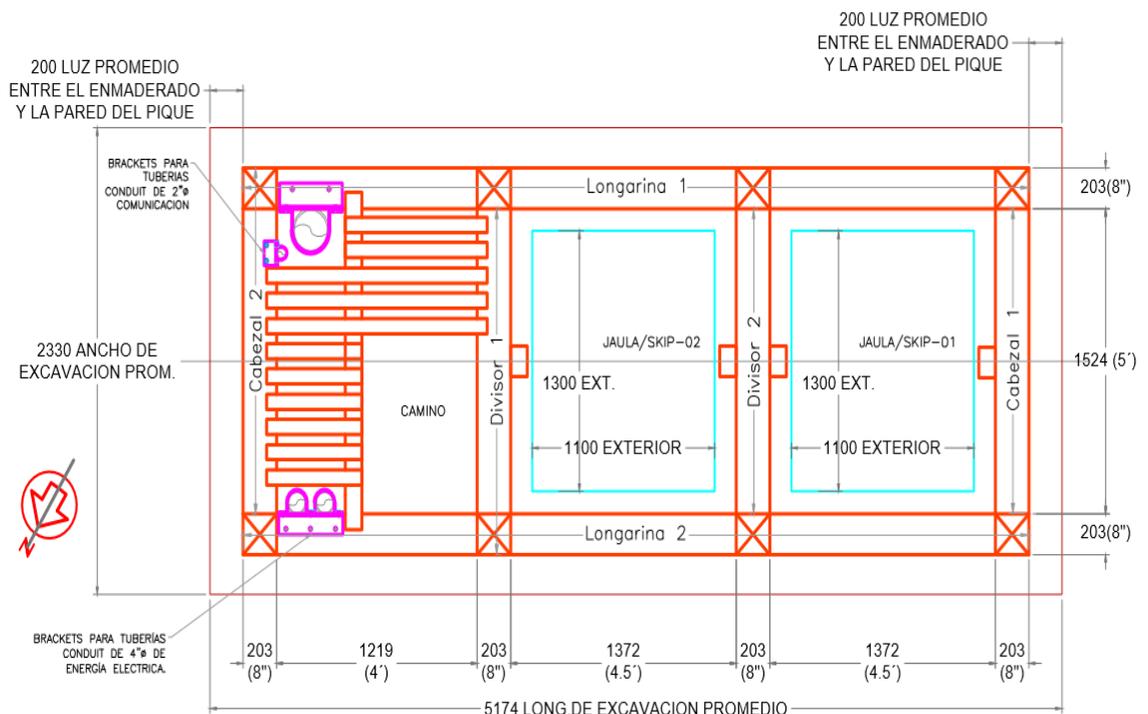


Figura 11: control dimensional del pique Manuelita  
Fuente: Mining solutions

### 3.6.2.2 Dimensiones de los cuadros de madera

Los cuadros de madera empleados en la profundización del pique Manuelita son pino canadiense debidamente tratados, este material es usado debido a su alta resistencia en la humedad.

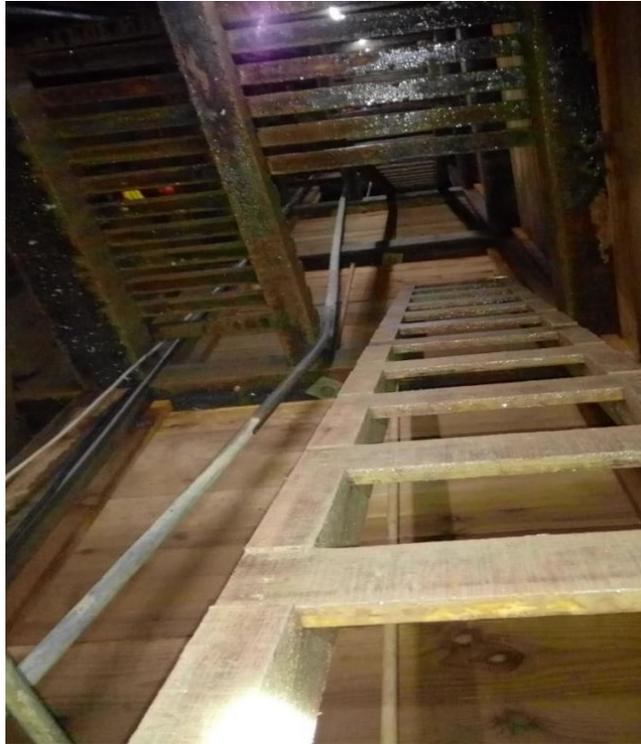


Figura 12: *set de cuadros de madera con vista del área de tránsito y servicio*

*Fuente: imagen propia*

La colocación de cuadros de madera por parte de mining solutions en la profundización del pique Manuelita inicia en el set # 243 con cota 3989.059 msnm, la altura de cada set es de 2.10 metros, cada set de madera está compuesto de 2 Longarinas, 2 cabezales, 2 divisores, 4 postes, 2 tirante. Las especificaciones de los cortes de los elementos del set se muestran en el anexo 03 (ingeniería básica set típico arreglo general)

Las dimensiones de los elementos de los cuadros de madera son las siguientes:

Cuadro 15:

*Dimensiones del cuadro de madera*

<b>Dimensiones del cuadro de madera</b>			
Elemento del cuadro	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (m)
Longarina:	4.78	0.20	0.20
Poste	2.10	0.20	0.20
Cabezal	1.93	0.20	0.20
Divisor	1.57	0.20	0.20
Tirante	1.42	0.20	0.20
Guía	6.48	0.15	0.10

Fuente: ingeniería MISOL

Se adjunta anexo 04, 05, 06, 07 con las especificaciones del tipo de corte.

### **3.7 METODOS DE EXCAVACION**

Antes de iniciar las labores propias de la Profundización del Pique, se realizaron labores de preparación de la zona de trabajo (ver anexo 02: plano de laboreo de pique nivel 510), esto incluye señalar la zona de trabajo, señalar los accesos, colocar barandas y/o barreras rígidas en la comunicación del Raise Climber al nv. 510 y luego en el piso del pique Manuelita.

Se colocaron barandas como ring de seguridad y Tapón metálico en la comunicación de los dos bolsillos al nv. 510.

Se realizó instalación de suministro de energía eléctrica en baja tensión, 440 y 220 VAC, para los winches, iluminación y herramientas manuales, la potencia requerida es:

- 50 KW en 440 VAC
- 30 KW en 220 VAC

Todo equipamiento eléctrico requerido como son tableros, transformador, arrancadores, etc. fueron instalados a una distancia prudente para evitar daño por efecto de los disparos, la ubicación final se determinó en campo.

Se realizó la instalación de servicios como son agua y aire en el nv. 540 para la perforación con dos máquinas stoper sobre plataforma trepadora Alimak y en el nv. 510 para la perforación de Pique con piloto con 3 máquinas Singer y Ampliación de bolsillos con 3 máquinas Singer, estos mantuvieron la continuidad necesaria de 90 psi para evitar paradas o retrasos en la excavación.

Se realizó el alineamiento del Pique y se colocó los puntos topográficos en el Nv. 510 y en el Nv. 540, se tuvo especial cuidado en marcar el eje del bolsillo así como la cota respectiva.

Se realizó la habilitación de plataformas o lozas para la ubicación de los winches que sostendrán al tapón, canasta de perforación y balde de servicios tanto en el Pique como también en los 2 bolsillos.

Asimismo, se colocó la polea direccionando el cable hacia el eje de la chimenea piloto, fabricación de plataforma metálica de profundización de Pique y escaleras metálicas con guarda de seguridad para el ascenso y descenso de personal.

Por último, se retiraron las guardas instaladas en la comunicación del pique y la comunicación de los dos bolsillos en el nv. 510.

### 3.7.1 CONSTRUCCION DEL PIQUE PILOTO

**Paso 1:** Después de realizar la triangulación topográfica se coordina y verifica en campo el marcado del eje de chimenea piloto con Raise Climber, luego de la evaluación del terreno por parte del área de geomecánica, se efectuó dos disparos hasta alcanzar los 3 metros de altura para luego formar a través de desquinches el radio de curvatura adecuado para colocar los carriles, para realizar el montaje y puesta en marcha de todo el equipo jaula trepadora Alimak, después de una inspección técnica multidisciplinaria se realizó un primer disparo para continuar de forma cíclica el ascenso de la chimenea, solicitando la evaluación geomecánica del terreno, cada vez que se requiera y/o condición cambiante del macizo rocoso.

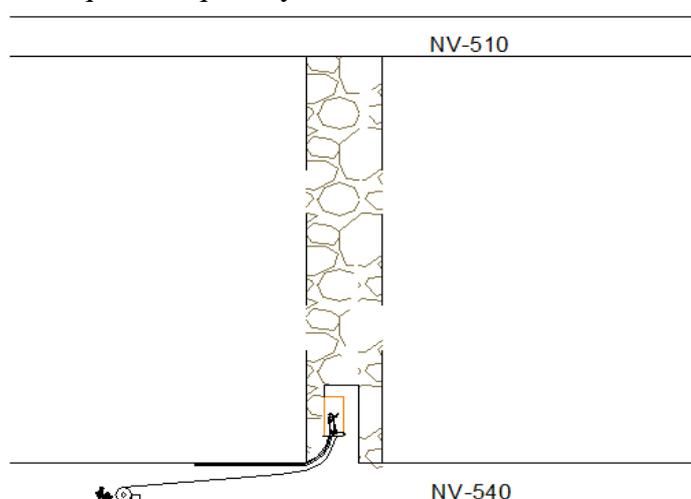


Figura 13: Excavación de Chimenea piloto del Pique 2.30x2.30 mt

Fuente: Mining Soluções

**Paso 2:** Una vez comunicado el nv. 510 con la chimenea Raise Climber, se coloca un puente vertical de vigas Metálicas para anclar los pernos con los carriles del Alimak a ésta, luego continuar con los disparos con la jaula trepadora hasta llegar a comunicar el piso actual del pique Manuelita.

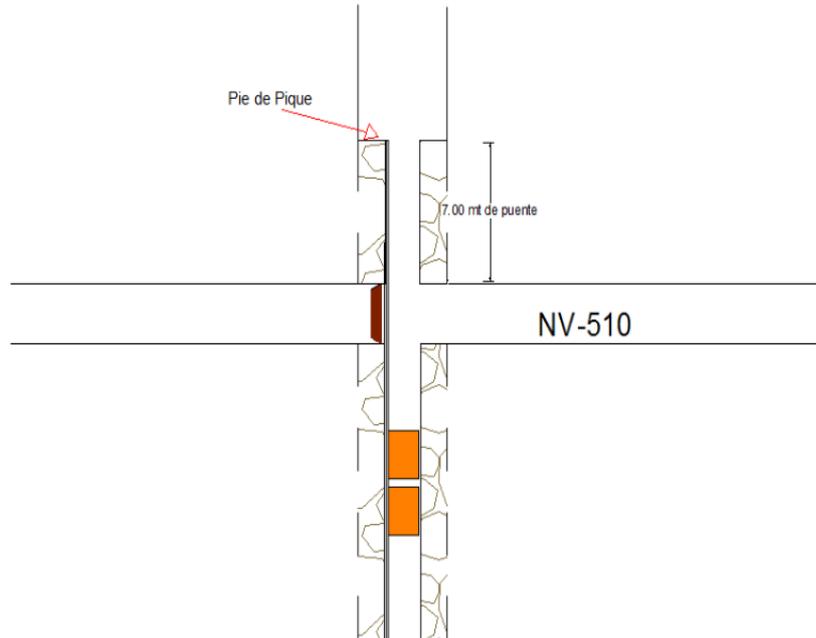


Figura 14: *Comunicación de chimenea raise climber con pie de pique actual*  
Fuente: *Mining Soluciones*

### 3.7.2 CONSTRUCCION DEL PIQUE A PLENA SECCION

La construcción del pique a plena sección se realiza utilizando la plataforma de trabajo blasting set que consta de una plataforma metálica suspendida por cuatro tecles de 2 toneladas de capacidad de cada uno anclados en pernos helicoidales. Mediante esta plataforma se accede al frete de trabajo y se realiza la perforación para el sostenimiento de la sección del pique y la perforación para el desquinche para la sección completa del pique.



Figura 15: *ejecución del pique a plena sección usando el blasting set*

*Fuente: imagen propia*

### **3.7.2.1 PERFORACION**

#### **a. Perforación del pique piloto.**

La perforación del pique piloto se realiza con máquinas perforadoras stoper sobre la plataforma del alimak. El traslado se realiza en la jaula trepadora siempre inspeccionando el compartimiento de los hastiales de la chimenea y de las instalaciones de los carriles además de la ventilación. El perforista líder al momento de subir a la plataforma de trabajo debe asegurarse con el arnés y línea de anclaje con absolvedor de impacto.

El equipo alimak debe estacionarse a la altura de perforación y parquear con el freno de mano y comunicar al personal de piso para el desenergizado del equipo, antes de la perforación se debe realizar el desate de roca con as barretillas respectivas usando como refugio la guarda cabeza de la jaula trepadora, se debe verificar el macizo rocoso en el frente para su evaluación del sostenimiento a instalar.

Antes de la perforación se debe verificar las líneas de aire y agua del cabezal de perforación. Instalar el equipo de perforación. Marcar la malla de perforación y pedir al perforista de piso la abertura de las válvulas de servicio (Aire y Agua). Se debe instalar sostenimiento preventivo de acuerdo con la recomendación geomecánica.

Se realiza la perforación de los taladros de acuerdo a la malla de

perforación conservando el paralelismo a la inclinación requerida en el pique. Finalizado la perforación, retirar el equipo de perforación y accesorios a un lugar seguro de la plataforma (Bolcillos de la plataforma), Cambiar el cabezal de perforación por el cabezal de disparo, asegurando el cable de disparo. Descender la jaula trepadora a la cámara Raise Climber, ordenando los equipos y herramientas de perforación. Realizando un analisis de los reportes diarios del control de avance del pique manuelita con equipo alimak se tiene los datos que se muestra en el cuadro 17, en la semana 1 el avance fue de 6.94 metros esto se debio a que el personal empezo las actividades en el nuevo contexto del pique manuelita, en la tercera semana de abril se presnta el pico mas alto del control de avance semanal esto se debe a que se paso por zona donde la resistencia de la roca fue favorable y en la semana 6 en el mes de mayo se culmino con la perforación de la chimenea piloto.

Cuadro 16:

*Control de avance semanal con equipo alimak del pique piloto*

CONTROL DE AVANCE SEMANAL CON ALIMAK							
MES	ABRIL				MAYO		TOTAL
SEMANA	1	2	3	4	5	6	
AVANCE (m)	6.94	10.89	15.12	11.01	11.34	9.45	64.74

*Fuente: Area de topografia de Mining Solutions*

#### **b. Perforación a sección completa**

La perforación a sección completa se realiza utilizando el blasting set. Antes del inicio de las actividades de debe acondicionar línea de vida, pera retráctil y escalera telescópica, Previamente anclado acondicionar la plataforma de trabajo blasting set y ubicar a una altura prudente. Anclarse con la línea retráctil y descender por la escalera uno por uno hasta llegar al piso del pique y Acondicionar el tapón de reise climber en coordinación con el personal encargado de operar el winche. Antes del inicio de las actividades se debe de realizar el desate de rocas sueltas para luego limpiar la carga del piso de perforación con presión de aire y regar el piso de perforación, marcar la malla del banco de

perforación. Bajar la canasta de perforación con winche de servicio, realizar las instalaciones de agua y aire a las máquinas perforadoras, perforar los taladros manteniendo el paralelismo y eficiencia de perforación. Una vez terminado la perforación, desinstalar la máquina perforadora. Evacuar todas las herramientas, materiales, máquinas con la canasta de perforación. Subir el tapón metálico y el blasting set hasta el último cuadro armado.

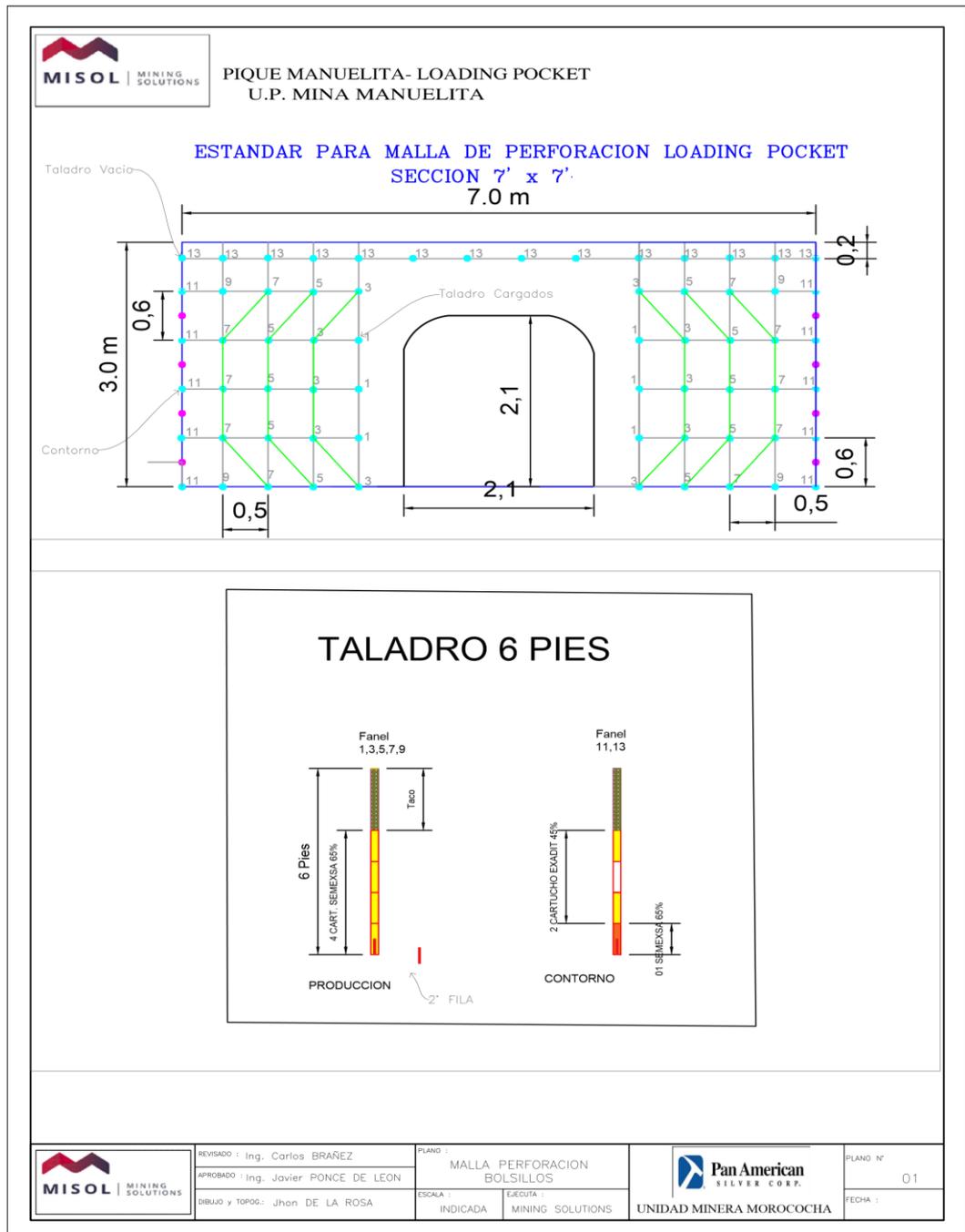


Figura 15: malla de perforación de bolsillos

Fuente: Mining Soluções

### 3.7.2.2 VOLADURA

Los taladros deben ser límpidos con soplete de ½”, el electricista debe garantizar la continuidad de energía eléctrica en el cable eléctrico de disparo. La carga explosiva debe bajar preparada en el nivel superior con mochila de explosivo. Introducir el cebo en el taladro según secuencia de salida.



Figura 16: *cartuchos con cañas para voladura controlada*

*Fuente: imagen propia*

Cargar la columna del taladro con carga explosiva según tipo de roca y atacar con atacador de madera. Realizar el amarre con pentacord todo los faneles o noneles. Realizar el amarre del fulminante eléctrico, pentacord y cable eléctrico, estirar cuidadosamente el cable eléctrico y asegurar Coordinar con winchero para subir el tapón de Raise Climber.



Figura 17: *amarre de taladros con carga*

*Fuente: imagen propia*

El jefe de guardia y un piquero más debe quedarse en el banco para dirigir el izaje del tapón de Raise Climber. Subir tapón de Raise Climber hasta cierta altura (Aprox. 60cm), el personal que se quedó debe subir para continuar el izaje del tapón. Subir el tapón hasta pegar a la plataforma de trabajo. Asegurar el tapón con sogas o tecele frente a la onda de disparo. Salir todo el personal del pique. Conectar el cable eléctrico al explosor.

El supervisor (capataz o ingeniero) debe dar la orden de disparo cerciorándose que todo el personal haya sido evacuado del fondo del pique. Accionar el explosor para dar inicio al disparo.

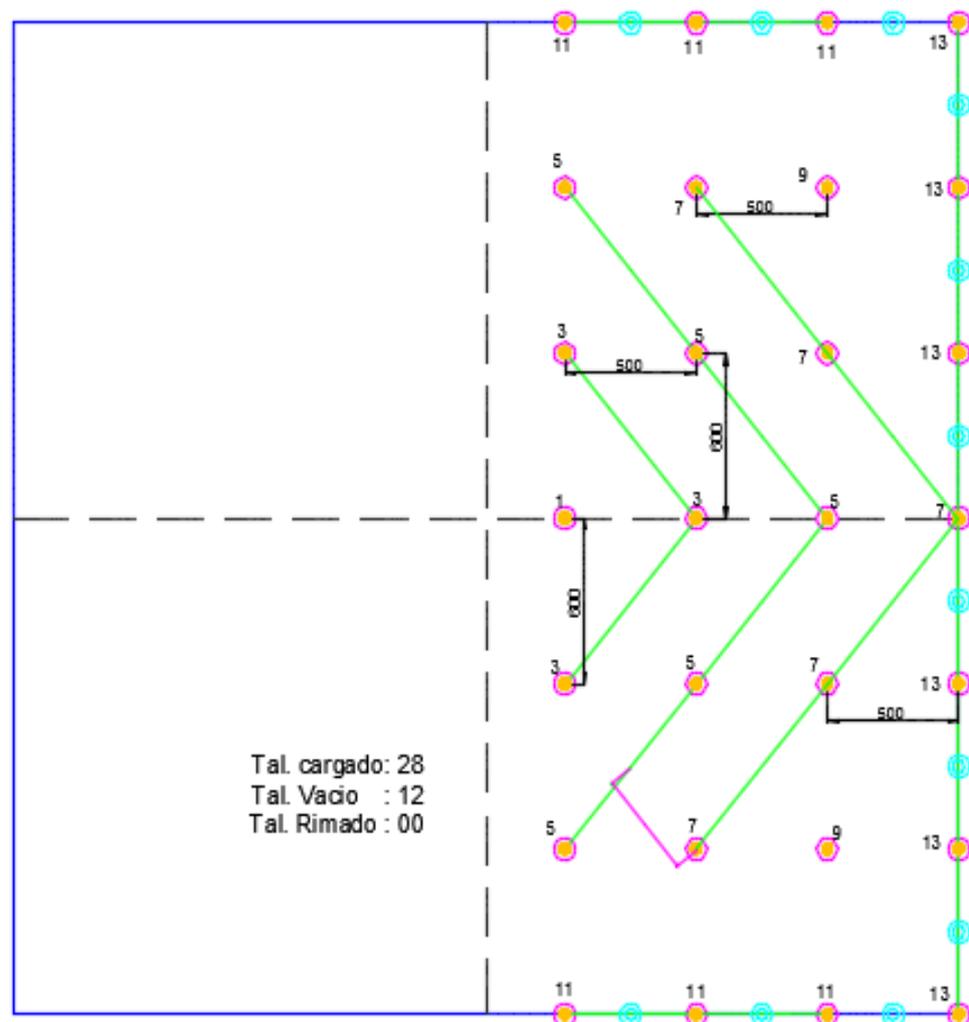


Figura 17: *Diseño de voladura de medio banco en bolsillo ciego*  
 Fuente: *Mining Soluções*

### 3.7.2.3 EXTRACCION

La extracción de todo el material estéril producto del desquinche del pique a plena sección se evacua mediante scooptram desde el nivel 540 mediante la rampa 900 hasta la cámara de acumulación ubicada en el nivel 510 y luego es extraída mediante locomotoras al nivel 450 por el pique inclinado para luego ser evacuado por el pique Manuelita mediante skip y su posterior traslado del nivel 0 a superficie mediante locomotoras de 9 yardas cubicas.



Figura 18: *comunicación del bolsillo con el loding poked*

*Fuente: imagen propia*

La extracción del material estéril de los bolsillos es evacuado mediante un valde e izado al nivel 510 para luego ser evacuado al nivel 450 y su traslado mediante skip al nivel 0 y su posterior traslado a superficie.



Figura 19: *extracción de material estéril mediante grúa batible del bolsillo*

*Fuente: imagen propia*

### **3.7.3 SOSTENIMIENTO**

Por Recomendación de la Supervisión del pique Manuelita, Empresa GEMIN se debería instalar pernos de sostenimiento Pernos helicoidales de 7 pies, adicionalmente se debería usar pernos de anclaje para el concreto independiente de los pernos de sostenimiento instalados

#### **3.7.3.1 Instalación de pernos Sostenimiento y pernos de anclaje**

Los pernos de sostenimiento se están instalando a una malla de 1.2 m x 1.2 m de acuerdo a la recomendación geomecánica de sostenimiento en el pique y bolsillos; pernos helicoidales de 7 pies con resina y cembol, adicionalmente se instala pernos de anclaje de concreto de 4 pies en terreno con malla de instalación 0.60 m x 0.60 m para soporte de encofrado de madera y obras civiles; con la malla de sostenimiento y pernos de anclaje

mostrada en la fig. N°21, quedando una vista de instalación como se muestra en la fig. N° 22 cuando se instala todas la placas a los pernos instalados tanto de sostenimiento como de anclaje, pernos de anclaje cerca a los pernos de sostenimiento

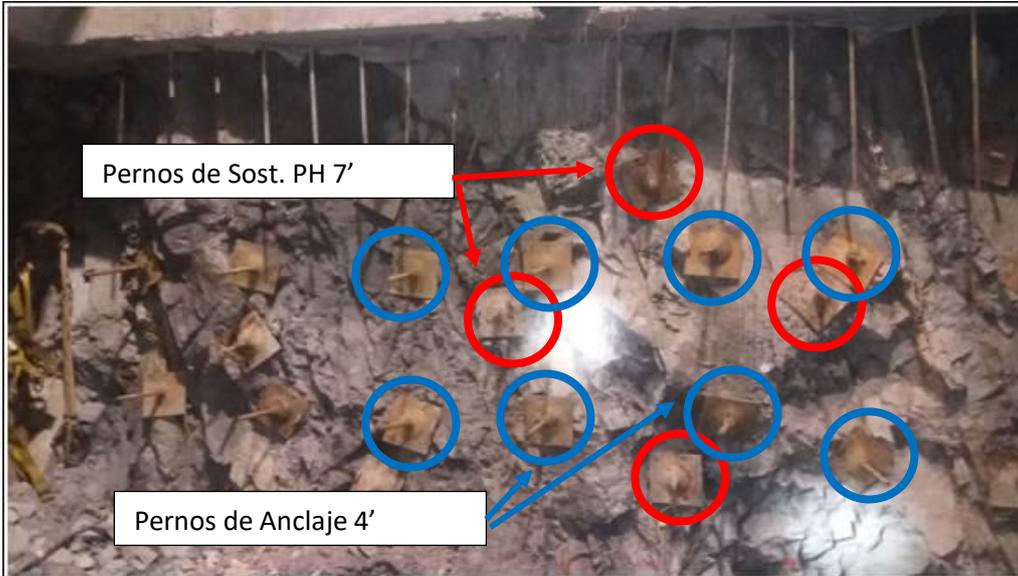


Figura 20: tomada en campo colocado todos los pernos con sus placas de anclaje  
Fuente: imagen propia

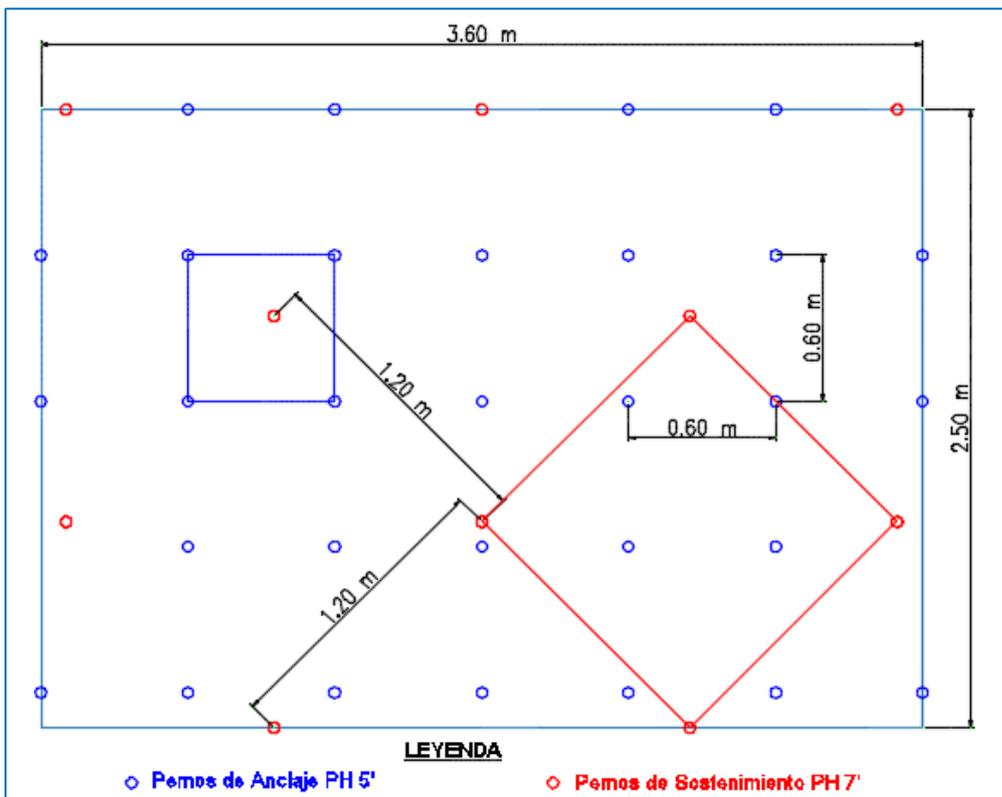


Figura 21: Malla de sostenimiento Y pernos de Anclaje según recomendación  
Fuente: Mining Soluciones

La figura 22 nos muestra la posición de los pernos de anclaje (marcado de color rojo) y los pernos de anclaje (color azul) instalados de acuerdo a la malla establecida

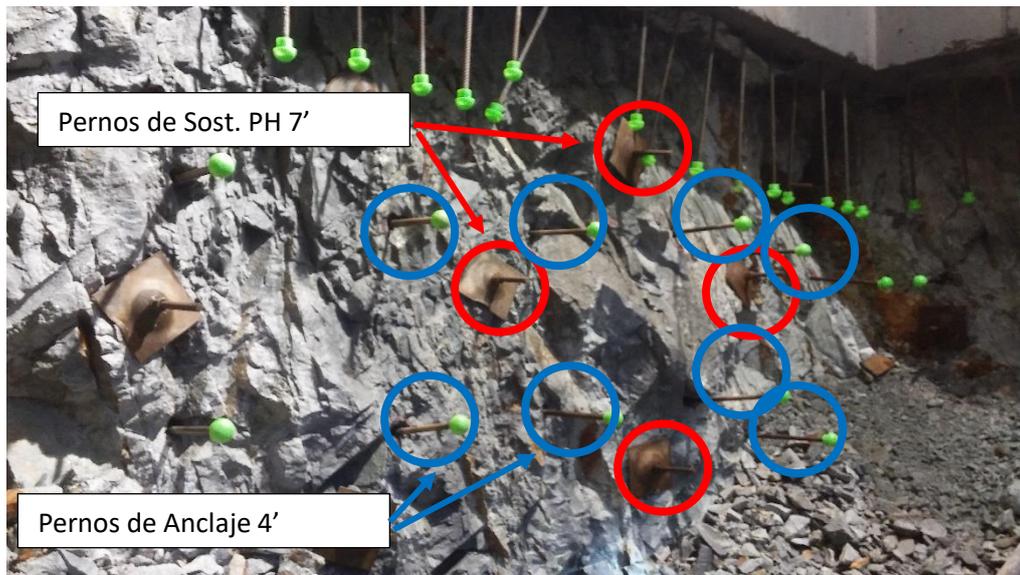


Figura 22: tomada en campo colocado todos los pernos de sostenimiento con sus placas de anclaje y pernos de anclaje sin placa (solo con capuchones)

Fuente: imagen propia

**3.7.3.2 Medidas de control:** Ante la deficiencia en el sostenimiento y observación por el área de geotecnia se instalara pernos de sostenimiento helicoidales de 7 pies a 1.20 x 1.20 m el cual se utilizara como pernos de anclaje de concreto en el área donde coincida con la posición del pernos de anclaje dejando una mecha de 15 cm sobresalido el perno, colocando la placa de anclaje pegada y ajustada a la roca y asimismo Pernos de anclaje a 0.60 m x 0.60 m, Como se muestra en la figura.

## **CAPITULO IV**

### **OPERACIONES MINA.**

#### **4 OPERACIONES MINA.**

El minado actual en la compañía minera Argentum – Morococha, se realiza por dos métodos de explotación; método convencional de Corte y Relleno Ascendente y método Sub Level stoping.

##### **4.1 Método de explotación Corte y Relleno Ascendente.**

Este método ascendente (realce) es aplicado en la veta 4 y en la veta manuelita. Donde el mineral es extraído por franjas horizontales en veta 4 y verticales en veta manuelita empezando por la parte inferior de un tajo y avanzando verticalmente. Cuando se ha extraído la franja completa, se rellena el volumen correspondiente con material estéril (relleno), que sirve de piso de trabajo a los obreros y al mismo tiempo permite sostener las paredes del tajo, y en algunos casos especiales el techo.

La explotación de corte y relleno se utiliza en yacimientos que presenten las siguientes características:

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

Alternativas de aplicación, se refiere a los siguientes aspectos:

#### **4.1.1 Preparación de la base del tajo.**

Se debe limitar el tajo con una galería base o de transporte, una galería superior y chimeneas. En lo que a galerías base se refiere se usa la siguiente alternativa:

##### **4.1.1.1 Galería base protegida por un puente de mineral:**

Se tomó en cuenta en este caso la precaución, una vez arrancada la primera tajada, de construir un piso de concreto delgado para separar el relleno del mineral del puente y evitar así que se mezclen en el momento de recuperar el puente.

En cuanto a los Ore Pass de evacuación del mineral arrancado, se puede decir que en general la distancia entre ellas dependerá de dos factores fundamentales:

1. Sistema empleado en la evacuación del mineral (a mano o mecanizado).
2. Calidad del material con que están construidas.

La construcción de Ore Pass de buena calidad, puesto que después de la explotación del tajeo, serán estas mismas las que se utilizarán para abastecer los tajos inferiores, lo que permite reducir notablemente los problemas creados por el abastecimiento del relleno.

Se conservarán también estos Ore Pass, cuando la explotación sea llevada en forma ascendente, con el objeto de evacuar el mineral a un solo nivel de transporte intermedio, tomando en cuenta que dichas construcciones coincidan verticalmente.

Las chimeneas para relleno se deberán correr por el mineral a partir del techo del tajeo hacia el nivel superior. Su distancia dependerá

principalmente del ciclo de producción y de los medios disponibles para la colocación del relleno del tajeo.

#### **A. Parámetros de diseño de la roca.**

Roca encajonante: Diorita

Densidad de la roca (tn/m<sup>3</sup>): 2.7

Densidad del mineral (tn/m<sup>3</sup>): 3.2

Ángulo de fricción (°): 35 -41

Cohesión (Mpa): 0,3 –3,7

Módulo de Young (Mpa):2 510 –30 000

#### **B. Parámetros geométricos del método.**

Dimensiones del Sub block (m): 45

Número de cortes verticales: 22

Longitud de corte horizontal (m): 14

Ancho de minado (m):1.2

Altura de minado (m): 2.4

### **4.1.2 Perforación.**

En este método se pueden perforar tiros horizontales, verticales e inclinados. En el caso de tiros horizontales, no se tiene que vencer un empotramiento y el rendimiento por metro barrenado y uso de explosivo será mucho mejor. El inconveniente de la perforación horizontal reside en el hecho de que en caserones estrechos, el perforista no puede disponer de suficientes lugares de trabajo.

En los tiros verticales se tendrá siempre que vencer un empotramiento, por lo cual será necesario una perforación con pasadura (sub drilling), lo que disminuye el rendimiento por metro barrenado aumentando consigo el uso de explosivo. La ventaja que posee es que deja suficiente lugar de trabajo al perforista asegurando una buena utilización del tiempo.

Una solución intermedia consiste en la perforación inclinada ya que es más ventajosa que la perforación vertical, pues el empotramiento que tiene que vencer es más fácil, disminuyendo consigo la pasadura trayendo consigo las ventajas ya vistas anteriormente.

#### 4.1.3 Carguío del mineral.

El mineral arrancado debe ser extraído totalmente y en forma regular del tajo.

**a) Con Screaper:** Una de ellas consiste en instalar todo el conjunto en el tajo mismo, con el riesgo de exponerlo a los disparos y derrumbes del techo, además de la pérdida de tiempo que significa cambiarlo de piso cada vez que se termina de explotar una tajada.

**b) Chimeneas de dos compartimientos:** En este caso se usan alternadamente los Ore Pass para el movimiento de cables y para la evacuación del mineral, según el lado del caserón que se esté limpiando. Tiene la ventaja de ser una solución más barata y su desventaja es de tener que cambiar cada tiempo la ubicación del huinche.

#### 4.1.4 Construcción de Ore Pass.

En la parte inferior si estos Ore Pass se construyen de puntales, su número deberá estar en función de los rendimientos del material. Hay que tomar en cuenta que algunos Ore Pass estarán clausuradas por mantención debido a que en este caso el desgaste es mayor que en el método Shrinkage, puesto que por ello pasan el 100 % del mineral arrancado v/s 40 % del Shrinkage.

Se debe cuidar de trabajar con los Ore Pass siempre llenas, de modo de evitar así los golpes de los bolones contra la madera en la parte inferior de ellas.

Además, se debe forrar interiormente con tablones semielaborados que se clavan a los puntales y rodearlos de una especie de pirca de piedra tamaño regular antes de echar el relleno, para impedir que se escurra al interior del Ore Pass.

En caso de que se construyan Ore Pass de buena calidad (concreto armado) se podrá estimar su número en función del rendimiento de la marina. Se tendrá así por ejemplo una Ore Pass cada 60 o 30 m. Distancia óptima para los screapers o palas auto cargadoras (L.H.D).

#### 4.1.5 Rellenos.

**a) Origen:** El material de relleno puede estar constituido por roca estéril, procedente de las labores de preparación de la mina las que se distribuyen sobre

la superficie del caserón. También el material de relleno puede ser de relaves (desechos de plantas de concentración de minerales), o arena mezclada con agua, que son transportados al interior de la mina y se distribuyen mediante tuberías, posteriormente el agua es drenada quedando un relleno competente. El que a veces se le agrega cemento para conseguir una superficie de trabajo dura.

Este relleno debe ser lo más barato posible, tanto en su obtención como en su abastecimiento.

**i) Canteras especiales:** Este relleno se obtiene en la superficie, en canteras especialmente organizadas, con ese objeto para así, abaratar los costos. De todas maneras, salvo en aquellos casos de canteras de arenas o de materiales dendríticos que se pueden obtener a un costo muy reducido, este sistema es por lo general caro.

**ii) Rellenos de tajos antiguos:** Éste es relativamente de bajo costo, siendo el inconveniente que estos rellenos se consolidan por la acción de la humedad y de la presión de las cajas.

**iii) Relleno creado in situ:** La obtención de relleno en el tajeo mismo es ventajoso, como por ejemplo en el caso de vetas angostas o de vetas que presentan variaciones en la mineralización.

**b) Abastecimiento del relleno:** Considerando la gran cantidad de material a transportar, este aspecto representa un porcentaje considerable del costo total de explotación. Rellenos secos: Se transporta de manera idéntica que el mineral, es decir, se empleará el mismo equipo empleado en el transporte del mineral. De esta manera, el relleno llega a los caserones por la galería superior y es vaciado en los Ore Pass.

#### **4.1.6 Ciclo de producción.**

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

Es evidente entonces que para tiempo se deberá empezar el arranque desde las chimeneas de relleno hacia el centro del tajeo, de manera que una vez evacuado el mineral arrancado sea posible rellenar inmediatamente esa parte del tajeo.

#### **4.2 Método Sub Level Stopping.**

Es el modo de dividir el cuerpo mineralizado en sectores aptos para el laboreo y consiste en arrancar el mineral a partir de subniveles de explotación mediante disparos efectuados en planos verticales, con tiros paralelos, posteriormente quedando vacío el caserón después de la explotación. La preparación de este método contempla galerías de perforación (GP), galería de base o Undercart y transporte para evacuación del mineral arrancado y chimeneas VCR para generar una cara libre.

La perforación se realiza con tiros largos radial, utilizando tiros que van entre 15 - 25 m hacia arriba y que abarcan 40 - 60 metros hacia abajo que son tiros DTH, con ello se ha conseguido además alcanzar rendimientos de 40 a 60 metros, perforando con máquinas pesadas o semipesadas lo cual aumenta los niveles de perforación. El transporte y evacuación del mineral se realiza desde la galería Undercart, es decir una zanja recolectora que recibe el mineral arrancado que cae por gravedad a este lugar. Los Scoop ingresan por los cruceros que tienen una inclinación con respecto al eje de la G.T., el mineral es transportado a través de la G.T. a los piques de traspaso y de allí al nivel de carguío y transporte. El campo de aplicación de este método varía para cuerpos macizos o vetas estrechas, las características de mecánica de roca deben ser buenas, poseer paredes y techos firmes y estables.

La calidad del mineral debe ser competente y su ángulo de buzamiento mayor a 60°, generalmente se aplica en yacimientos verticales y que tengan formas y dimensiones regulares. A lo que a costos se refiere, es económico aplicándose muchas variantes para este método lo que se hace muy productivo. Conviene en la mayoría de los casos abarcar toda la altura de la mineralización a fin de limitar el número de galerías bases de extracción a una sola en lugar de varias. En cuanto al ancho del caserón, conviene en general en el caso de vetas potentes o de mantos de fuerte pendiente, abarcar todo el espesor de la mineralización. Si se trata de cuerpos masivos se pueden crear varios caserones separados por zonas estériles o pilares mineralizados que podrían ser recuperados con posterioridad utilizando el mismo método.

#### 4.2.1 Carguío del mineral.

El mineral arrancado cae por gravedad y es recolectado por embudos o por la zanja creada con tal objeto, abarcando toda la base del caserón. En el caso de tener una zanja, ésta progresa en el mismo sentido y a la velocidad que la explotación continúa. Por el contrario, si se trata de embudos, estos deben prepararse con anticipación y sus dimensiones van a depender del ancho del tajo.

Actualmente debido a los grandes avances tecnológicos el equipo más usado es el Scoop; éste carga el material a través de los cruceros de extracción y traslada el mineral a los piques de traspaso y extraídos a superficie, siendo posteriormente el mineral evacuado por camiones.

#### 4.2.2 Preparación.

Las labores de preparación comprenden los subniveles con sus respectivas comunicaciones con el nivel base, los embudos o zanjas receptoras y el primer corte para crear una cara libre.

Este corte se efectúa como si se tratara de explotar una veta estrecha por sub level stoping. En cada subnivel se corre una galería perpendicular al eje longitudinal y a todo ancho del futuro caserón. Corresponden por lo tanto a los subniveles de perforación en un SLS estrecho, una chimenea central une estas galerías que sirve a su vez de primer corte para este pequeño SLS.

Este trabajo se efectúa simultáneamente con los subniveles de perforación y con el nivel base.

#### 4.2.3 Diseño de minado.

Cuadro 17:

*La explotación del tajo se realiza en 5 etapas:*

Etapa	Long. Min.	Perforación	Carguío	Tonelaje
1	25	Negativo	Negativo	1456
2	25	Negativo	Negativo	1456
3	25	Negativo	Negativo	1456
4	25	Negativo	Negativo	1456
5	08	Negativo	Negativo	465,92

*Fuente: Compañía Minera Argentum / Departamento de Operaciones.*

Se realiza chimeneas slots de 2 x 2 metros y se dejan pilares de 3 metros para cada etapa, así mismo la perforación de todo el tajo es en retirada con taladros negativos. Terminada la explotación de cada etapa se inicia con su relleno respectivo de acuerdo con la secuencia de minado. Antes de pasar a perforar la siguiente etapa se debe dejar relleno la etapa explotada, por recomendación geomecánica

Los subniveles de perforación deberán estar bien estandarizados, antes de comenzar la perforación (desate de rocas sueltas después de cada voladura y con todos los taladros de servicios para: aire, agua, cable eléctrico de los equipos Simba), Los subniveles superiores (cabeza) deben contar con cable de acero (línea de anclaje) el cual debe estar debidamente anclado a 0,50 m encima de la gradiente y espaciados a una distancia de 3,0 m. Antes de comenzar con los trabajos de perforación se tendrá que contar con las secciones ya pintadas en el terreno con sus respectivas gradientes y nomenclaturas.

Los planos de las secciones de perforación son entregados al área de mina por el área de planeamiento, las cuales deben contar con el visto bueno de las áreas de: planeamiento, geología y mina, La perforación de taladros largos en negativo se realiza con jumbo electrohidráulico tipo Simba S7D, marca Atlas Copco. Se mantiene perforadas 6 secciones delante de la cara libre para iniciar con la voladura y así sucesivamente. Se utiliza reflectores para mantener iluminado el tajo, en ambos subniveles.

#### **4.2.4 Carguío y voladura.**

El carguío de los taladros se realizará desde el SN 505 en forma negativa, haciendo uso de una cargadora de ANFO, tipo bombona manual; en todas las etapas, para esto se mantendrá iluminado el área donde se está realizando el carguío.

#### **4.2.5 Limpieza de mineral.**

El equipo utilizado para la limpieza es un scoop de 4.2 yd 3 a control remoto. Para la limpieza de mineral se debe tener iluminado el área a limpiar. El operador utiliza el control remoto del equipo de limpieza y su área de protección es una estocada,

estas estocadas se realizan cada 10 m, las cuales sirven como refugio al operador al momento de operar el equipo.

#### **4.2.6 Chimenea V.C.R.**

Las chimeneas del tipo V.C.R. (Vertical Crater Retreat) de sección 2,5 x 2,5 m<sup>2</sup> , son construidas para crear la cara libre de un determinado cuerpo en producción.

### **4.3 SOSTENIMIENTO.**

De acuerdo con los resultados de los mapeos geomecánicos, las estaciones de medición de discontinuidades, los ensayos de mecánica de rocas, las perforaciones diamantinas realizadas y los ensayos de carga puntual, así como la influencia de la presencia de agua y posibles esfuerzos, se recomienda lo siguiente:

- En el tramo final del Pique Manuelita, entre los niveles 490 (cota 3980 msnm) a 540 (cota 3940 msnm), que es interceptado por la veta 4 que se encuentra intensamente fracturado, regular, con presencia de oquedades y relleno sericitico (Índice RMR=40 e Índice Q = 0.5), colocar un sostenimiento consistente en empernado sistemático con pernos tipo Swellex de 2.40 de longitud en reticulado de 1.0 x 1.0 m y shotcrete con fibra de 10 cm de espesor. Este sostenimiento deberá ser colocado también en la cámara correspondiente al echadero del mineral que es interceptado por la veta 3.
- En el área de influencia del echadero de desmonte se requerirá únicamente la colocación de empernado sistemático con pernos del tipo Swellex de 2.40 de longitud en reticulado de 1.0 x 1.0 m y malla electrosoldada ocasional, al igual que en el tramo inferior del echadero de mineral.
- En el tramo superior del pantalón del echadero de mineral, se recomienda la colocación de una losa de concreto cubiertas por planchas metálicas de 1 pulgada de espesor, apoyada sobre vigas en "H" de 10 cm x 10 cm cimentadas en las lozas de concreto, con el objeto de evitar el desgaste de las paredes por la caída del mineral que es arrojado a través de las parrillas.

## 4.3.1 TIPOS DE SOSTENIMIENTO

### 4.3.1.1 sostenimiento activo.

Es el refuerzo de la roca donde los elementos de sostenimiento son una parte integral de la masa rocosa.

**a) Split set.** Es un sostenimiento activo usados para labores temporales y permanentes. En mina Morococha se utiliza Split set de 5 pies y 7 pies en galerías, cruceros y by pass; en tipo de roca IIIA que el sostenimiento es esporádico, mientras el tipo de roca IIIB requiere la combinación malla electrosoldada y Split set.

#### **Capacidad portante del Split Set**

Según información de los proveedores, la máxima carga que el Split set puede soportar (a la tensión) después de su instalación oscila entre 16 000 a 20 000 lbs. (7,3 – 9,1 TM), considerándose que la resistencia a la rotura del tubo es de 25 000 lbs. (11,3 TM), factores suficientes según el tipo de perno. Tipo SS - 39 Diametro de tubo 39 mm Capacidad de Carga 5 - 7 Toneladas de Carga de rotura 11 - 16 Toneladas de Peso del split set 1.3 Kg/m Longitud 1.50 - 2.10 m Diametro del taladro 36 - 37 mm Platina 5x150x150 mm

**b) Pernos helicoidales.** El sistema barra helicoidal, permite desarrollar un anclaje de alta resistencia en un amplio rango de calidades de roca, por lo que se puede transmitir cargas elevadas a través de la barra, incluso en estratos rocosos de calidad geotécnica regular.

En Morococha se usa los pernos cementados como elemento de sostenimiento en las labores de avance principales. La malla de sostenimiento varía de acuerdo con el tipo de roca.

Los taladros para los pernos son perforados con jumbos de uno y dos brazos con una barra de 8 pies de longitud y una broca de 38 mm de diámetro.

**Características:**

- El sistema barra helicoidal es muy fácil instalar. Gracias al hilo continuo de la barra, ésta puede cortarse en terreno a la longitud deseada sin tener que preparar una provisión de barras de cada longitud a usar.
- El hilo de paso amplio permite una colocación rápida de la tuerca, es fácil de limpiar y no se daña durante el transporte.
- La placa base de forma curva y con perforación central cónica, junto con la tuerca de base esférica, puede adaptarse a las irregularidades de la superficie rocosa, actuando como rótula. No es necesario construir bases de apoyo con mortero, o equivalentes, ni usar golillas para ajustar desviaciones de la ortogonalidad entre la barra helicoidal y placa.
- El diámetro de instalación no es crítico para su instalación.

La inyección de lechada o resina protege a la barra de la corrosión, al mismo tiempo que le asegura la adherencia permanente a la roca. Para usos habituales, en ambientes de baja agresividad, no requiere de protección adicional contra la corrosión.

**Mortero (lechada):**

La inyección de la pasta de cemento ( $a/c=0,28$  a  $0,35$ ) debe procurar embeber la totalidad de la barra, de esta manera se asura:

- La interacción masa rocosa – perno.
- Que la varilla de acero no se oxide.

**Usos:** Actúa en conjunto con una placa y una tuerca para reforzar y preservar la resistencia natural que presentan los estratos rocosos, suelos o taludes.

**Norma técnica:** La composición química y las propiedades mecánicas cumplen con lo establecido en la norma ASTM A615 Grado 75

a) Especificaciones técnicas de los pernos.

Tipo de perno: Barra helicoidal.

Longitud de los pernos: 8 pies.

Diámetro del perno: 3/4".

Capacidad de anclaje del perno: 1,40 Ton/pie.

b) Parámetros de empernado.

Calidad del terreno: B (según cartilla geomecánica).

Presencia de agua: Ninguno.

Sección: 4,5 m x 3,8 m.

Longitud de la labor: 3,5 m.

Φ de taladros: 38 mm.

Longitud del taladro: 2,25 m.

Mortero: Cemento.

Agua: 11,5 lt./bolsa.

#### 4.3.1.2 Sostenimiento pasivo.

Los elementos de sostenimiento son externos a la roca y dependen del movimiento interno de la roca que está en contacto con el perímetro excavado.

a) **Malla metálica electrosoldada.** La malla metálica es utilizada 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 electrosoldada consiste en una cuadrícula de alambres soldados en sus intersecciones, generalmente de # 12/10, 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 3,0 m de ancho.

A manera de control, se utiliza en zonas donde hay problemas de estallido de rocas, para evitar proyecciones violentas de rocas y que pueda afectar al personal y/o equipo que está trabajando.

Para su instalación se debe tener en cuenta los siguientes aspectos importantes:

- Señalar el área donde deberá instalarse la malla.
- Desatar todo bloque suelto del área donde se instalará la malla.
- Presentar la malla utilizando de ser necesario gatas o puntales.
- Anclar definitivamente con pernos de roca.
- Asegurar la malla utilizando la misma platina del perno, si éste aún no ha sido instalado, o arandelas a presión o segunda platina de retén y tuerca, si el perno ya fue instalado.
- Acomodar o moldear la malla a la forma de la superficie de la roca de acuerdo con la densidad de los pernos.
- Evitar en lo posible superficies con la malla suelta, especialmente cuando se contempla la aplicación del shotcrete sobre la misma.
- Los traslapes entre mallas serán como mínimo 30 cm y deben estar asegurados con pernos de anclaje, con un amarre inicial de alambre #8.

**b) Concreto lanzado (Shotcrete).** El objeto del concreto lanzado es ayudar a que la masa rocosa alrededor de una labor minera subterránea en roca de insuficiente calidad sea reforzada adecuadamente para mejorar las propiedades de la masa rocosa. El sostenimiento adecuado para el control de estabilidad en las labores mineras en rocas de baja calidad consiste generalmente en la aplicación sistemas combinados de sostenimiento que pueden estar conformadas por: concreto lanzado, pernos de fricción y malla metálica.

En mina Morococha en la actualidad tiene varias labores con demanda que requieren de la aplicación de concreto lanzado, además que tiene previsto ampliar su producción; para lo cual tiene la necesidad optimizar el sistema de sostenimiento con concreto lanzado.

**c) Cuadros de madera.** Éstos son utilizados para sostener galerías, cruceros y otros trabajos de desarrollo, en condiciones de roca fracturada a intensamente fracturada y/o débil, de calidad mala a muy

mala y en condiciones de altos esfuerzos. Si las labores son conducidas en mineral, el enmaderado debe ser más sustancial para mantener la presión y el movimiento de roca en los contornos de la excavación. Los principales tipos de cuadros que usualmente se utilizan son: los cuadros rectos, los cuadros trapezoidales o denominados también cuadros cónicos y los cuadros cojos. Todos estos son elementos unidos entre sí por destajes o por elementos exteriores de unión, formando una estructura de sostenimiento.

Son usados cuando la mayor presión procede del techo. Están compuestos por tres piezas, un sombrero y dos postes, asegurados con bloques y cuñas, en donde los postes forman un ángulo de  $90^\circ$  con el sombrero. En ciertos casos los postes van sobre una solera. Estos cuadros están unidos por los tirantes, los cuales determinan el espaciamiento de estos, que varía de 2 a 6 pies según la calidad del terreno. Para completar el sostenimiento se adiciona el encribado en el techo, generalmente con madera redonda y el enrejado en los hastiales con madera redonda, semiredonda o entablado.

- 1) **Cuadros cónicos.** Son usados cuando la mayor presión procede de los hastiales. La diferencia con los cuadros rectos, solo radica en el hecho de que en los cuadros cónicos se reduce la longitud del sombrero, inclinando los postes, de tal manera de formar ángulos de  $78^\circ$  a  $82^\circ$  respecto al piso, quedando el cuadro de forma trapezoidal.
- 2) **Cuadros cojos.** Estos están compuestos por solo un poste y un sombrero. Se utilizan en vetas angostas menores de 3 m de potencia. Su uso permite ganar espacio de trabajo. Pueden ser verticales o inclinados según el buzamiento de la estructura mineralizada. Estos cuadros deben adecuarse a la forma de la excavación para que cada elemento trabaje de acuerdo a las presiones ejercidas por el terreno.
- d) **Cimbras o arco de acero.** La colocación de cimbras, es una técnica de armado de una estructura metálica con muros de

concreto, bolsacrete y bolsa de arena; el objeto de la cimbra es la de soportar mayores esfuerzos a la que no puede soportar el Shotcrete, perno, malla o muro.

Las características de las cimbras son:

- Cimbra viga H6

alto: 3,70 m, ancho: 3,5 0m. RI: 1,75 m, para secciones 3,5 m x 3,5 m.

- Cimbra viga H6

alto: 4,20 m, ancho: 4,00 m. RI: 2,00 m, para secciones 4,0 m x 4,0 m.

Se recurre a este tipo de soporte en casos extremos, donde la roca presenta grandes dificultades durante el proceso de excavación: zonas de rocas fuertemente fracturadas, cruces en el núcleo de fallas, contactos con agua o materiales fluyentes, cruces de zonas en rocas comprimidas y expansivas, rocas deleznales donde no existe cohesión, tramos colapsados, etc.

e) **Gatas mecánicas.** Permite sostener temporalmente o realizar un pre-soporte en labores mineras, suplantando a los puntales de madera colocados verticalmente a manera de “cachacos”, la ventaja de la gata mecánica es que hace resistencia contraria a la corona que sostiene, recuperándose una vez concluido el trabajo de sostenimiento temporal.

Asimismo, estas gatas mecánicas pueden ser usadas en labores en la que se va a colocar sostenimiento con pernos y malla, pre soportando la roca mientras es sostenida con los elementos metálicos.

f) **Relleno detrítico.** Uno de los elementos ampliamente usados como medio de sostenimiento artificial en el minado subterráneo, es el relleno colocado en los tajeos vacíos. Para demostrar el potencial del sostenimiento con relleno se consideran los tres siguientes mecanismos:

El relleno restringe los desplazamientos de los bloques sueltos de las paredes del tajeo, lo cual previene la perturbación progresiva de la masa rocosa.

El relleno actúa como soporte de las paredes rocosas del tajeo, las cuales están sujetas a desplazamientos inducidos por el minado adyacente.

Si la masa del relleno es adecuadamente confinada, puede actuar como un elemento de sostenimiento global en la estructura de la mina.

- a) Restricción de caída de bloques
- b) Soporte de la pared rocosa
- c) Sostenimiento global.

Estos tres mecanismos representan el rendimiento del relleno como componente de sostenimiento superficial, local y global en la estructura de la mina. Su rendimiento como elemento de sostenimiento está relacionado a las propiedades de la roca y a las propiedades del relleno.

Los dos primeros están asociados respectivamente al método de minado por corte y relleno ascendente y descendente, mientras el tercero está asociado al minado masivo de recuperación de pilares, en el cual, el éxito del relleno está en que durante la recuperación de pilares las paredes del relleno deben permanecer autoestables.

En cualquier caso, la función y la obligación de la masa del relleno, puede ser prescrita cuantitativamente, diseñando geomecánicamente el relleno como cualquier otro componente de la estructura de la mina, para satisfacer la obligación prescrita.

Para el caso de tener solo un piso para minar encima se utilizan rellenos no cementados y para los casos de tener un techo para minar debajo y tener una pared para minar al costado se utilizan rellenos cementados. Los rellenos no cementados son los convencionales como el relleno mecánico (detrítico, desmonte rocoso, relaves secos, etc.) y el relleno hidráulico generalmente con relaves cicloneados.

#### **4.4 DRENAJE**

Las cunetas van a un costado de la línea de riel y sirven para el drenaje de las diferentes galerías de los niveles de las Zonas Alta, Media y Baja. El agua baja por diferentes chimeneas (R/B) hasta el nivel 450 principal de drenaje de la zona Manuelita (Túnel Kingsmill) y de allí hasta la bocamina de Marh Túnel perteneciente a la Cía. Minera Volcán S.A. En la zona Manuelita se emplea el bombeo, a fin de eliminar el agua acumulada en el fondo del pique principal debido a las filtraciones, este se realiza mediante bombas eléctricas las cuales trabajan en circuito paralelo las 24 Hr del día.

#### **4.5 VENTILACION**

El sistema de ventilación Manuelita, funciona de la siguiente manera: El ingreso de aire para las diferentes vetas del nivel – 450: como: Veta 4, Veta 5, Veta Catinca y Veta Don Pedro, mediante ventiladores auxiliares, se debe encauzar el aire hacia estas vetas, para que ventilen los diferentes tajeos de los niveles – 385 y – 315.

La salida del aire usado o contaminado de estas vetas se debe encauzar hacia la veta San Andrés del nivel -315, para ser evacuado por una chimenea que comunica hacia superficie que está ubicada en el Xc 700 SE, entre las vetas San Andrés y Veta 11 del Nivel -250.

El ingreso de aire para el sistema Manuelita es de 2,313.68 m<sup>3</sup>/min. (81,706.68 pies<sup>3</sup>/min), cuya necesidad de aire es de 2,221.00 m<sup>3</sup>/min (78,433.73 pies<sup>3</sup>/min), para este sistema hay una cobertura de más de 100 %.

## **CAPITULO V**

### **PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PIQUE MANUELITA**

#### **5. PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PIQUE MANUELITA**

Los métodos de excavación empleados fueron mediante la ejecución de un pique piloto con el método de raise climber utilizando equipo alimak desde el nivel 540 hasta comunicar con el nivel 480, culminado el pique piloto se procedió a desquinchar utilizando la plataforma de trabajo blasting set. Para el cumplimiento se realizo un programa de actividades según se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 18:

*Programa de actividades del pique Manuelita para la semana 34*

PROGRAMA DE ACTIVIDADES PIQUE MANUELITA SEMANA 34										
ITEM	ACTIVIDADES PROGRAMADAS	PLANIFICADO (%)	SEMANA 34							
			L	M	X	J	V	S	D	
			21-Nov	22-Nov	23-Nov	24-Nov	25-Nov	26-Nov	27-Nov	
	<b>PIQUE</b>									
72	Profundizacion hasta los 2.4 debajo del LP	100.00%								
	<b>LOADING POCKET</b>									
72	Ampliacion de Loading Pocket (2da etapa)	100.00%								
73	Sostenimiento con perno y shotcrete(doble capa)	100.00%								
76	Ampliacion de Loading Pocket (3ra etapa)	100.00%								
	Sostenimiento con perno y shotcrete(doble capa)	100.00%								
	<b>BOLSILLO DE DESMONTE (BOLSILLO 1)</b>									
72	Grouteado de la viga base de soporte de parrilla	100.00%								
73	Instalacion de parrilla (primera etapa)	85.71%								
	<b>BOLSILLO DE MINERAL (BOLSILLO 2)</b>									
96	Grouteado de la viga base de soporte de parrilla	100.00%								
99	Instalacion de parrilla (primera etapa)	85.71%								

*Fuente: Área planeamiento de Mining Solutions*

## 5.1 EXCAVACIÓN DE PIQUE MANUELITA:

La Profundización del Pique se realizará en doce fases diferenciadas por el tipo de trabajo que se tendrá que realizar:

### 5.1.1 PRIMERA FASE

Después de realizar la triangulación topográfica se coordina y verificará en campo el marcado del eje de chimenea piloto con Raise Climber, luego de la evaluación del terreno por parte del área de geomecánica, se efectúa dos disparos hasta alcanzar los 3 metros de altura para luego formar a través de desquinches el radio de curvatura adecuado para colocar los carriles, para realizar el montaje y puesta en marcha de todo el equipo jaula trepadora Alimak y después de una inspección técnica multidisciplinaria se realizará un primer disparo para continuar de forma cíclica el ascenso de la chimenea, solicitando la evaluación geomecánica del terreno, cada vez que se requiera y/o condición cambiante del macizo rocoso.

### 5.1.2 SEGUNDA FASE

En la segunda fase se ejecutaron los trabajos de colocado de un tapón inclinado metálico debajo del spill pocket, esto con la finalidad de prever algún tipo de accidente por caída del skip del pique actual y/o otros elementos de la parte superior. Asimismo en el techo de estación del Nv. 510, se instaló un tapón metálico.

Para la instalación del tapón inclinado, se realiza los siguientes trabajos previos:

- Limpieza general del pique a partir del nivel 450 retirando todo escombros acumulado a lo largo del camino.
- Habilitación del sistema de izaje en la estación del nivel 450 consistente en la ubicación y anclaje del winche eléctrico de 3 toneladas según su procedimiento.
- Inspección y habilitación de la polea en el cuadro estación del nv 450.
- Instalación de plataforma de trabajo consistente en entablado del cuadro n° 15.
- Instalación de servicios de agua y aire en la estación del nivel 450 y a la altura del cuadro n° 15 del pique.
- Perforación y voladura en el hastial de la caja piso para generar base para las vigas metálicas.
- Limpieza y vaciado de concreto en base para vigas.
- Instalación de 02 teclas de 1 tonelada en el cuadro n° 14 para traslado y ubicación de las vigas.
- Traslado de sacos con arena de superficie a la estación del nivel 450.

Una vez realizado los trabajos previos antes descritos, se procedió a trasladar las vigas del patio en superficie a la estación del pique nivel "0" empleando un carro plataforma y apoyado con la locomotora ( las vigas se cargó a la plataforma empleando equipo telehandler o grúa), luego haciendo uso de tecla de 1 tonelada y eslinga de 2" se ubica las vigas (una cada vez) en la base del skip, la viga que descienda a la estación del nivel 450 se ancla a otra eslinga y ésta a su vez a un tecla para que cuando descienda el skip se pueda tirar con el tecla hasta hacer apoyar la viga en el piso de la estación. Luego se retira el anclaje de la viga al skip y anclarla al cable del winche de 3 toneladas y ubicar el skip a la altura de la estación y cerrar las puertas del pique.

El personal de apoyo se distribuye en la estación y pocket del cuadro n° 6 para las indicaciones de traslado de la viga (radios de comunicación), utilizando el winche de 3 ton se iza la viga hasta colocarla en posición vertical en el compartimiento de servicios; mediante el uso de las radios, la viga desciende hasta la plataforma del piso n° 15, al llegar a éste punto, el personal que ejecuta la tarea se traslada hasta el punto de llegada de la viga para retirar el anclaje y

pasar así a asegurar la viga a los tecles con los que se ubica una a una en su base hasta cubrir el compartimiento 1 y 2, se colocan los ángulos y emperna el paquete (compartimiento 1 y luego el 2) asegurándolos asimismo al hastial. Una vez aseguradas las vigas se procede con el traslado de los sacos con arena; para ello, se instala el balde en el nivel 450 y en su interior se llenan los sacos y se trasladan a la plataforma del cuadro 15; aquí se descargan una a una y se colocan sobre las vigas formando una cama cuya altura sobrepasa en un metro la altura de la parte superior de la viga.

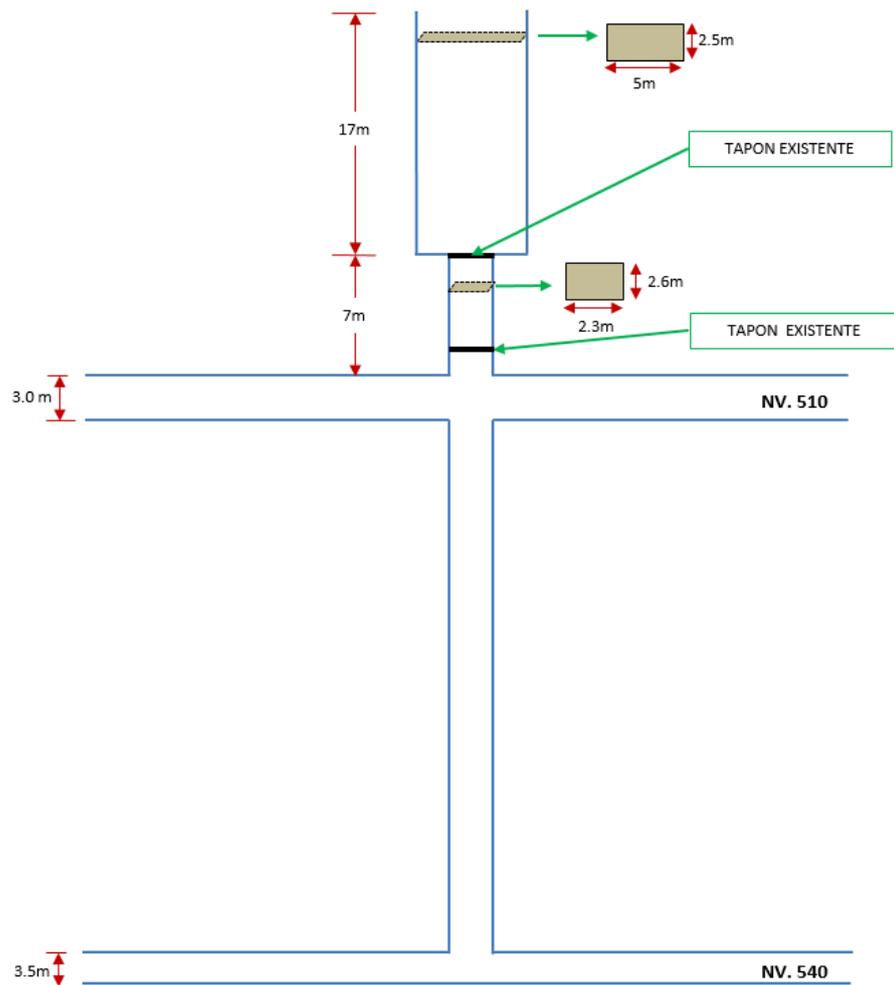


Figura 23: Estado actual del pique, antes de colocar tapón inclinado

Fuente: Mining Soluciones

Instalación de tapón metálico tipo guardacabeza en techo de estación del nv. 510, para lo cual se hermetiza la chimenea piloto del pique (piso de estación del Nv. 510) para la instalación de un Andamio (certificado), el cual será utilizado como

plataforma de trabajo para la instalación del tapón metálico, se iza el tapón con ayuda de un tecla de 2 tn hasta su posición final, luego se realizara la perforación de taladros para anclaje final del tapón metálico.

### 5.1.3 TERCERA FASE

Instalación de viga de soporte en estación del nv. 510 para montaje de polea de winche de 3 tn para el traslado de materiales.

Con la misma plataforma de trabajo antes indicada, se procedera a instalar una viga de soporte de 6" debidamente anclado con planchas de  $\frac{3}{4}$ " a los hastiales del techo de la estación del nv. 510, luego se procedio a instalar un winche eléctrico de 3 tn, instalando su polea en la viga de soporte y en la dirección del compartimiento de traslado de materiales del tapón metálico de acceso de personal , en la chimenea piloto del nv. 510 (piso de la estación ).

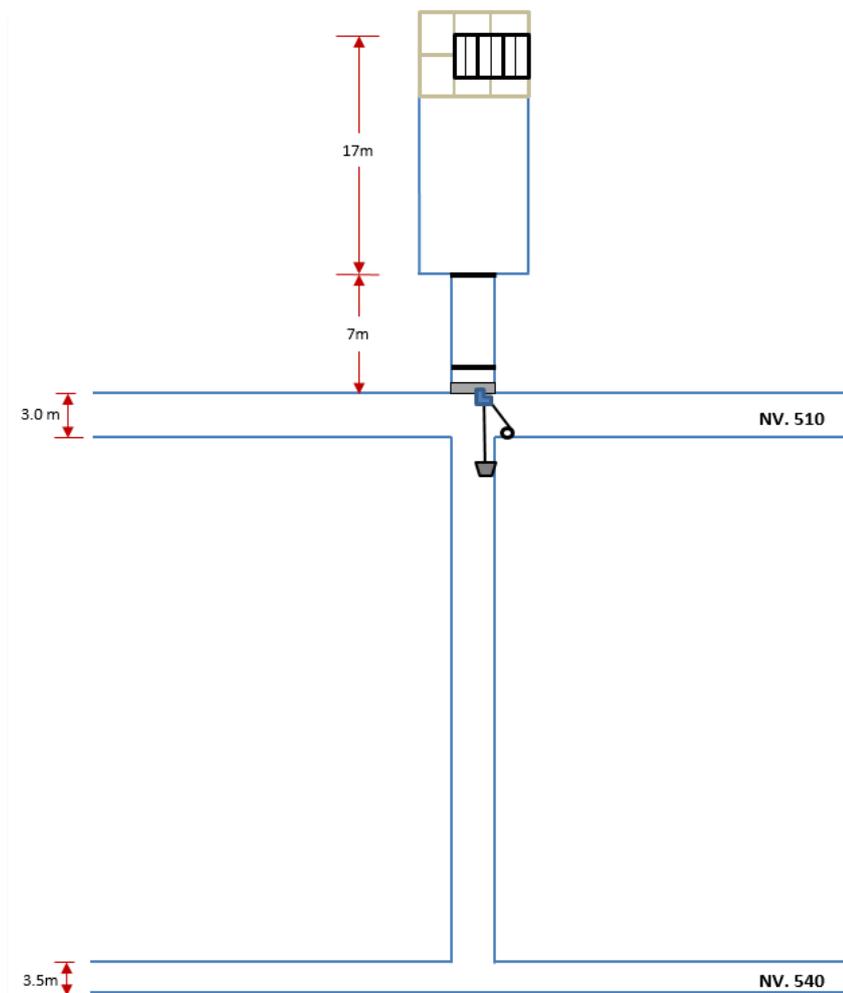


Figura 24: *Instalación de winche de 3 tn, en estación del nv. 510*

*Fuente: Mining Soluciones*

#### 5.1.4 CUARTA FASE

Se instaló un tapón metálico de acceso de personal y traslado de materiales en chimenea piloto de estación del nv. 510, así mismo se realizará el montaje de escaleras metálicas con guarda (6 und) para el ingreso de personal desde el nv. 510 hasta base del loading pocket y así posicionarse, perforar y ejecutar disparos en sección de 1,5m x 1,5m en ambos pilotos de cada bolsillo.

Se instaló un tapón metálico de acceso de personal y traslado de materiales en chimenea piloto de estación del nv. 510, con vigas W 6", a la cual se le acondicionará una compuerta de seguridad para el traslado de materiales desde el nv. 510 hasta el loading pocket.

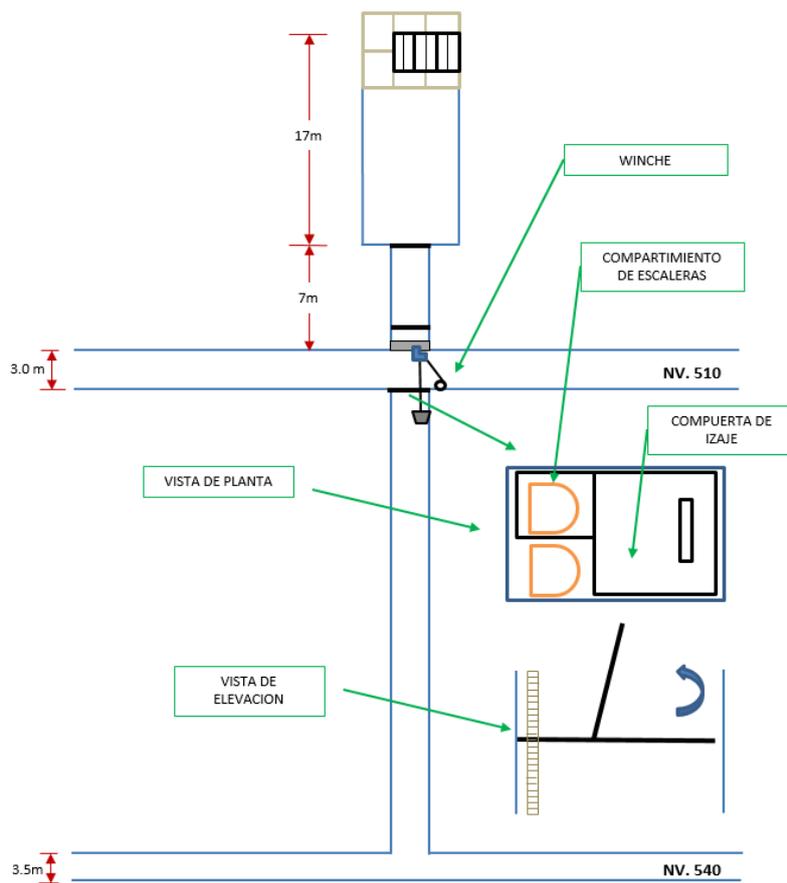


Figura 25: *Instalación tapón metálico de acceso de personal y traslado de materiales en chimenea piloto de estación del nv. 510*

*Fuente: Mining Soluciones*

Se realizó el montaje de escaleras metálicas con guarda (con apoyo del equipo alimak como plataforma de trabajo) desde el collar del pique en el nv. 510, hasta la base del loading pocket.

El izaje de escaleras, se realiza con apoyo de winche de 3 tn del nv. 510

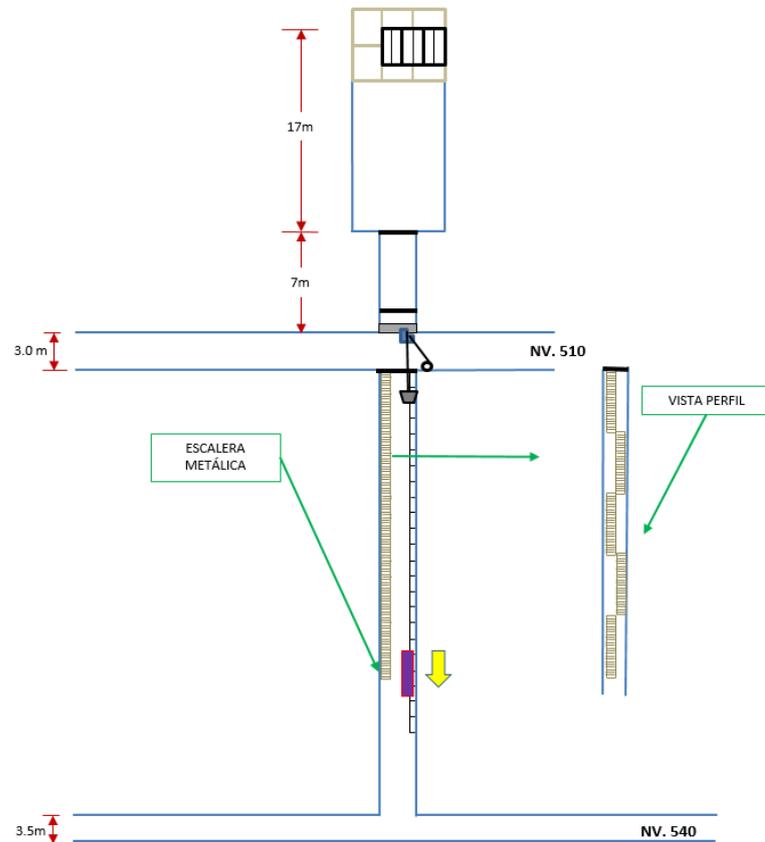


Figura 26: *Instalación escaleras con guarda, desde el nv. 510 hasta loading pocket.*

*Fuente: Mining Soluciones*

En la base del loading pocket, se procede a instalar una parrilla, y así dar inicio al sellado de las chimeneas piloto de los bolsillos de 1.50 x 1.50 mt de sección, luego se continuará el avance de las chimeneas piloto para los bolsillos con el ciclo de minado Perforación (1er tramo con máquina Jack leg y un 2do tramo con máquina stoper), Voladura e instalación de puntales de avance (izaje de puntales con winche del Nv. 510), hasta comunicar el Nv. 510 según el diseño de la Ingeniería.

### 5.1.5 QUINTA FASE

Consiste en descender ampliando los dos bolsillos a sección 3m x 3m. desde el nv 510 hasta la zona del loading pocket, en este caso veremos los pasos a seguir en uno de los bolsillos quienes se desarrollo de forma simultánea.

Realizar la instalación de Winche de servicios y Tapón metálico en cada Bolsillo Nv. 510, y en paralelo realizar el desmontaje de escaleras metálicas del pique.

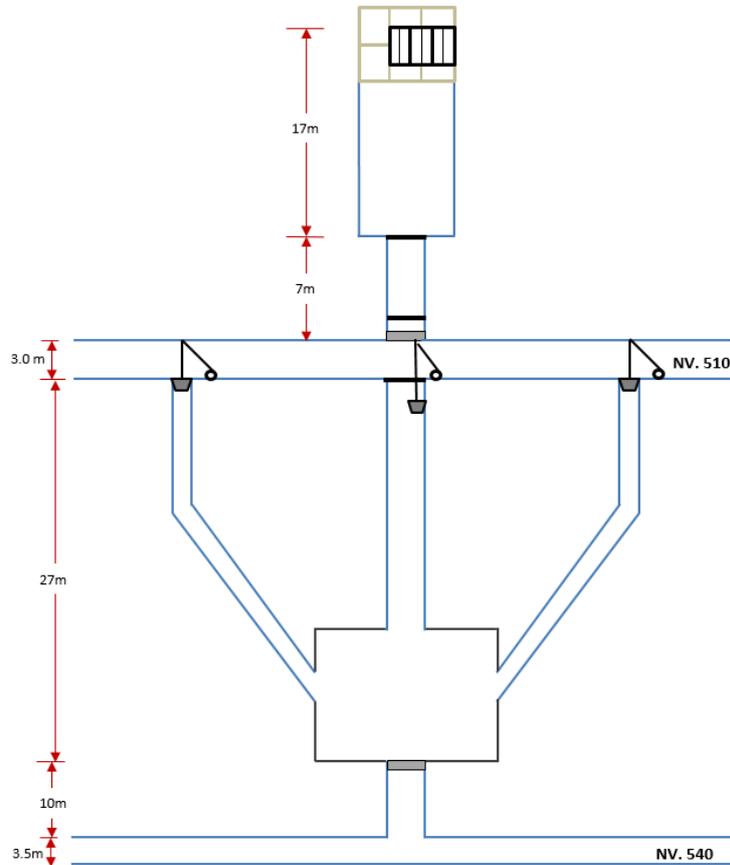


Figura 27: *Instalación de winche y tapon en bolsillo de mineral y desmonte, para su ampliación*

*Fuente: Mining Soluti3ns*

Colocando el Winche de servicio, poleas y cables, instalar el tap3n met3lico y proceder con la perforaci3n para ampliar a la secci3n de 3m x 3m de los bolsillos. Conforme se avanza con la ampliaci3n de los bolsillos, se realiza el refuerzo de concreto en hastial piso de los bolsillos (obras civiles).

Realizar el Ciclo limpieza, sostenimiento, Perforaci3n/ Voladura de 8 pies de longitud, a medida que se avance colocar escalera met3lica anclando con pernos

helicoidales en el lado piso del bolsillo, donde el personal descendera con su arnes y anclado a una linea retráctil.

Estas actividades seran ciclicas, hasta llegar a la zona donde se construira el loading pocket.

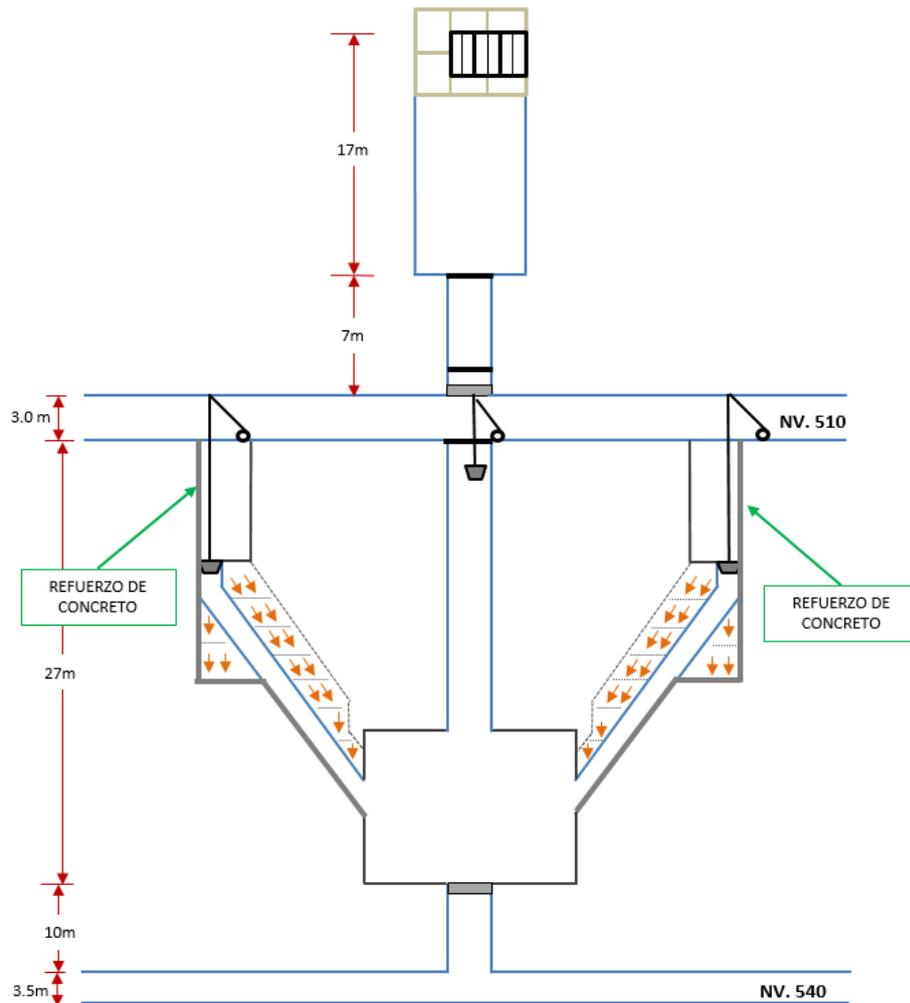


Figura 28: Ampliación de chimenea piloto de los bolsillos más refuerzos de concreto en caja piso de los bolsillos

Fuente: Mining Soluções

### 5.1.6 SEXTA FASE

Se da inicio a la instalación de los sets de madera, desde el último cuadro con solera del pique hasta el pie del pique actual (piso de puente de 7mt), luego se procede a realizar la ampliación de puente de 7 mt para luego continuar con el montaje de cuadros hasta comunicar la estación del Nv. 510.

La instalación de plataforma metálica de trabajo sujetados con cadena de 3/4", estrobos y/o eslingas e izados con 4 tecles de 2 Toneladas.

El montaje de sets de madera según alineamiento y nivelado con el último set del pique actual, así mismo según se va avanzando con el montaje de cuadros de madera en forma descendente, se hará el desmontaje de cuadros y puntales de madera entre el piso actual del pique y el Set N° 17 y N° 18 (cuadros de madera en mal estado).

De igual forma, en el mismo cuadro con solera, se instalará un winche neumático de 1 tn, para el traslado de elementos de los cuadros de madera, equipos y herramientas. Los elementos de los cuadros de madera izados, pasarán por la compuerta de seguridad de la plataforma de trabajo (blasting set), para su manejo e instalación de los cuadros de madera.

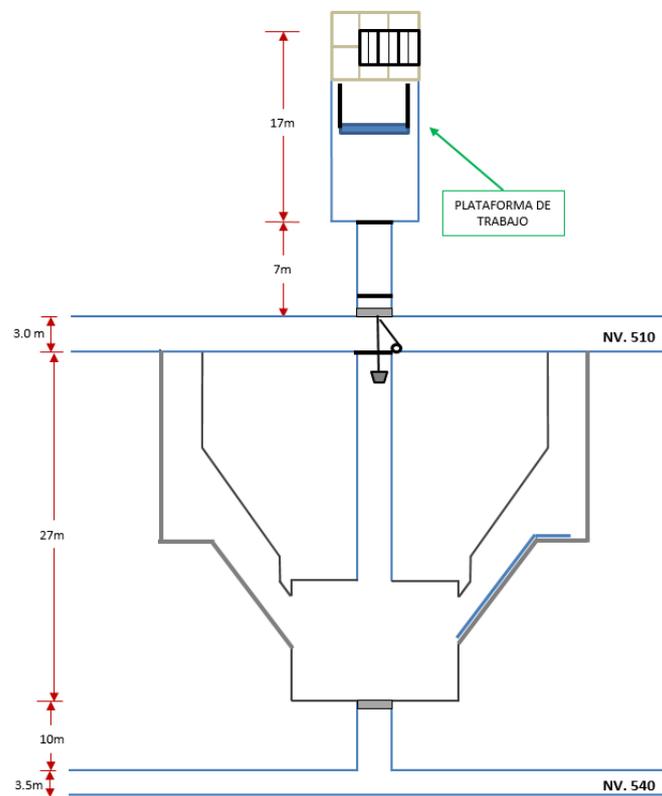


Figura 29: *Instalación de plataforma de trabajo en cuadro con solera*

*Fuente: Mining Soluciones*

Descender la plataforma metálica hasta una altura de 3 mts del banco, cuyo piloto del banco se haya cubierto por tapón de seguridad, luego colocar una escalera telescópica desde la plataforma de trabajo hasta el banco del pique para el descenso del personal, quien bajará anclado a una línea retráctil con su arnés

y línea de vida respectiva, así mismo se descenderán los materiales y equipos hacia el banco del pique con apoyo de un winche neumático de 1 tonelada.

Realizar la perforación de taladros de 8 pies más carguío de taladros y voladura. Luego la guardia entrante realizará el sostenimiento con perno helicoidal y malla electrosoldada y procederá a realizar la perforación de taladros para desquinche de pique, así se continuará el ciclo hasta comunicar la estación del Nv. 510

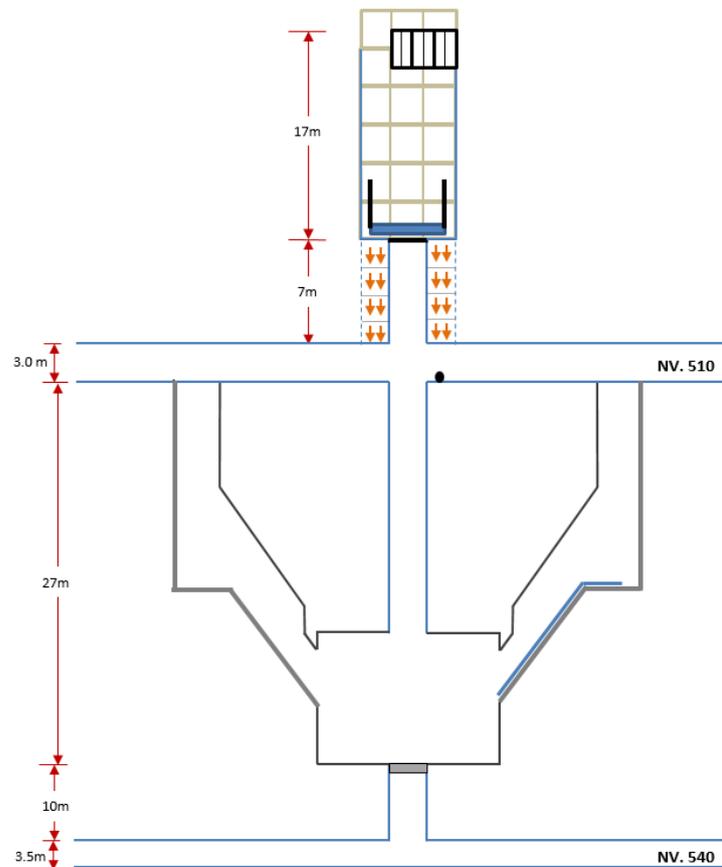


Figura 30: Desquinche de pique de 7 mt

Fuente: Mining Soluciones

Se continúa con el montaje de cuadros de madera hasta techo de estación del nv. 510. A una altura de 5 mt desde el piso del NV. 510, se debe realizar un anillo de concreto tipo Bearing set.

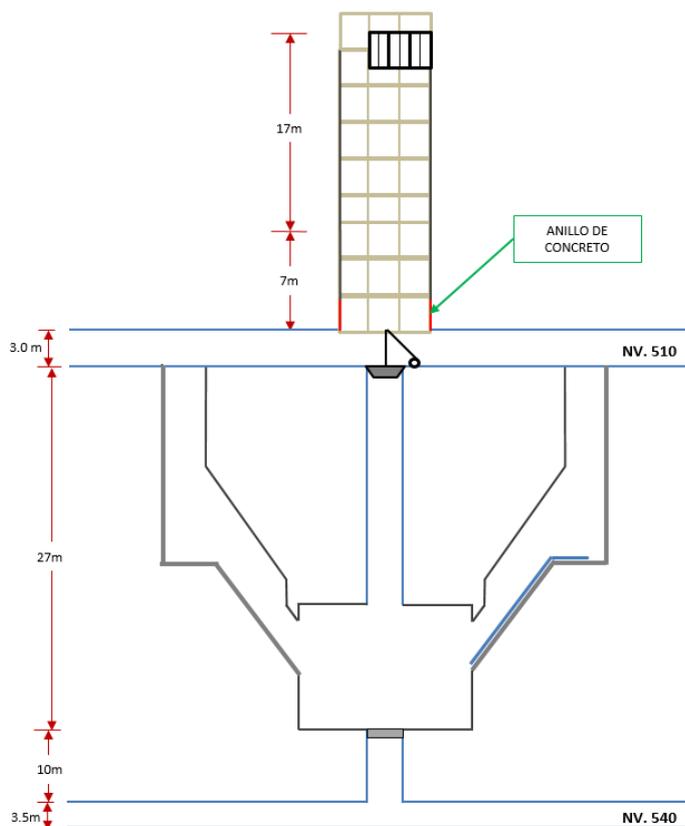


Figura 31: *Montaje de cuadros y construcción de anillo de concreto , hasta comunicar nv. 510*

*Fuente: Mining Soluti3ns*

Se deber1 coordinar permanentemente con operaciones mina para la limpieza de la carga en el Nv 540. El control de alineamiento se realizara a trav1s de plomadas de acuerdo al procedimiento habitual del pique.

### 5.1.7 SEPTIMA FASE

Se refiere a las actividades para llegar a realizar la instalaci3n del cuadro de estaci3n del Nv. 510

Instalar el Winche de Servicios e instalar el tap3n met1lico en el piloto raise climber del mismo nivel , luego la guardia entrante debe realizar la perforaci3n de taladros para ampliar el piloto a secci3n completa de Pique 2,3m x 5,2m. Luego la guardia entrante realizara el sostenimiento con perno helicoidal y malla electrosoldada y se procede a realizar la perforaci3n de taladros para desquinche de pique, asi se continua el ciclo hasta llegar a los 5 mt de altura.

Se debe realizar el patillado e instalación de soleras en el Nv. 510, como soporte, instalar sobre éste el cuadro de estación de 4.5 m. de alto, Centrar y nivelar dicho cuadro con el apoyo del topografo de la empresa Mining Solutions.

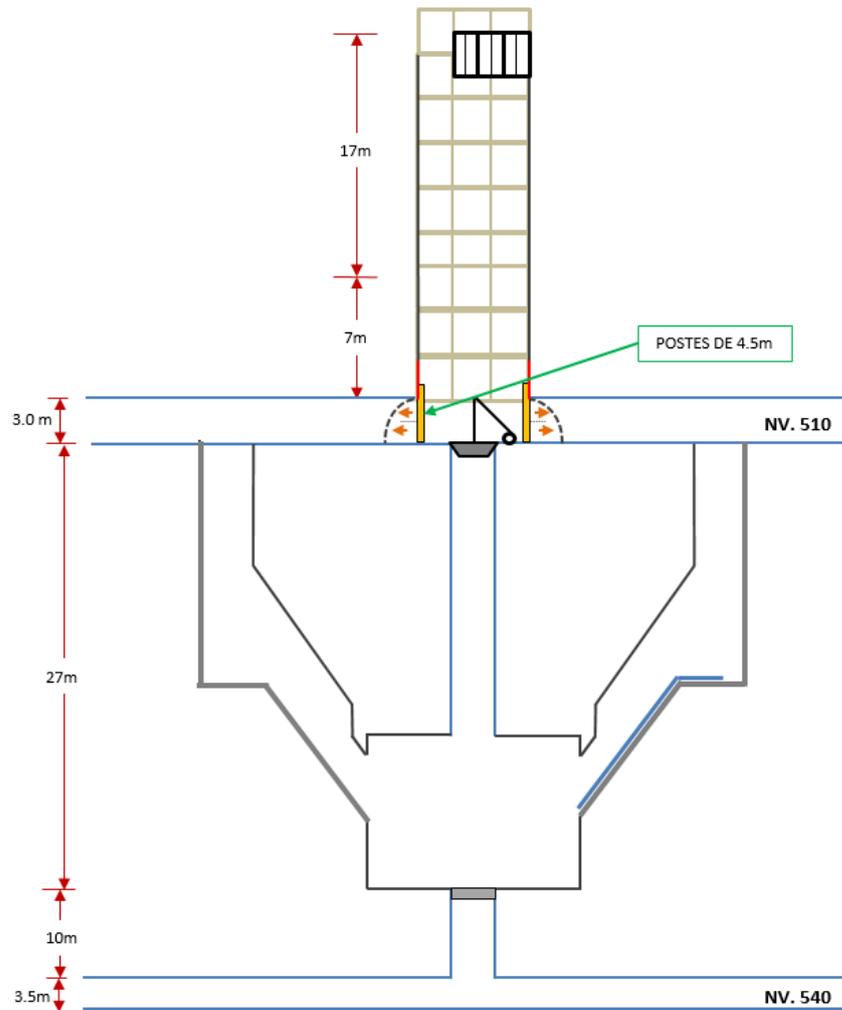


Figura 32: Desquinche de estación del nv. 510 y montaje de postes de estación

Fuente: Mining Soluti3ns

Debajo de la solera realizar un anillo de concreto con la perforaci3n de taladros, enfierrado, encofrado y vaciado, con la finalidad de dar estabilidad al cuadro de Estaci3n de Pique Nv. 510.

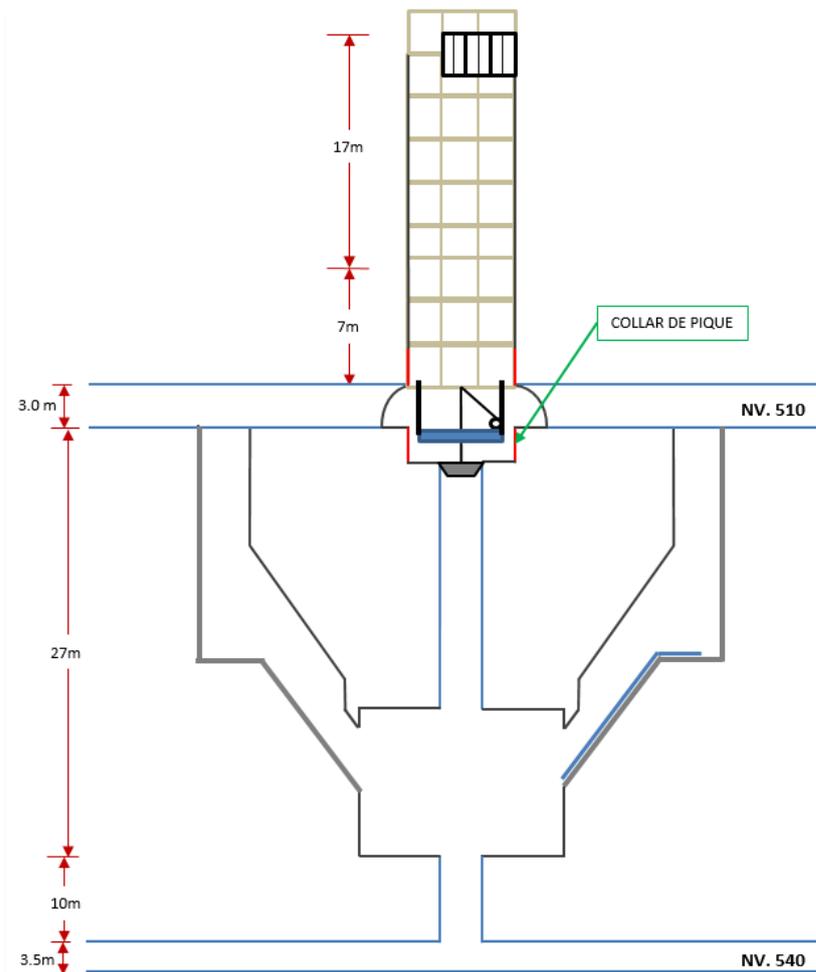


Figura 32: *Desquinche de estación del nv. 510 y montaje de postes de estación*

*Fuente: Mining Solutións*

### 5.1.8 OCTAVA FASE

Habiendo culminado con obras civiles en el collar del pique de la estación del Nv. 510, se procede a realizar los trabajos de profundización de pique Manuelita ( desquinche de pique, sostenimiento y montaje de sets de madera), en forma descendente hasta llegar a comunicar el Loading Pocket.

El personal descendera desde el nv 510 por medio del camino de los sets de madera ya instalados, una vez estando en el último set, se procederá a bajar hacia la plataforma de trabajo a través de la escalera metálica, con su arnés y anclado a una línea retráctil, luego continuar bajando hasta el banco del pique a través de

escalera telescópica, cabe indicar que el piloto se haya hermetizado por medio de un tapón metálico de seguridad.

Se precisa que los 4 tecles para izaje de la plataforma de trabajo (blasting set), se iran instalando en cada Bearing set conforme se descienda desquinchando el pique e instalando los cuadros de madera.

Una vez que el personal esté en el banco debidamente anclado a una linea de anclaje (ring de seguridad) y/o linea retráctil , se hará uso del winche para bajar el balde de servicios, herramientas, elemento de cuadro, elementos de sostenimiento, etc, en dicho traslado el personal en todo momento se encontrara fuera de la trayectoria de los materiales a bajar con el winche, manejando una comunicacón efectiva entre el winchero y el timbrero mediante la radio de comunicacón.

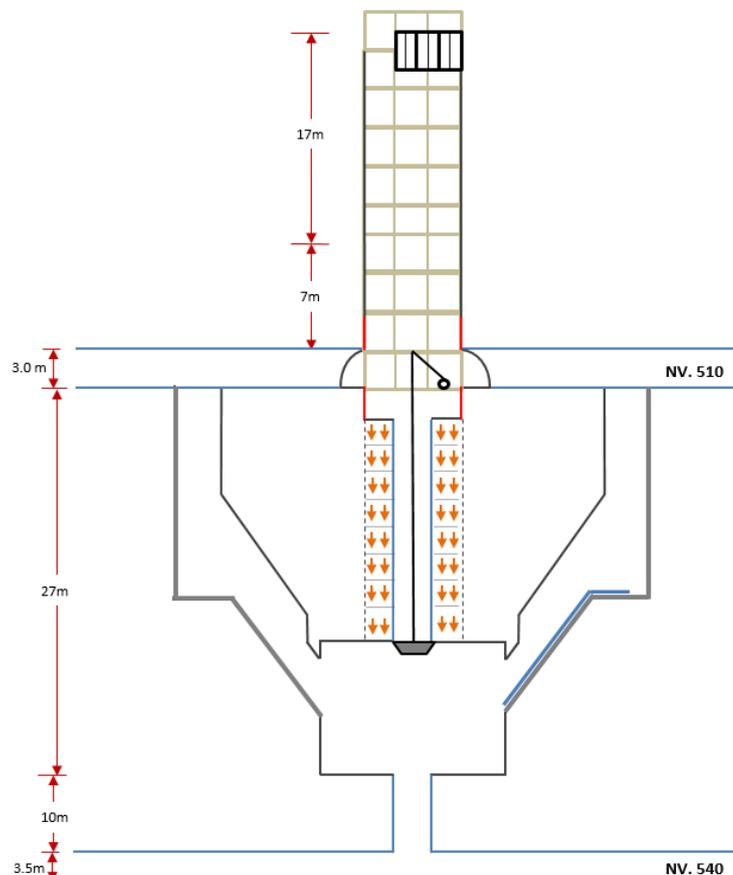


Figura 33: Desquinche de pique, hasta loading pocket

Fuente: Mining Soluciones

Se procede a realizar el desquinche de pique de 2,3m x 5,2m de sección en forma descendente hasta llegar a comunicar loading pocket , este desquinche se ejecutara realizando el sostenimiento con perno y malla despues de cada disparo, y teniendo un spam maximo permisible de 7m.

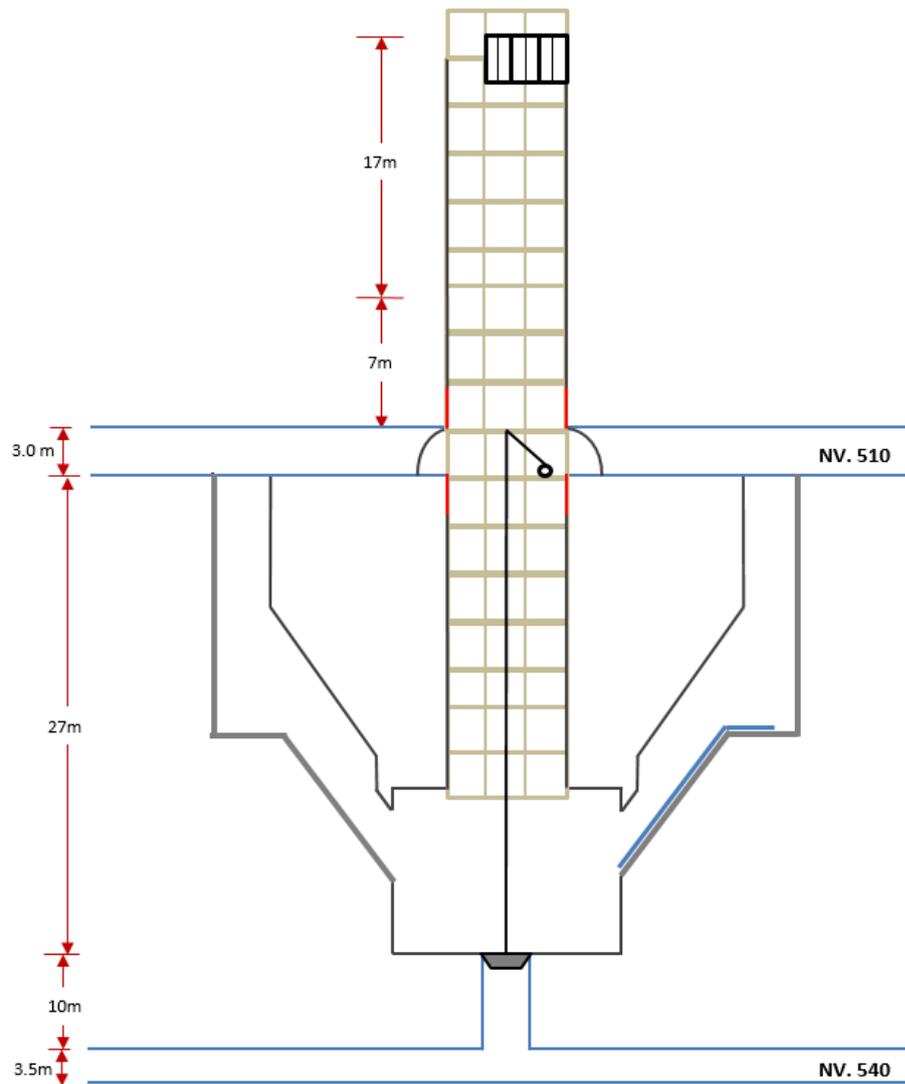


Figura 34: Montaje de cuadro desde estación del nv. 510 hasta Loading Pocket

Fuente: Mining Soluciones

Teniendo un spam maximo 7 m, se procedera a realizar el montaje de un cuadro de madera , quedando 4.5 mts de spam , por lo cual se procede a realizar otro disparo para el desquinche de pique más sostenimiento con perno y malla, luego se realiza el montaje de set de madera, y se continua el ciclo de profundizacion de pique hasta llegar al Loading Pocket .

Cabe indicar que para el traslado de elementos de los cuadros de madera, se hará uso del winche eléctrico de 3 toneladas en el nv. 510

### 5.1.9 NOVENA FASE

Realizar el traslado de materiales por el balde de servicios de la Profundización del Pique, realizar la limpieza del área de trabajo. Iniciar las perforaciones, enfierrado, encofrado y vaciado de las obras civiles para loading pocket, trasladar el concreto desde el nv. 510 con el balde o a través de tubería de 6" de diámetro. Realizar traslado de elementos metálicos a través del lado skip N°1 de la estructura del pique Manuelita, concluir con el montaje de dichos elementos metálicos.

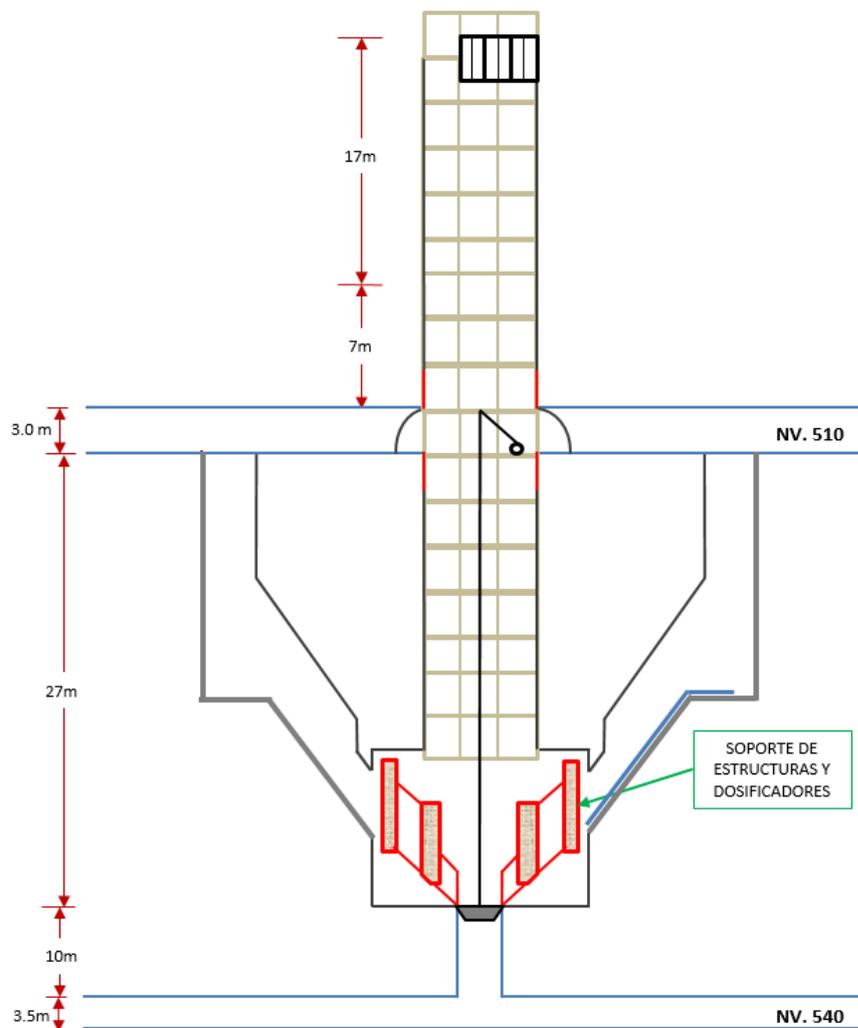


Figura 35: Obras civiles y montaje metal-mecánicos en Loading Pocket

Fuente: Mining Soluciones

### 5.1.10 DECIMA FASE

Reanudación de la profundización del Pique desde el loading pocket hasta el nv. 540. Colocar cuadros especiales en la zona del Loading pocket de acuerdo a la medida que se requiera, centrar y nivelar dichos cuadros con el apoyo del topógrafo de Mining Solutios. Realizar el ciclo Limpieza, Sostenimiento, Perforación, Voladura y montaje de cuadros de madera, repetir la secuencia de la septima fase hasta llegar al nv. 540.

### 5.1.11 ONCEAVA FASE

Obras civiles más instalación de parrillas en cámara de bolsillos de mineral y desmonte del nv. 510. Habilitación de materiales (materiales para encofrado, arena, grava y cemento) para obras civiles en cámara de bolsillos de desmonte y mineral del nv. 510. Instalación de parrillas en cámara de los bolsillos de mineral y desmonte en nv. 510.

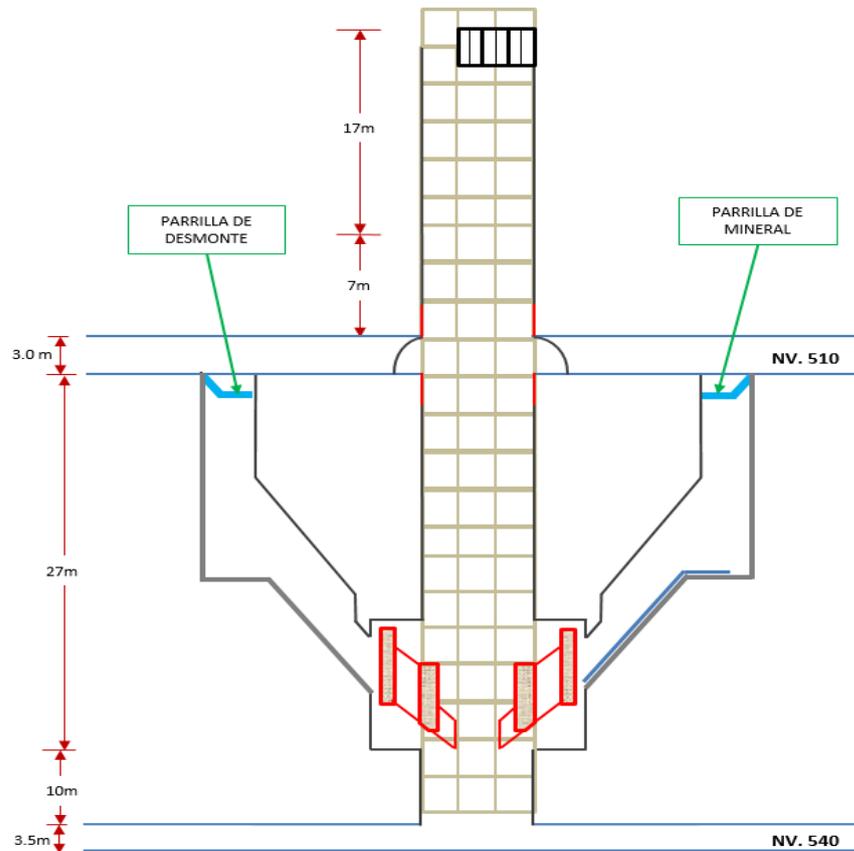


Figura 35: Obras civiles y montaje de parrillas en cámara de bolsillos de mineral y desmonte del nv. 510

Fuente: Mining Soluciones

### 5.1.12 DOCEAVA FASE

Consiste en el desmontaje de tapón inclinado debajo del spill pocket, así mismo el desmontaje y montaje de cuadros de madera desde el pocket hasta el cuadro N° 16 del pique actual, para la integración de todos los cuadros de madera.

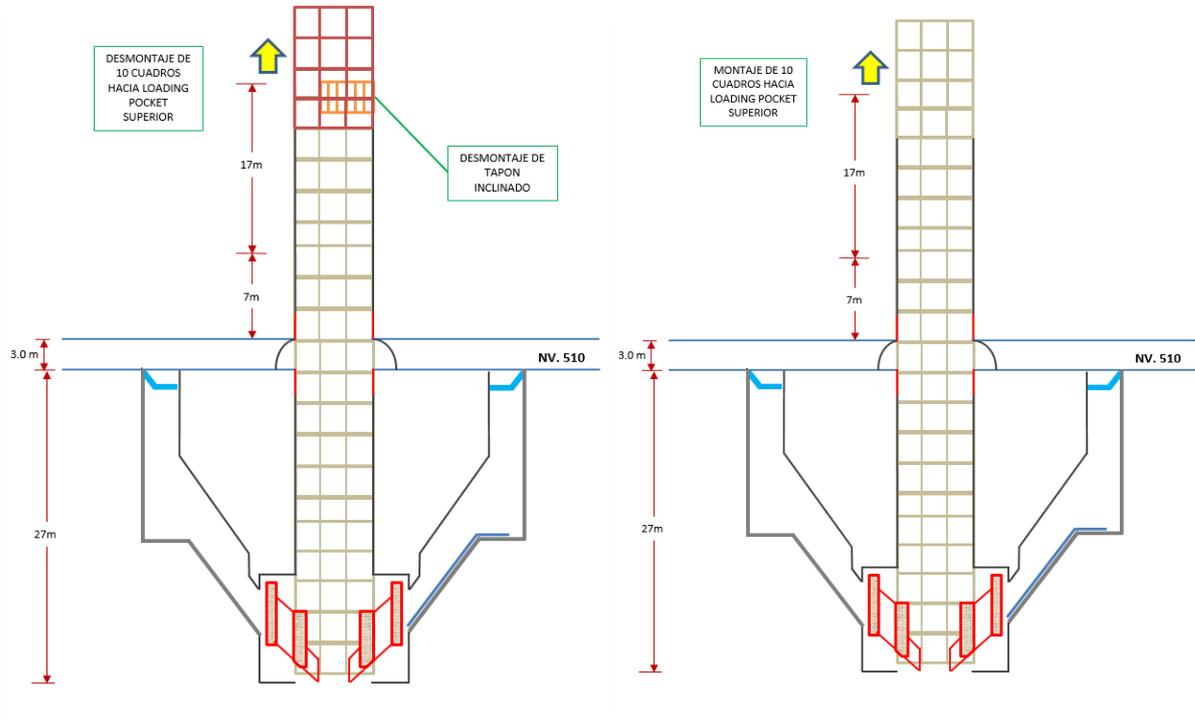


Figura 36: *Desmontaje y montaje de cuadro de madera, desde pocket hasta cuadro N° 16 , para integración de todos los cuadros*

*Fuente: Mining Soluciones*

## 5.2 CONSTRUCCION DE BOLSILLOS

### 5.2.1 PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOS BOLSILLOS

La Profundización de los bolsillos se realizo en cuatro fases diferenciadas por el tipo de trabajo que se tendrá que realizar. Antes de iniciar las labores propias de la Profundización de los bolsillos, se deberan realizar labores de preparacion de la zona de trabajo, esto incluye señalar la zona de trabajo, señalar los accesos, Colocar barandas como ring de seguridad y Tapón metálico en la comunicación de los dos bolsillos al Nv. 510.

Se requiere suministro de energía electrica en baja tension, 440 y 220 VAC, para los winches, iluminación y herramientas manuales, la potencia requerida es:

- 50 KW en 440 VAC
- 0 KW en 220 VAC

Todo equipamiento eléctrico requerido como son tableros, transformador, arrancadores, etc. fueron instalados a una distancia prudente para evitar daño por efecto de los disparos, la ubicación final se determinará en campo.

Se a realizado la instalación de servicios como son agua y aire en el nv. 510 para la perforación con dos máquinas Singer y Jackleg , éstos deberán mantener la continuidad necesaria de 90 psi para evitar paradas o retrasos en la excavación.

Se realiza la habilitación de plataformas o lozas para la ubicación de los winches para manipulacion del tapón metalico, canasta de perforación y balde de servicios.

## 5.2.2 EXCAVACIÓN DE LOS BOLSILLOS:

La excavación de los bolsillos se realizó en cuatro fases agrupados según sus actividades.

### 5.2.2.1 PRIMERA FASE: EXCAVACIÓN DE BOLSILLOS PARA OBRAS CIVILES

Se debe realizar el Desquinche de camara de bolsillos 1 y 2 de acuerdo a la seccion del proyecto y sostenimiento con pernos de roca y malla electrosoldada y cintas strap



Figura 37: *Excavación y desquinche de bolsillos de mineral y desmonte*  
*Fuente: imagen propia*

Instalación de Winche y poleas de acuerdo con el estándar e Instalación de grúa Batible para los trabajos de limpieza e izaje de herramientas

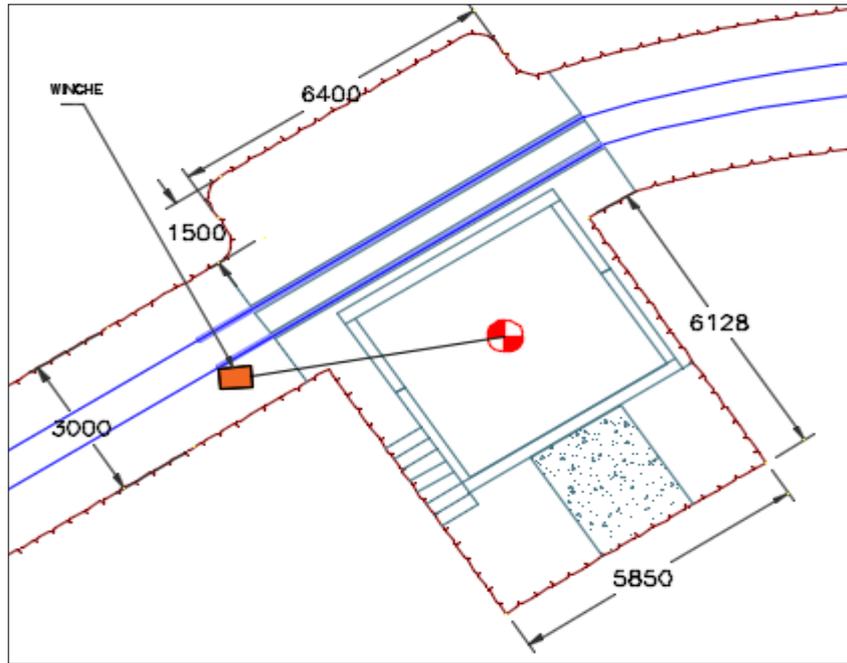


Figura 38: vista en planta de grúa batible

Fuente: Mining Soluciones

La instalación de línea cauville en el acceso hacia los bolsillos (provisional) para los trabajos de evacuación de desmonte de los bolsillos de los 6 primeros metros de avance.

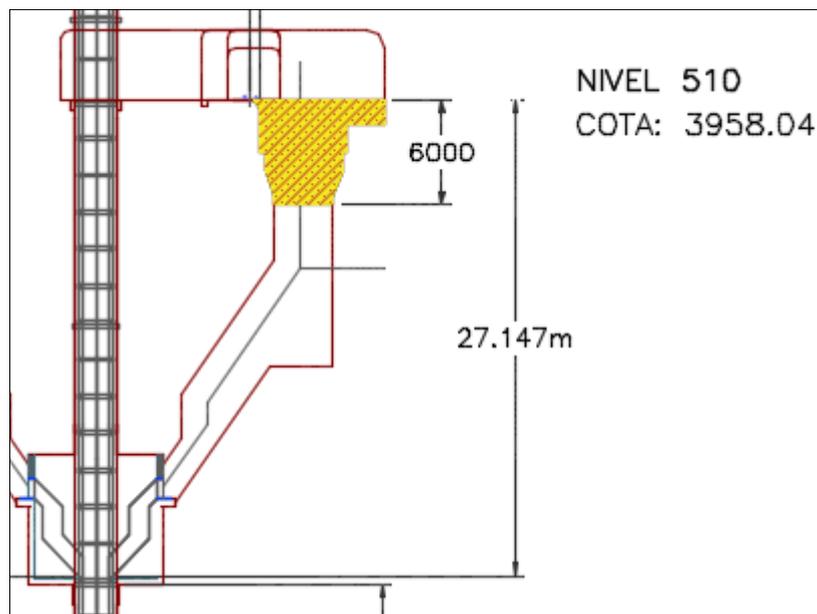


Figura 39: vista en perfil del desquinche de los bolsillos

Fuente: Mining Soluciones

Excavación de zona de parrilla (6 disparos) se realizó la perforación y voladura de desquinche de los bolsillos en 02 etapas por banqueo y la limpieza de desmonte se realizó con un balde que se iza con el apoyo del winche y grúa batible y es evacuada por los carros mineros U35.



Figura 40: *construcción de bolsillo con concreto armado*

*Fuente: imagen propia*

#### **5.2.2.2 SEGUNDA FASE: OBRAS CIVILES DE LA PARRILLA Y ROMPEBANCO**

Realizar la excavacion de los bolsillos 6.0 metros de profundidad, realizar una plataforma de trabajo para las obras civiles del bolsillo y realizar la perforación e inyectado de pernos helicoidales de anclaje de 7 pies de longitud para las obras civiles del bolsillo según la ingeniería.

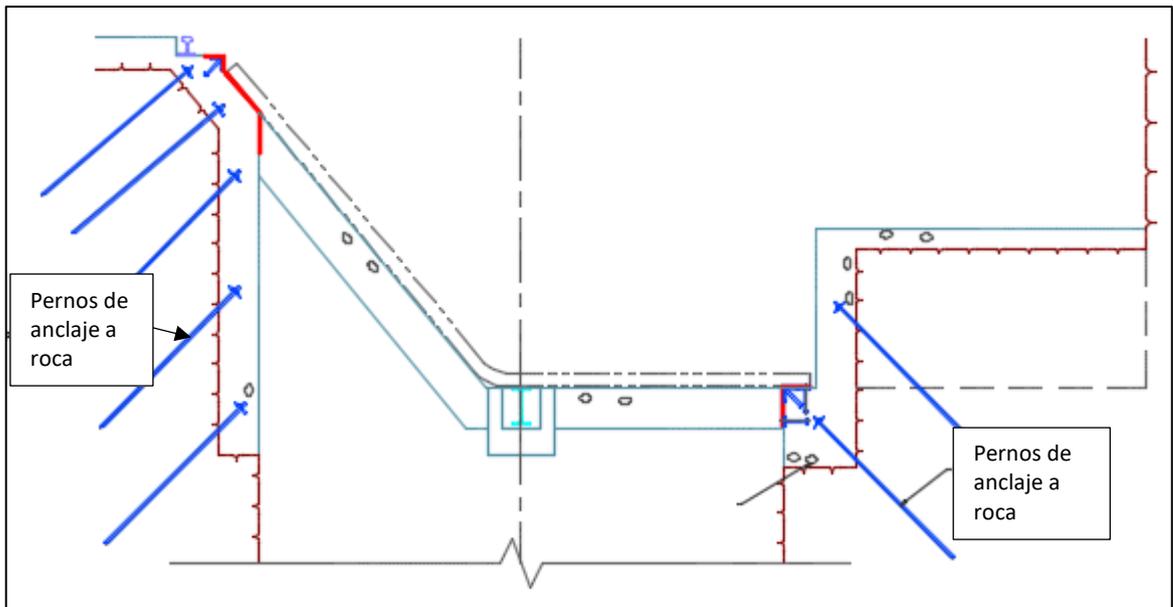


Figura 41: sostenimiento *con pernos helicoidales de 7 pies de longitud*

*Fuente: Mining Soluciones*

se realiza las obras civiles para la parrilla y rompebanco, esto incluye habilitacion de fierro y encofrado , enfierrado y encofrado



Figura 42: distribución *de pernos helicoidales y enfierrado para el rompe banco*

*Fuente: imagen propia*

Durante el encofrado se debe instalar las planchas Anti-desgaste y conectores de corte T1 según los planos de ingeniería, también la viga H según los detalles de los planos de ingeniería.



Figura 43: instalación de la viga H y planchas anti desgaste

Fuente: imagen propia

Se realiza el vaciado de concreto desde el Nv. 510 con el apoyo del equipo mezclador de concreto y trasladado manualmente hacia el área de la parrilla



Figura 44: vaciado de los bolsillos con concreto utilizando mezclador de concreto

Fuente: imagen propia

Para el enfierrado y vaciado de la base de rompe bancos se deberá dejar los pernos de anclaje.

### 5.2.2.3 TERCERA FASE: MONTAJE DE PARRILLA

concluido los trabajos de obras civlies se retiro la plataforma de trabajo construida para los trabajos de obras civiles e isntalo el tapon metalico que sera utilizado en los trabajos de desquinche de los bolsillos con chimenea piloto

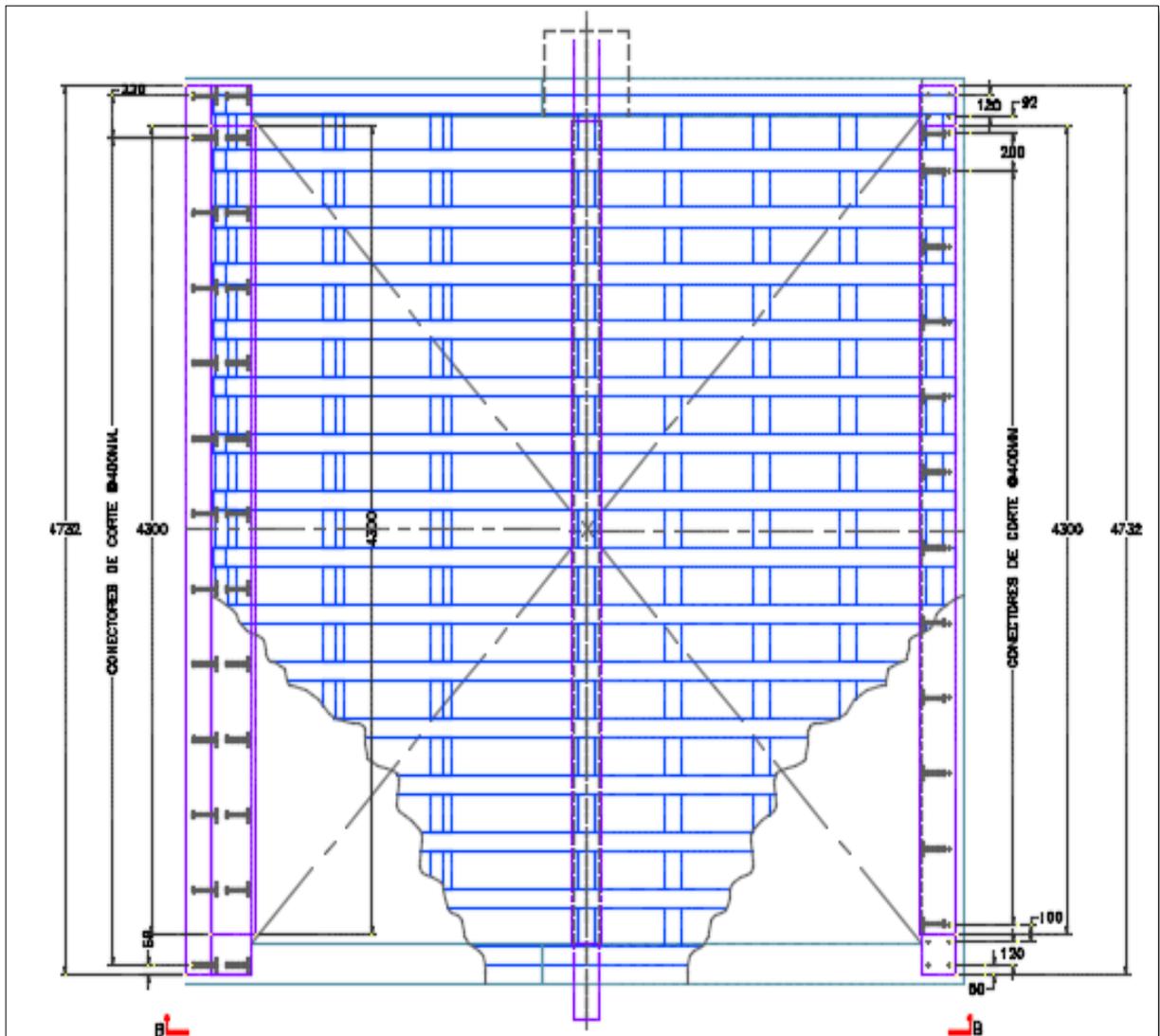


Figura 45: vista en planta del montaje de estructura de parrilla

Fuente: Mining Soluciones

El montaje de las estructuras de las parrillas se realizará con el apoyo de teclas de 5 Toneladas apoyados en brackets ya instalados en los hastiales

de la cámara del bolsillo y winche eléctrico (este trabajo se detalló en el plan de trabajo de montaje de parrillas: montaje mecánico y soldadura)

#### 5.2.2.4 CUARTA FASE: DESQUINCHE DE BOLSILLOS HASTA EL LOADING POCKET

Concluido los trabajos de montaje de parrilla se debe hermetizar la parte superior de la parrilla con madera, dejando un espacio de acceso para la escalera, anclar el tapón metálico a los winches izar dejando pegado a la parrilla. Realizar la Chimenea Piloto de comunicación del Loading Pocket hacia la zona excavada del Bolsillo esta perforación se realizará de sección 1.20 m x 1.20 m, Esta chimenea se debe realizar cuando se concluya los trabajos de excavación del Loading Pocket.

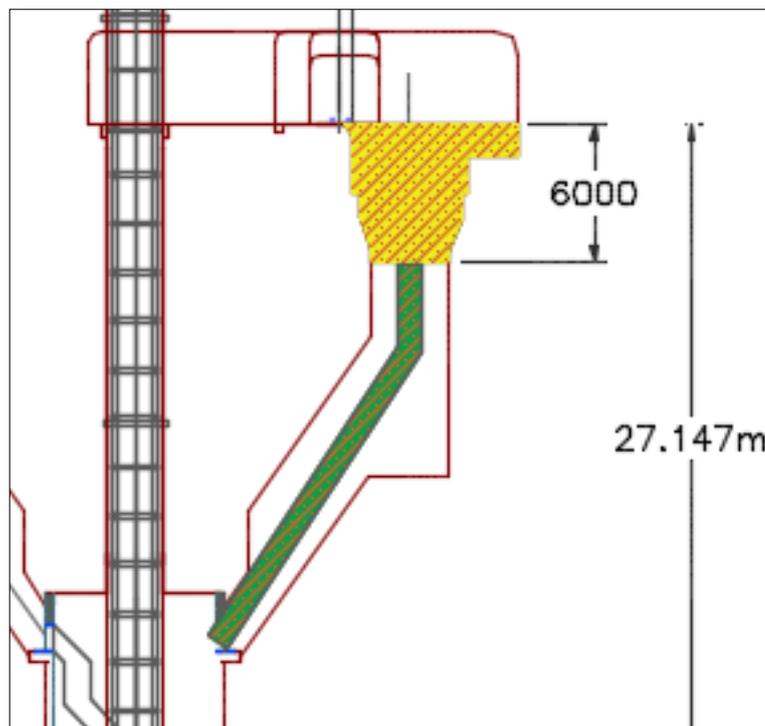


Figura 46: ejecución de chimenea piloto en el bolsillo  
Fuente: Mining Soluciones

Instalar el tapón metálico y proceder con la perforación para ampliar a la sección de 3m x 3m de los bolsillos. Conforme se avanza con la ampliación de los bolsillos, Realizar el Ciclo limpieza, sostenimiento, Perforación/ Voladura de 8 pies de longitud, a medida que se avance colocar escalera metálica con guarda anclado con pernos helicoidales de 5 pies de longitud

en el lado piso del bolsillo, por donde el personal descendera con su arnes y anclado a una linea retráctil. Estas actividades seran ciclicas, hasta llegar a la zona donde se construira el loading pocket.

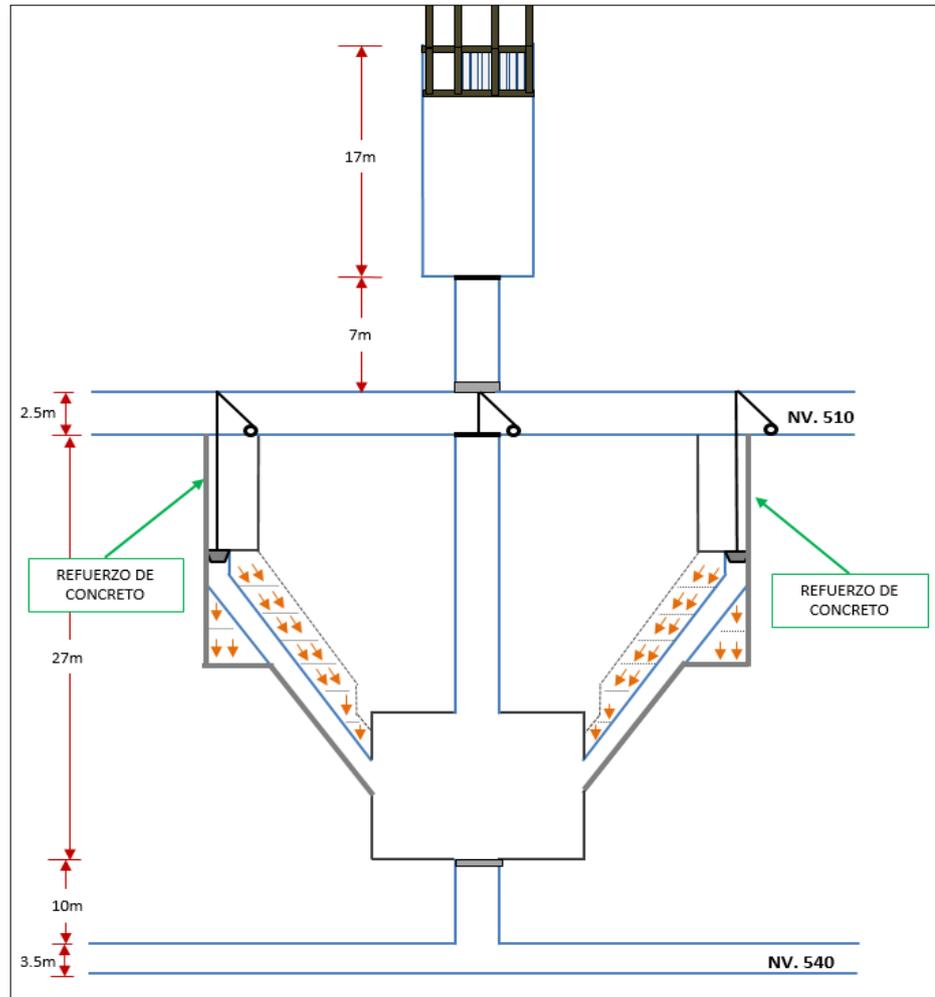


Figura 46: desquinche de sección piloto de bolsillos

Fuente: Mining Soluciones

Instalar el tapón de madera de la comunicación del bolsillo hacia el Loading Pocket para realizar las obras civiles de la base de los bolsillos



Figura 47: *Vaciado de concreto en la base de los bolsillos y colocación de rieles para evitar el desgaste del concreto*

*Fuente: imagen propia*

### **5.3 MONTAJE DE LOADING POCKET**

Los trabajos previos a realizar son las siguientes:

- Traslado de materiales
- Traslado de dosificadores hacia Nv. 540 por la vía Ollanta mediante el túnel kinsmill
- Traslado de vigas, columnas, compuertas, chutes y accesorios hacia Nv. 510

#### **5.3.1 IZAJE DE DOSIFICADORES HACIA CÁMARA DE LOADING POCKET**

Con apoyo del winche y elementos de Izaje se traslada los dosificadores desde el nv. 540 hasta la cámara del Loading Pocket, para ser ubicado sobre el piso del Loading en zona de no interferencia para el montaje de columnas y vigas metálicas a instalar, se realizará la instalación de 02 dosificadores a cada lado del Loading

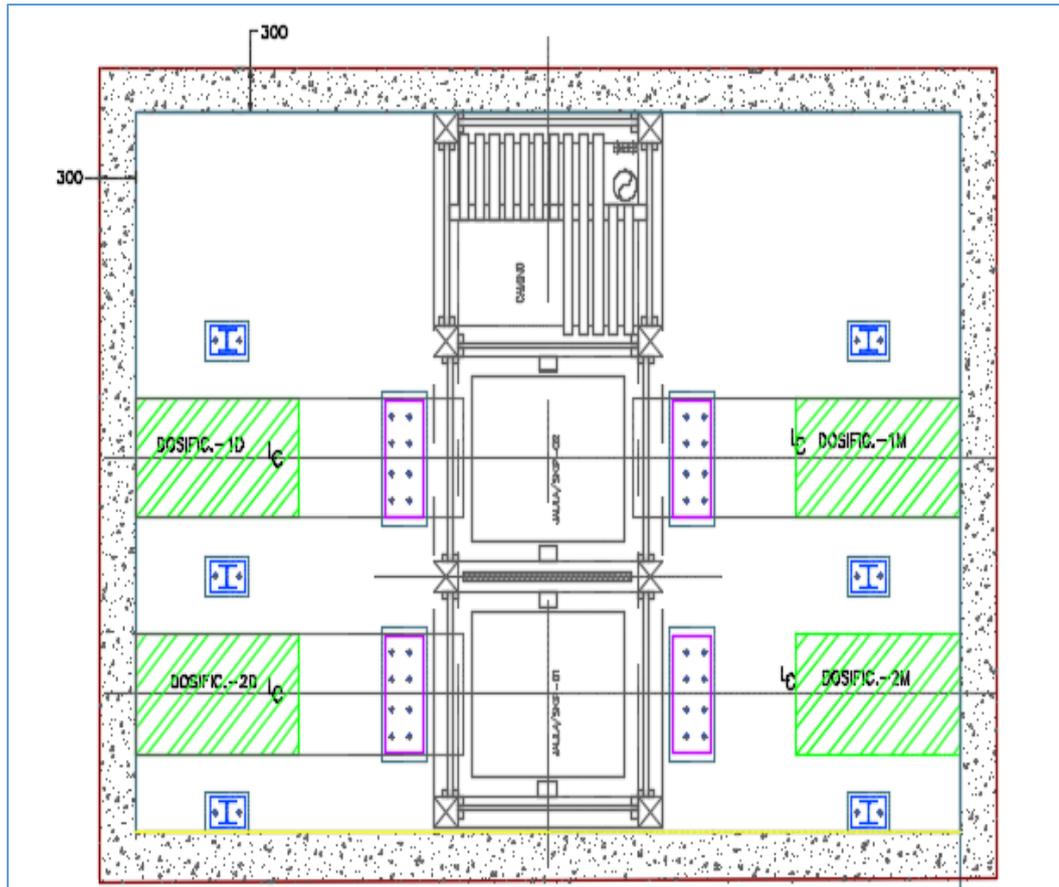


Figura 48: Vista en planta de la instalación de los dosificadores, 2 en cada lado  
 Fuente: Mining Soluciones

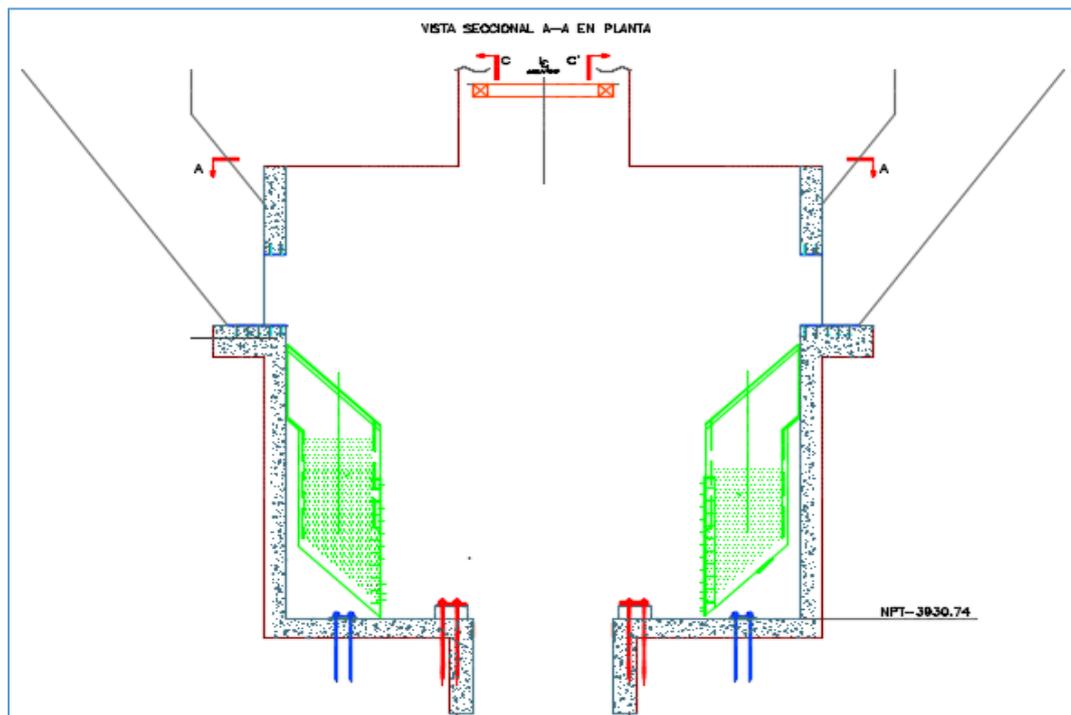


Figura 49: vista frontal de los dosificadores  
 Fuente: Mining Soluciones

### 5.3.2 CORTADO DE COLUMNAS

Para facilitar el traslado de esta estructura se realizará un corte (2 partes) a la columna y luego en campo se realizara la soldadura con refuerzo, el corte se realizará en longitudes de 5.0 m y 3.60 m y traslado hacia el tolvin

### 5.3.3 MONTAJE DE CUADROS DE MADERA EN EL LOADING POCKET

Con apoyo del Blasting set se realizará el montaje de cuadros de madera set #267 hasta set #269(divisores, postes, escaleras)



Figura 50: montaje de cuadros de madera en el loading pocket

Fuente: imagen propia

### 5.3.4 MONTAJE DE BEARING

Montaje de Bearing set #04 y cuadro #270

Bajando el Blasting set la cota del piso del Loading Pocket se instalará el bearing set #04 y cuadro #270 (divisores, postes, escaleras), asimismo se instalará y alineará las estructuras metálicas columnas C 8 x 13.75 alineando los postes de los cuadros y colocando los tirantes con los cuadros y columna metálica

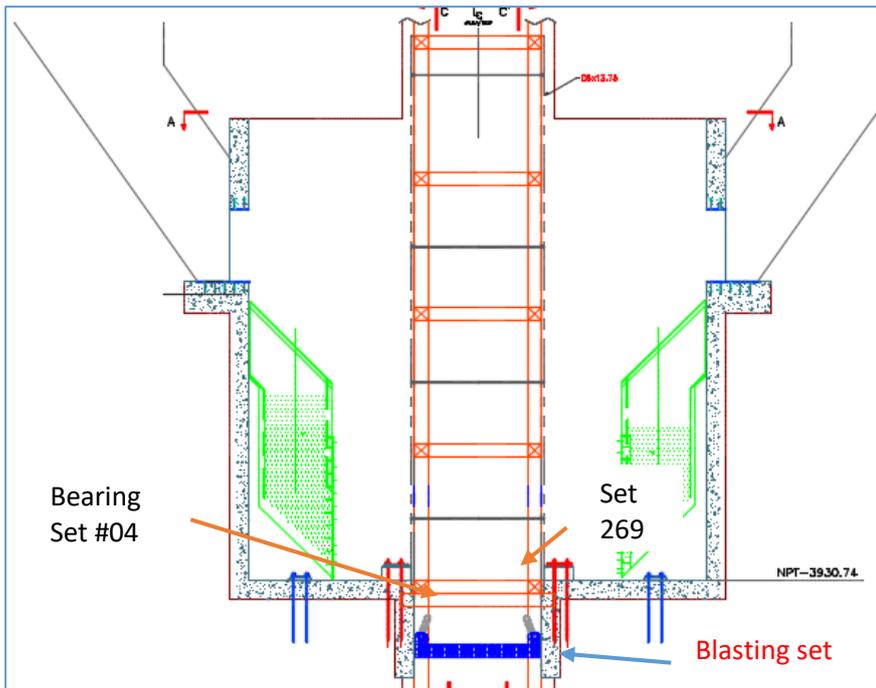


Figura 51: *vista en perfil del montaje de bearing*

*Fuente: Mining Soluções*

### 5.3.5 HERMETIZADO DE PISO DE LOADING POCKET

Instalando el bearing set y cuadros se hermetiza los espacios abiertos en la base del Loading Pocket para realizar los trabajos de montaje de estructuras metálicas.



Figura 52: *hermetizado de piso de loading pocket*

*Fuente: imagen propia*

### 5.3.6 MONTAJE DE COLUMNAS METÁLICAS Y VIGAS

Se realiza el montaje de columnas (08 und), montaje de vigas metálicas, piso grating y escalera de acceso a 2do nivel de cota 3933.195 ; luego el montaje de las vigas metálicas, piso Grating y escalera de acceso a 3er nivel de cota 3935.355, sin colocar los paneles de seguridad hacia el pique,

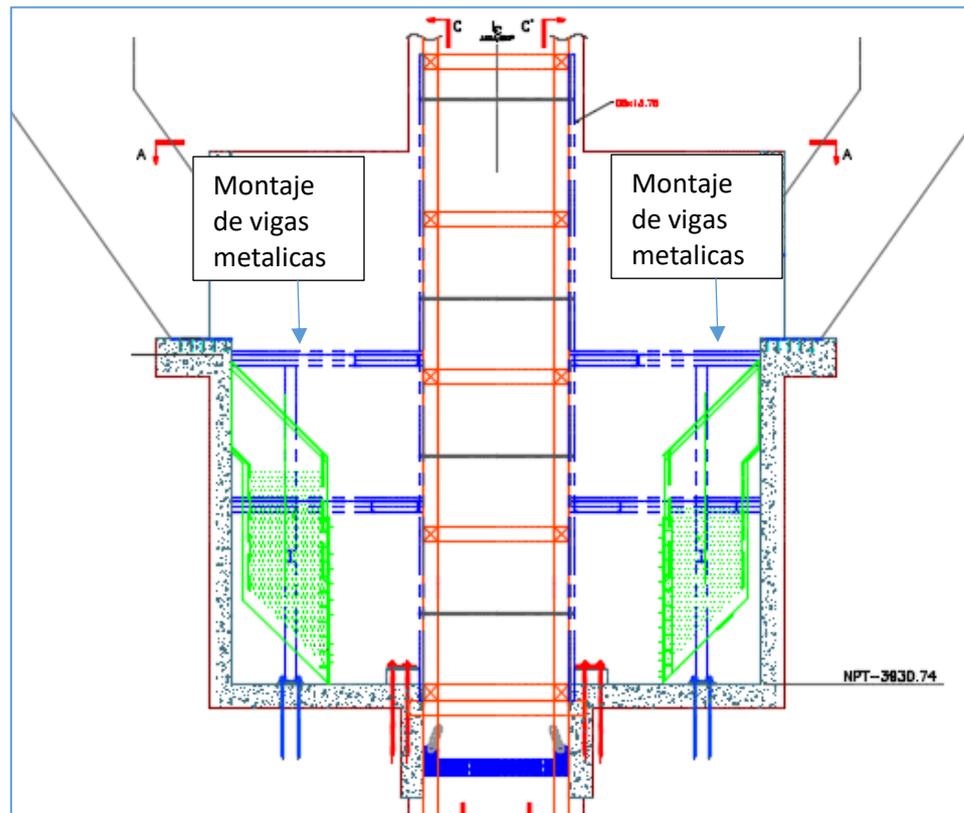


Figura 53: *vista en perfil montaje de columnas y vigas metalicas*

*Fuente: Mining Soluciones*

### 5.3.7 MONTAJE DE SOPORTE DE DOSIFICADOR Y SOPORTE DE COMPUERTA TIPO GUILLOTINA

Montaje de la primera parte del soporte de la compuerta tipo guillotina hacia el muro de concreto y montaje del soporte de dosificador en la parte de comunicación hacia los bolsillos.

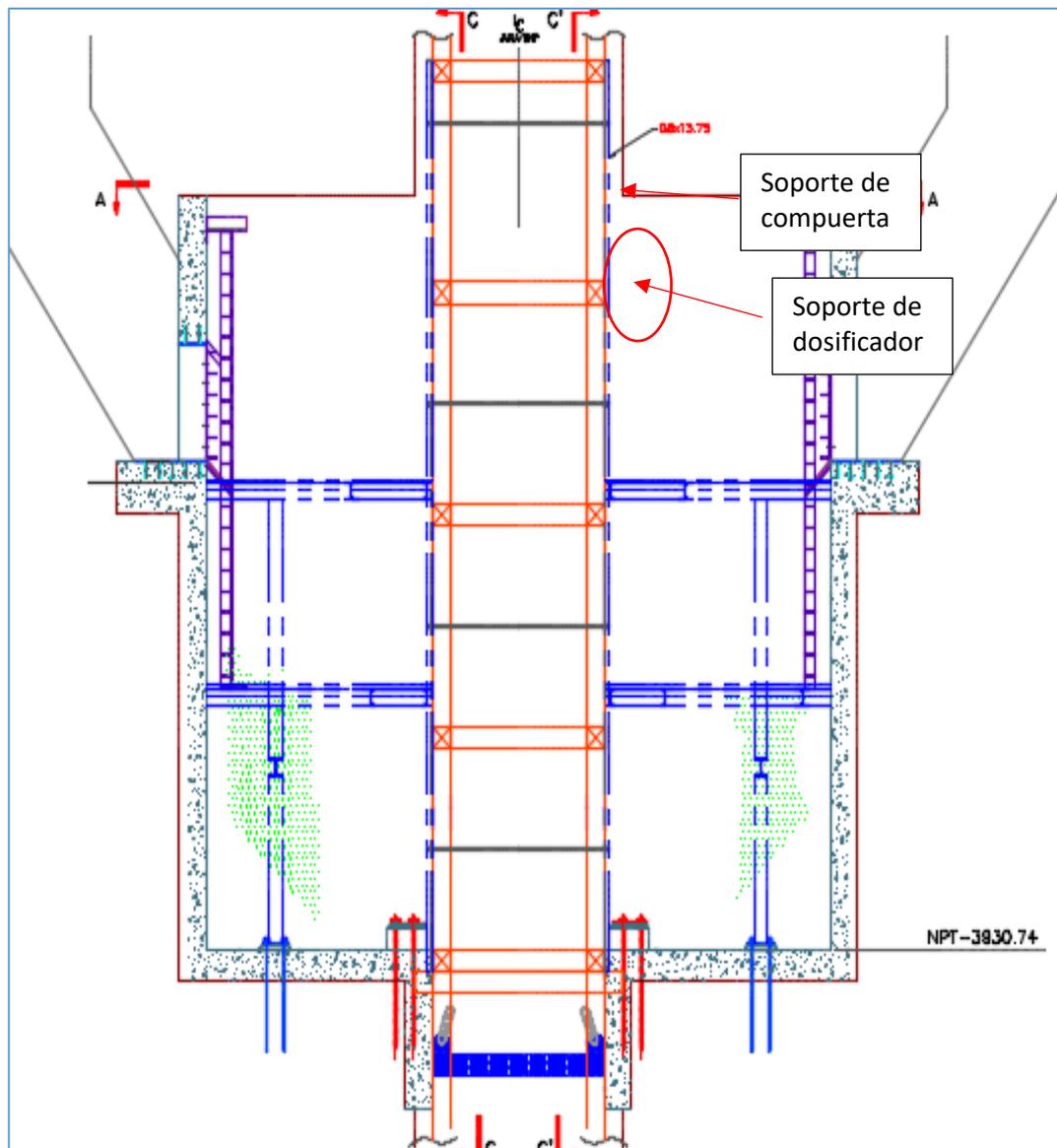


Figura 54: montaje de soporte de dosificador y soporte de compuerta tipo guillotina

Fuente: Mining Soluções

### 5.3.8 MONTAJE DE SOPORTES DE PISTONES

Montaje de soportes de pistones, pistones de compuertas y compuerta tipo guillotina.

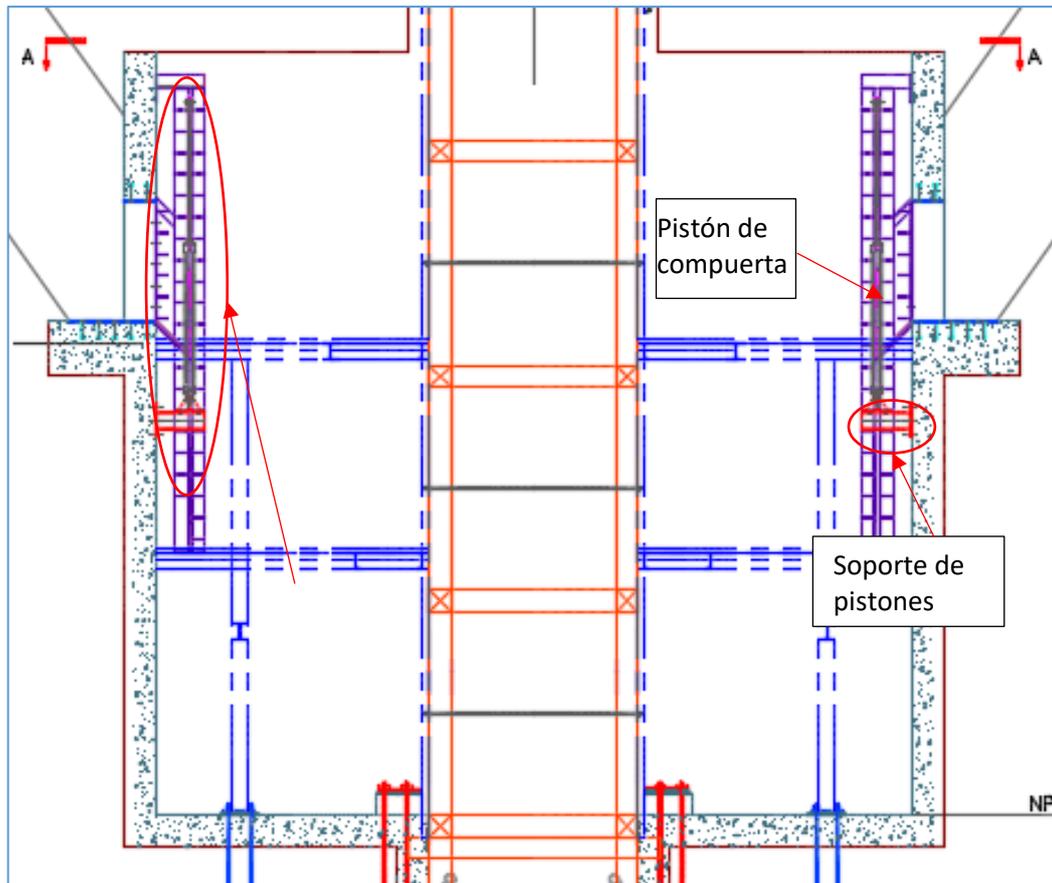


Figura 55: vista en perfil de montaje de soporte de pistones  
 Fuente: Mining Soluciones

### 5.3.9 MONTAJE DE DOSIFICADORES

Montaje de los dosificadores (04 und) soportados en las placas de anclaje al concreto.



Figura 56: encofrado para el montaje de dosificadores  
 Fuente: imagen propia

### 5.3.10 MONTAJE DE CHUTES

Traslado de partes de los chutes por el pique y montaje de los chutes (04 Und)

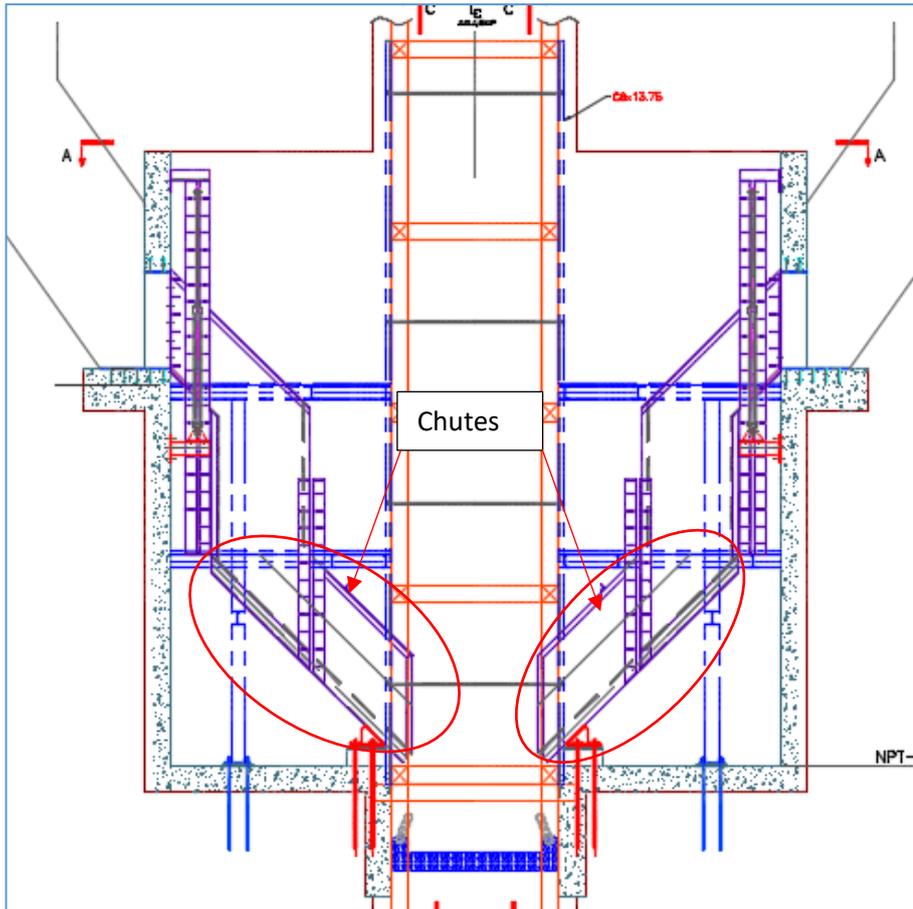


Figura 57: vista en perfil del montaje de chutes

Fuente: Mining Soluciones

### 5.3.11 MONTAJE DE PISTONES Y COMPUERTAS DE CHUTE

Montaje de los soportes de los pistones y pistones de la compuerta de los chutes (04 compuertas)

### 5.3.12 MONTAJE DE BARANDAS EN LOS 2 NIVELES Y PANELES DE SEGURIDAD

Montaje de las barandas de seguridad en los dos niveles de estructuras del Loading Pocket, Montaje de paneles de seguridad

## **CAPITULO VI**

### **RESULTADOS**

#### **6.1 RESULTADOS FINALES.**

El acceso al nivel 510 se realizaba mediante escaleras de madera ubicadas en las chimeneas teniendo condiciones inseguras para el personal que transitaba por ellas, el mineral del nivel 510 se extraía mediante una rampa inclinada con vagones mineros hasta el nivel 450 para ser depositados en los bolsillos.



Figura 57: estandarización del bolsillo de desmonte

Fuente: imagen propia

Ahora con la ejecución de la profundización del pique Manuelita que fue realizado con altos estándares operativos como son la utilización de equipos certificados, herramientas certificada, control estricto de la resistencia del concreto y elementos de seguridad certificados, permitiendo el incremento de la producción de la mina Manuelita y el fácil acceso del personal al nivel 510.



Figura 58: estandarización de estación de pique nivel 510

Fuente: imagen propia

El avance de la excavación de los bolsillos en ciego con grúa batible es de alto riesgo y el avance es lento debido a que se tiene que extraer mediante baldes a la parte superior, este tiempo se reduce cuando se realiza una chimenea piloto desde el loading poket y luego se realiza el desquinche acortando el tiempo de ejecución debido a que el material cae por gravedad a la parte inferior del pique.



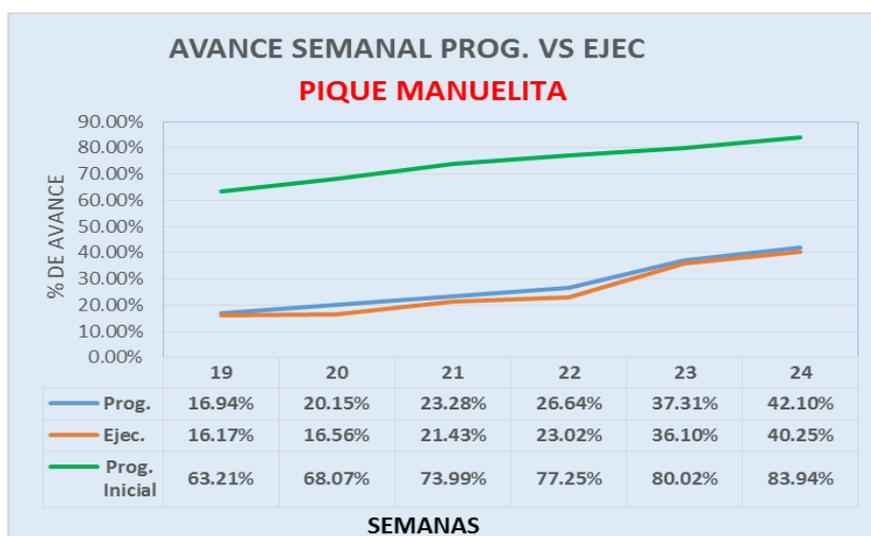
Figura 59: estandarización con señales de seguridad y luces led en labor de ingreso al pique nivel 510

Fuente: imagen propia

De la semana 19 a la semana 25 se planifico realizar el montaje de 12 cuadros de madera teniendo como plataforma de trabajo el blasting set, esta planificación incluye el alineado de cuadro, sostenimiento del pique con malla electrosoldada, pernos helicoidales, Split set, bajado del blastin set y acondicionamiento de plataforma para trabajos de obras civiles.

Cuadro 19:

*Control del avance del pique manuelita según programación hasta semana 24*



*Fuente: Area Operaciones Mining Solutions*

Mediante el uso de la plataforma de trabajo blasting set se ha tenido un 96.71 % de cumplimiento en la ejecución del pique manuelita

Cuadro 20:

*Resumen de avance de la construcción del pique hasta la semana 24*

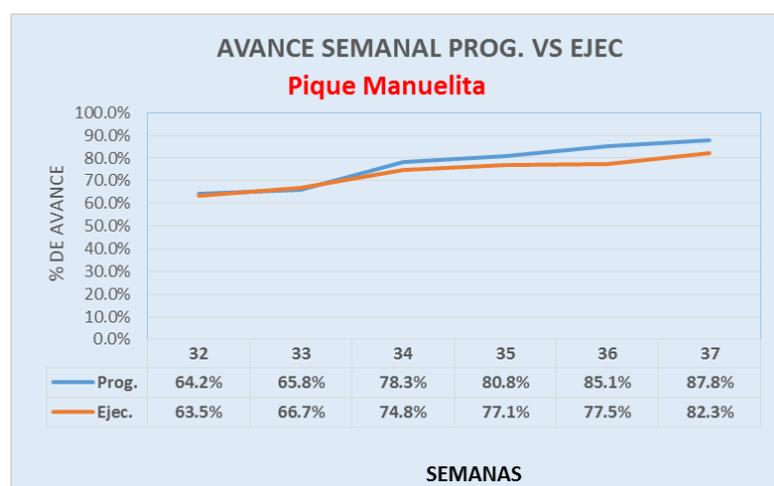
Item	Actividad Principales	ACUMULADO PROYECTO			
		Programado	Ejecutado	Cumplimiento	
<b>1</b>	<b>PIQUE CONSTRUCCION</b>	<b>46.02%</b>	<b>44.50%</b>	<b>96.71%</b>	
<b>1.1</b>	<b>PIQUE</b>	<b>90.93%</b>	<b>86.32%</b>	<b>94.93%</b>	
<b>1.2</b>	<b>BOLSILLOS</b>	<b>30.20%</b>	<b>30.97%</b>	<b>102.55%</b>	
<b>1.3</b>	<b>LOADING POCKET</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>100.00%</b>	

*Fuente: Area Operaciones Mining Solutions*

De la semana 32 a la semana 37 se planifico realizar el montaje de 4 cuadros de madera teniendo como plataforma de trabajo el blasting set, esta planificación incluye el alineado de cuadro, sostenimiento del pique con concreto armado, malla electrosoldada, pernos helicoidales, Split set, bajado del blasting set y acondicionamiento de plataforma para trabajos de las obras civiles. se considero en la planificación solo 4 cuadros debido a que también se planifico realizar al vaceado con concreto armado la base de la sección del anillo de concreto para el bearing set N° 4 y base del loading pocket

Cuadro 21:

*Control del avance del pique manuelita según programación hasta semana 37*



*Fuente: Area Operaciones Mining Solutions*

En el cuadro 21 podemos apreciar que la semana 32 y 33 lo ejecutado se asemeja a lo planeado esto se debe a que se utilizó la plataforma de trabajo blasting set para la instalación de los cuatro sets de cuadros programados, llegando a un cumplimiento del 93.73% de lo programado este porcentaje es debido a que en la semana del 34 al 37 se programó actividades de desquinche y trabajos de obras civiles en la base de la sección del anillo de concreto para el bearing set N° 4 y base del loading pocket

Cuadro 22:

*Resumen de avance de la construcción del pique hasta la semana 37*

Item	Actividad Principales	ACUMULADO PROYECTO			
		Programado	Ejecutado	Cumplimiento	
1	PIQUE CONSTRUCCION	87.79%	82.28%	93.73%	🟡
1.1	PIQUE	98.59%	96.62%	98.00%	🟢
1.2	BOLSILLOS	90.05%	81.37%	90.36%	🔴
1.3	LOADING POCKET	68.33%	61.88%	90.55%	🔴

*Fuente: Area Operaciones Mining Solutions*

## 6.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

**6.2.1. La primera hipótesis dice:** La construcción de chimeneas piloto con equipo Alimak mediante el método de Raise Climber reducirá el tiempo de ejecución de la chimenea.

En esta parte sea podido apreciar que la construcción de la chimenea piloto del pique Manuelita sea realizado en un menor tiempo al estipulado mediante el método tradicional profundización de pique en ciego.

**6.2.2. La segunda hipótesis dice:** La utilización de Blasting set optimizara el tiempo de instalación de cuadros de madera y evitar ser afectados.

La utilización del blasting set a facilitado la instalación de los cuadros, asimismo sirve como medida de protección de los cuadros durante el desquinche para la sección completa del pique.

**6.2.3. La tercera hipótesis dice:** La utilización de equipo alimak y el método de raise climber permitirá establecer las condiciones técnico-económicas en la construcción del pique Manuelita.

Mediante el método manual el costo es de US \$ 25 865 y el tiempo de ejecución de la chimenea es de 60 días, que incluye la excavación, limpieza y sostenimiento, en cambio mediante el método mecanizado, es decir con la plataforma Alimak el costo es de US \$ 35 018 que representa el 26 % más con respecto al método manual, pero el tiempo de construcción es de 42 días un 30 % menos del tiempo proyectado por método manual, lo cual permite ejecutar chimeneas con la rapidez del caso. Asimismo en cuanto a la seguridad, el sistema convencional es de riesgo alto y el mecanizado mediante el uso de la plataforma Alimak es de riesgo medio.

## 6.3 RENDIMIENTOS.

**EFICIENCIA DE PERFORACIÓN.-** Es la comparación entre la longitud total del barreno y la longitud promedio del taladro que está expresado en porcentaje.

Eficiencia perforación =  $LPT/LTB \times 100$ .

$LTB = 1.80 \text{ m.}$

$LPT = 1.65 \text{ m.}$

Eficiencia perforación =  $1.65/1.80 \times 100 = 91.67\%$ .

**EFICIENCIA DE VOLADURA.-** Está expresado entre la longitud promedio del taladro y el avance real obtenido, también expresado en porcentaje.

$$\text{Eficiencia voladura} = \text{AR/LPT} \times 100.$$

$$\text{AR} = 1.60 \text{ m.}$$

$$\text{LPT} = 1.65 \text{ m.}$$

$$\text{Eficiencia voladura} = 1.60/1.65 \times 100 = 96.97 \text{ \%}.$$

**FACTOR DE CARGA.** - Viene a ser el consumo de explosivo por 1 metro de avance real.

$$\text{Explosivo utilizado} = 129 \text{ cartucho/disparo} \times 0.081 \text{ kg/cartucho.}$$

$$\text{Explosivo utilizado} = 10.45 \text{ kg de explosivo.}$$

$$\text{Factor de carga} = (10.45 \text{ kg de explosivo}) / (1.60 \text{ m avance}).$$

$$\text{Factor de carga} = 16.72 \text{ kg/m.}$$

**PRODUCTIVIDAD.** - es el resultado del avance real obtenido por el número de tareas que realizó el personal.

$$\text{Productividad} = (1.60 \text{ m}) / (3 \text{ tareas}) = 0.53 \text{ m/tarea.}$$

#### **6.4 PRECIOS UNITARIOS**

Los precios unitarios de las actividades son según se detalla en los cuadros de análisis de precios unitarios.

En el cuadro 23 se muestra a detalle el análisis que se realizó para el desmontaje de cuadro de madera en el pique considerando la mano de obra, materiales y equipos a utilizar en esta actividad

Cuadro 23:

*Análisis de precio unitario de desmontaje de cuadro de madera en el pique Manuelita*

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO						
						
<b>Partida</b>	<b>DESMONTAJE DE CUADRO MADERA PIQUE</b>					
<b>Rendimiento</b>	2.00	UND/Gda	<b>Costo unitario directo por : U</b>			<b>181.88</b>
	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
<b>Mano de Obra</b>						
	Capataz (Piquero)	HH	0.30	1.5000	9.71	14.57
	Piquero Especializado	HH	3.00	15.0000	7.11	106.69
	Peón	HH	1.00	5.0000	5.49	27.47
	Bodeguero	HH	0.30	1.5000	5.49	8.24
						<b>156.97</b>
<b>Materiales</b>						
	Barreno Integral	pies		7.0000	0.17	1.16
	Piedra de afilar	Und		0.0500	23.63	1.18
	Aceite de perforación	Gln		0.0480	12.12	0.58
						<b>2.92</b>
<b>Equipos</b>						
	Perforadora Jack Leg	pies		7.0000	0.24	1.68
	Aguzadora	HM	0.10	0.5000	4.93	2.46
	ANDAMIO METALICO	HM	1.00	5.0000	2.00	10.00
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0500	156.97	7.85
						<b>21.99</b>

*Fuente: Mining Soluciones*

En el cuadro 24 se muestra el precio unitario de instalación del bearing set a viene a ser 7.92 dólares americanos considerando la mano de obra, mariales y equipos a usar en su instalación.

Cuadro 24:

*Análisis de precio unitario de instalación de bearing set*

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO						
						
Partida	INSTALACION DE BEARING SET					
Rendimiento	0.50	UND/GDA	Costo unitario directo por : U			792.12
	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
	Capataz (Piquero)	HH	0.30	6.0000	9.71	58.27
	Piquero Especializado	HH	3.00	60.0000	7.11	426.78
	Peón	HH	1.00	20.0000	5.49	109.87
	Maestro Evanista	HH	0.50	10.0000	7.11	71.13
	Bodeguero	HH	0.30	6.0000	5.49	32.96
						<b>699.01</b>
<b>Materiales</b>						
	Barreno Integral	pies		7.0000	0.17	1.16
	Piedra de afilar	Und		0.0500	23.63	1.18
	Aceite de perforación	Gln		0.0480	12.12	0.58
	Disco de madera	Und		0.0500	3.43	0.17
						<b>3.09</b>
<b>Equipos</b>						
	Perforadora Jack Leg	pies		3.0000	0.24	0.72
	Aguzadora	HM	0.10	2.0000	4.93	9.85
	ANDAMIO METALICO	HM	1.00	20.0000	2.00	40.00
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0500	699.01	34.95
	Sierra Circular	HM	0.10	1.0000	4.50	4.50
						<b>90.02</b>

*Fuente: Mining Soluções*

El cuadro 25 muestra los costos unitarios director por metro cubico de concreto con F°C igual a 280 que viene a ser 87.10 dólares americanos, en este análisis se considera la mano de obra, materiales y equipos a usar, asimismo se considera un rendimiento de 12 metros cúbicos por día

Cuadro 25:

*Análisis de precio unitario de obras de concreto*

<b>OBRAS DE CONCRETO</b>						
Partida	CONCRETO F'C=280 KG/CM2 MANUAL					
Rendimiento	12.00	M3/DIA	Costo unitario directo por : M3			87.10
	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
	Capataz (Civil)	HH	0.10	0.0833	9.91	0.83
	Operario	HH	4.00	3.3333	7.05	23.51
	Oficial	HH	2.00	1.6667	6.27	10.46
	Peón	HH	8.00	6.6667	5.49	36.62
						<b>71.41</b>
<b>Materiales</b>						
	REGLAS DE MADERA	P2		0.0250	10.00	0.25
	ADITIVO CURADOR	GLN		0.1750	10.00	1.75
						<b>2.00</b>
<b>Equipos</b>						
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	71.41	3.57
	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	HM	1.00	0.8333	3.12	2.60
	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	HM	1.00	0.8333	9.01	7.51
						<b>13.68</b>

*Fuente: Mining Soluções*

En el cuadro 26 se muestra el análisis de precio unitario de obra de concreto para los muros del pique, en este análisis el costo de concreto de F°C igual a 280 kg/cm2 es de 129.65 dólares americanos el metro cubico de concreto. este incremento con respecto al anterior análisis de precio unitario del concreto del cuadro 19 es debido a la dificultad que se tiene para realizar el vaciado del concreto en los muros del pique como se puede ver el rendimiento en este análisis es de 8.00 M3/dia

Cuadro 26:

*Análisis de precio unitario de obras de concreto para muros*

Partida	CONCRETO F'C=280 KG/CM2 MANUAL (PARA MUROS)					
Rendimiento	8.00	M3/DIA	Costo unitario directo por : M3			129.65
	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
	Capataz (Civil)	HH	0.10	0.1250	9.91	1.24
	Operario	HH	4.00	5.0000	7.05	35.26
	Oficial	HH	2.00	2.5000	6.27	15.68
	Peón	HH	8.00	10.0000	5.49	54.94
						<b>107.12</b>
<b>Materiales</b>						
	REGLAS DE MADERA	P2		0.0250	10.00	0.25
	ADITIVO CURADOR	GLN		0.1750	10.00	1.75
						<b>2.00</b>
<b>Equipos</b>						
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	107.12	5.36
	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	HM	1.00	1.2500	3.12	3.90
	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	HM	1.00	1.2500	9.01	11.27
						<b>20.53</b>

*Fuente: Mining Soluciones*

En el cuadro 27 se muestra el análisis de precio unitario del enfierrado con acero de grado 60 por kilogramo de acero instalado en el enfierrado, en este análisis se considera la mano de obra, materiales y equipos a utilizar, asimismo se considera un rendimiento de 180.00 kg/día de acero instalado en el enfierrado de las paredes del pique para el vaciado con concreto.

Cuadro 27:

*Análisis de precio unitario de acero de refuerzo grado 60*

Partida	ACERO DE REFUERZO GRADO 60					
Rendimiento	180.00	KG/DIA	Costo unitario directo por : KG			0.92
	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
	Capataz (Civil)	HH	0.10	0.0056	9.91	0.06
	Operario	HH	1.00	0.0556	7.05	0.39
	Oficial	HH	1.00	0.0556	6.27	0.35
						<b>0.80</b>
<b>Materiales</b>						
	ACERO CONSTRUCCION CORRUGADO	KG		0.0000	0.80	0.00
	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0600	0.90	0.05
						<b>0.05</b>
<b>Equipos</b>						
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.80	0.04
	CIZALLA	HM	1.00	0.0556	0.50	0.03
						<b>0.07</b>

*Fuente: Mining Soluciones*

En el cuadro 28 se muestra el análisis de precio unitario de encofrado y desencofrado tomando en consideración la mano de obra, materiales y equipos a ser usados en esta actividad, en este análisis se considera un rendimiento de 10.00 metros cuadrados por día de encofrado y desencofrado. El costo de esta actividad es de 29.76 dólares americanos el metro cuadrado.

Cuadro 28:

*Análisis de precio unitario de obras de encofrado y desencofrado*

Partida	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO					
Rendimiento	10.00	M2/DIA	Costo unitario directo por : M2			29.76
	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
	Capataz (Civil)	HH	0.10	0.1000	9.91	0.99
	Operario	HH	1.00	1.0000	7.05	7.05
	Oficial	HH	1.00	1.0000	6.27	6.27
	Peón	HH	0.50	0.5000	5.49	2.75
						<b>17.06</b>
<b>Mano de Obra</b>						
	CLAVOS Fo No C/C 3"	KG		0.1300	0.83	0.11
	ALAMBRE NEGRO # 8	KG		0.2600	0.90	0.23
	MADERA P/ENCOFRADO INC.CORTE	P2		2.0000	1.80	3.60
	TRIPLAY DE 19 MM.	PLN		0.0900	48.00	4.32
	ADITIVO DESMOLDEADOR	GLN		0.0660	24.00	1.58
						<b>9.85</b>
<b>Equipos</b>						
	ANDAMIO METALICO	HM		1.0000	2.00	2.00
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	17.06	0.85
						<b>2.85</b>

*Fuente: Mining Soluciones*

En el cuadro 29 se muestra el análisis de precio unitario de colocación de pernos de fricción de 7 pies (Split set) considerando la mano de obra, materiales y equipos a utilizar en la actividad con un rendimiento de 18 unidades por día, el costo de instalación es de 16 dólares la unidad instalada.

## Cuadro 29:

*Análisis de precio unitario de colocación de pernos de fricción de 7 pies*

ANALISIS TE PRECIO UNITARIO						
Partida	COLOCACION DE PERNOS DE FRICCIÓN DE 7 ' (SPLIT SET)					
Rendimiento	18.00	UND/DIA	Costo unitario directo por : U			16.00
	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
	Capataz (Piquero)	HH	0.30	0.1667	9.71	1.62
	Piquero Especializado	HH	1.00	0.5556	7.11	3.95
	Peón	HH	1.00	0.5556	5.49	3.05
	Bodeguero	HH	0.30	0.1667	5.49	0.92
						<b>9.54</b>
<b>Materiales</b>						
	Barreno Integral	pies		7.0000	0.17	1.16
	Piedra de afilar	Und		0.0500	23.63	1.18
	Aceite de perforación	Gln		0.0480	12.12	0.58
						<b>2.92</b>
<b>Equipos</b>						
	Perforadora Jack Leg	pies		7.0000	0.24	1.68
	Aguzadora	HM	0.10	0.0556	4.93	0.27
	ANDAMIO METALICO	HM	1.00	0.5556	2.00	1.11
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0500	9.54	0.48
						<b>3.54</b>

*Fuente: Mining Soluciones*

## **VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

### **Ventajas**

- Se puede usar para chimeneas de pequeña a gran longitud y con cualquier inclinación.
- Es posible cambiar la inclinación de la chimenea mediante el uso de carriles curvos
- La preparación inicial del área de trabajo es muy pequeña
- Se puede construir chimeneas con diferentes secciones cambiando las plataformas siendo posible excavar secciones de 3 m<sup>2</sup> a 20 m<sup>2</sup>
- No necesita un nivel de acceso superior para su acceso.

### **Desventajas**

- Requiere de mano de obra especializada
- Al realizar el desmontaje ya no se puede recuperar algunos de sus componentes
- Cuando se ejecutan chimeneas de gran longitud se tiene problemas con los servicios como caída de tensión. Baja presión de agua y aire.

## CONCLUSIONES

- 1** La implementación de equipo Alimak y plataforma de trabajo Blasting set a optimizado la ejecución de las operaciones de profundización del pique Manuelita reduciendo en un 55 % el tiempo de ejecución del pique mediante el método convencional.
- 2** Con el sistema mecanizado Alimak se ha construido la chimenea con sección 7`x 5` una longitud de 64.74 metros de longitud en un tiempo relativamente corto (42 días); siendo su costo de avance por metro casi el doble respecto al sistema convencional, pero utiliza un 30% menos de tiempo en su ejecución, por lo que resulta más rentable que el convencional.
- 3** La utilización del blasting set ha facilitado la instalación de los sets de cuadros, asimismo sirve como medida de protección de los sets de cuadros durante la voladura, también sirve como acceso mediante una escalera telescópica para realizar el sostenimiento del pique y perforación del área a desquinchar para la sección completa del pique.
- 4** El avance diario con equipo alimak debe ser de 5 pies lineales como mínimo teniendo un abastecimiento constante de 90 psi de presión de aire para la perforación, para que sea rentable la ejecución de la chimenea piloto para la empresa ejecutora; con La utilización del blasting set nos ha permitido llegar a un cumplimiento del 96.71 % de lo planificado durante cinco semanas y la instalación de 2.4 cuadros por semana.

## RECOMENDACIONES

1. Actualmente debido a las cotizaciones de los metales en el mercado mundial, no se debe explotar yacimiento de baja ley, por tanto se recomienda aumentar la eficacia y la eficiencia de la explotación.
2. El sistema convencional de construcción de chimeneas, dado sus ventajas indicadas se recomienda continuar utilizando en chimeneas de pequeña sección y en longitudes menores a 50 m.
3. El sistema mecanizado con el uso de la plataforma trepadora Alimak es recomendable para chimeneas de mayor sección y longitudes que superen los 100 m.
4. Debido a la presencia de fallas es recomendable realizar sostenimiento con concreto armado con factor de compresión de 280 kg/cm<sup>2</sup>.
5. Se debe prever sistemas de drenes o lloronas para controlar la presencia de goteos o flujos de agua que se esperan interceptar en las excavaciones y que se localizan especialmente en los contactos de las vetas con las cajas.

## BIBLIOGRAFÍA.

**CONDORI CONDORI, R. B. (2017)** *“Estudio del sistema de acarreo de interior mina para optimizar tiempos, disminuir costos e incrementar la producción en E.E. NCA servicios mina Morococha”* (tesis)

**CACEDA CORILLOCLA, J. A. & PEREZ VILLAVERDE, J. C. (2015)** *“Proyecto pique central para explotación debajo de nivel 1400-sociedad minera Austria duvaz s.a.c”* (tesis)

**VILCHEZ CORDOVA, W. E. & VILCHEZ CORDOVA, L. D. (2015)** *“Estudio comparativo de construcción de chimeneas, por método convencional ch. 340 SW y mecanizado con plataforma trepadora Alimak ch. 480SW, en la zona torre de cristal de la compañía minera Raura S.A”*. (tesis)

**CURASMA QUISPE, J. V. & TITO TITTO, E. R. (2014)** *“Optimización de operaciones en las construcciones de chimeneas con el método raise climber utilizando equipo alimak STH-5E en mina marza”*. (Universidad de Huancavelica)

**MAMANI ESCARCENA, H. M. (2014)** *“Implementación del índice de resistencia geológica modificado en el sostenimiento activo y pasivo para el control de accidentes por caída de rocas en mina uchucchacua”*. (tesis)

**ARIAS CALLA, L. D. (2013)** *“Planteamiento y diseño del sistema de extracción del proyecto de profundización de la U.O san braulio uno”*. (Lima)

**PIMENTEL CASQUERO, V. D. (2013)** *“Diseño Y Ejecución De Un Pique Minero En Roca Blanda”*. (Lima)

**RODRIGUEZ VILLANTOY, E. & SUBILETE ARECHE, R. (2013)** *“Optimización De Los Costos De Operación Según El Rediseño Del Programa De Profundización Del Pique N° 3 Mina Teresita- Unidad Recuperada. Cia. De Minas Buenaventura S.A.A”* (tesis)

**LUQUE POMA, G., GOMEZ VELASQUEZ, D. & Zavala Carrion B. (2013)** *“Peligro Geológico En La Localidad De Morococha”* (Junin)

**Ernesto ZELADA, Luis Alfredo MARTINEZ, (2012)** *“Sistema de profundización de piques”*. (Compañía minera volcán)

**PAQUILLARI HUINCHO M. L., SUAZO PARIONA H. (2012)** *“Diseño de pique N°2 para incrementar la producción en la Mina Esperanza de la compañía de Minas Buenaventura, Unidad de Producción Recuperada”*, (Universidad de Huancavelica)

**TULIO VILLONTOY L. (2010)** *“Proyecto Pique N° 3 Mina Teresita de la compañía de Minas Buenaventura SAA Unidad de Producción Recuperada”*. (Tesis)

**BARRIOS QUISPE A. (2009)** *“profundización de pique 447 sección 3 en Cia minera Atacocha S.A.”*. (Tesis)

**PORTUGUEZ CORDOVA, J. L. (2009)** *“Diagnostico y alternativa de mejora de los procesos productivos unidad Manuelita compañía minera Argentum S.A.”* (tesis)

**BARRIOS QUISPE, A. (2009)** *“Profundización del pique 447 sección 3 en CIA minera Atacocha S.A.”* (tesis)

**CARHUAMACA GUERRERO, J. P. (2009)** *“Evaluación Y Optimización Del Sostenimiento Con Cimbras En Minería Subterránea”*. (Lima)

**BENDEZU JUAREZ, A. (2007)** *“Mineralización tipo pórfido de Cu-Mo asociadas a venas cordilleranas de metales base: Toromocho-Morococha, Distrito De Morococha, Peru”* (Lima)

**SALAZAR DIAZ, H. (1983)** *“Geología De Los Cuadrángulos De Matucana Y Huarochiri”*. (Lima)

## **ANEXOS.**

Anexo 01: Plano geológico zona Manuelita nivel 510

Anexo 02: Plano de laboreo de pique nivel 510

Anexo 03: Ingeniería básica set típico arreglo general

Anexo 04: Ingeniería básica destaje en madera para set típico del cabezal y divisor

Anexo 05: Ingeniería básica destaje en madera para set típico de la longarina y poste

Anexo 06: Ingeniería básica destaje en madera para set típico tirante

Anexo 07: Ingeniería básica destaje en madera para set típico de la guía



# LABOREO PIQUE

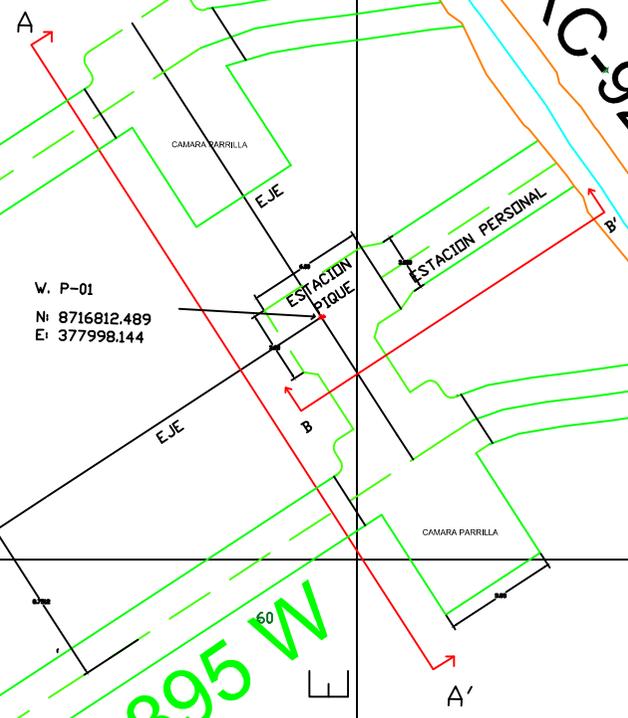
377950 E

VE 875 W

VE 895 W

378000 E

XC-920W



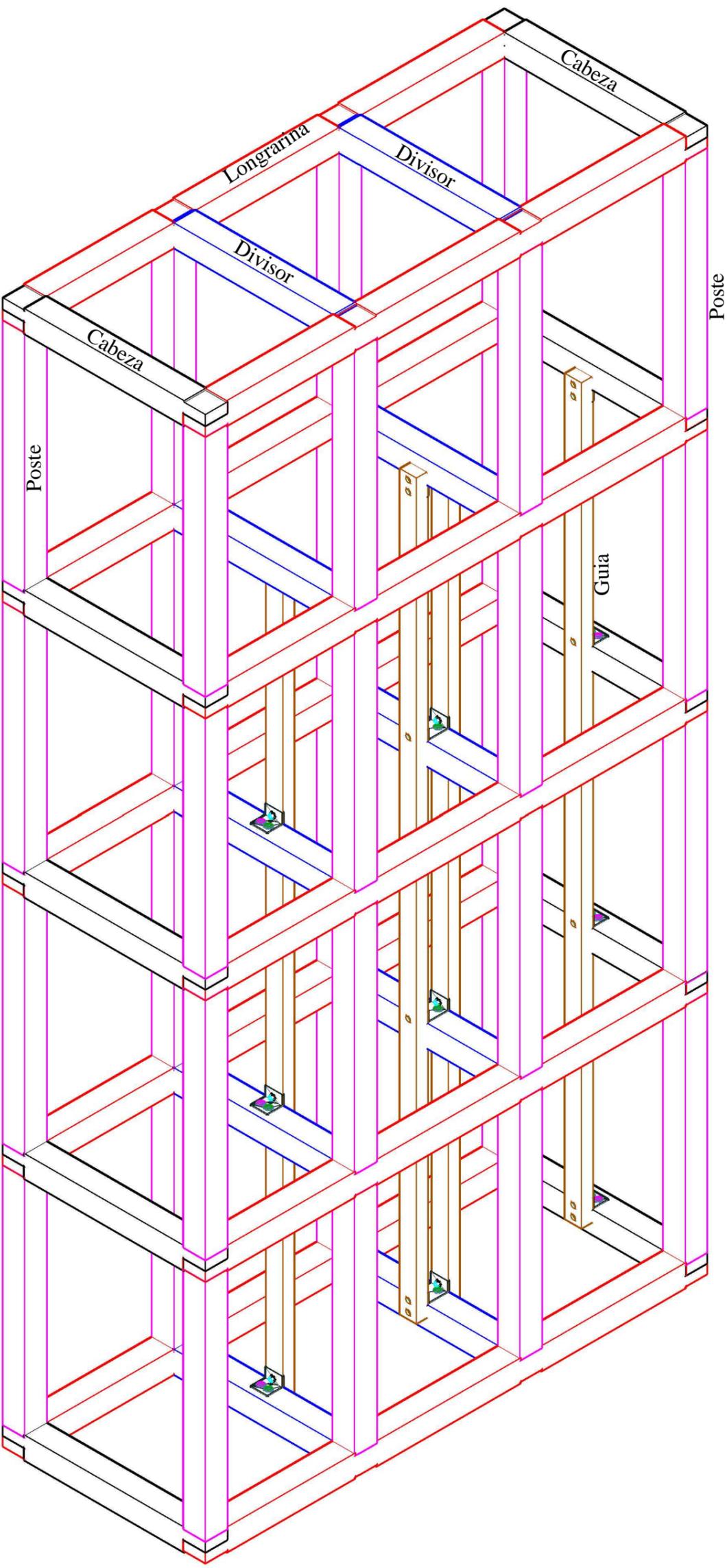
W. P-01  
N: 8716812.489  
E: 377998.144

R15

V°B° Planeamiento:	Objetivo:
V°B° Mina:	
V°B° Ventilación:	
V°B° Seguridad:	
V°B° Geomecánica:	
V°B° Geología:	

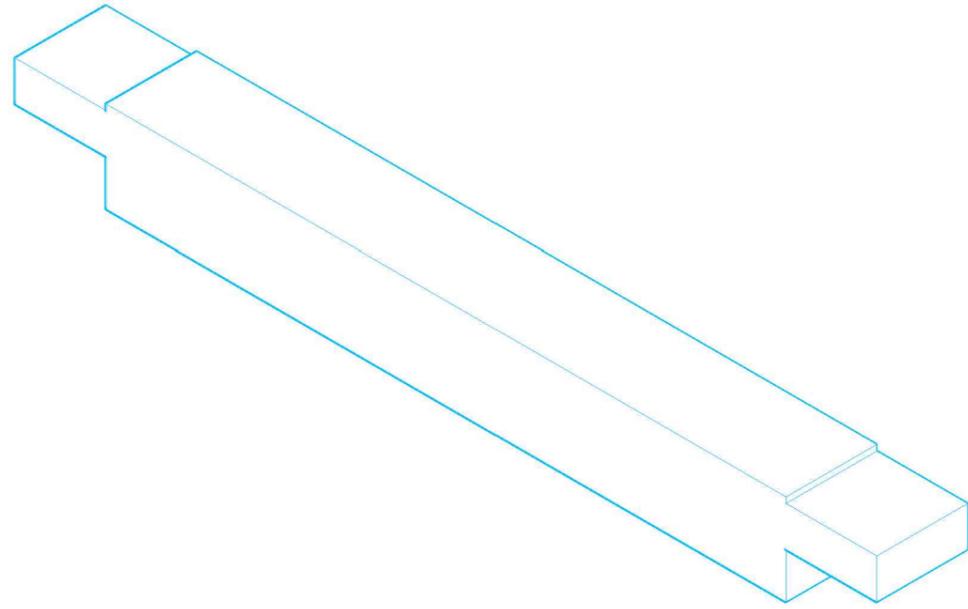
NOMBRE	OBSERVACIONES
PLANEAMIENTO : R. Valderrama	
GEOLOGIA : R. Diaz	
MINA : P. Lucero	

 <b>COMPAÑIA MINERA ARGENTUM S.A.</b> MINA MOROCOCHA			
TOPOG. : L. Valdivia	ESCALA: 1/500		ZONA: Manuelita
DIBUJO : H. VEGA	FECHA : 		NIVEL: -510
		U.E.A: Manuelita	



<p>EL CONTENIDO DE ESTE PLANO SE HA ELABORADO CON LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD DE LA EMPRESA Y DE ACUERDO A LOS REQUISITOS DEL PROYECTO DE PROFUNDIZACIÓN DEL PIQUE MANUELITA, POR LO QUE NO SE RESPONSABILIZA POR EL CONTENIDO DE LOS PLANOS EMITIDOS EN COPIA. ASIMISMO, NI EN FORMA DE RESPONSABILIDAD DEL PROYECTO.</p>					
REVISION	NOTAS:	FECHA REV.	DISEÑADO POR	PAS SAC	<p><b>PROYECTO DE PROFUNDIZACION-PIQUE MANUELITA</b></p> <p>INGENIERA BASICA SET TIPICO ARREGLO GENERAL</p>
0	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	30-09-2015	DIBUJADO POR	R.VEREAU	
X		X	REVISADO POR	XX	
X		X	APROBADO POR	H.VEGA/R.VALDERRA	<p>PPM-1514-EM-301-E</p>
X		X			<p>REV. 0</p>
				<p>ESCALA 1:15</p>	
				<p>FECHA 19-08-2015</p>	
				<p>PLANO N°</p>	

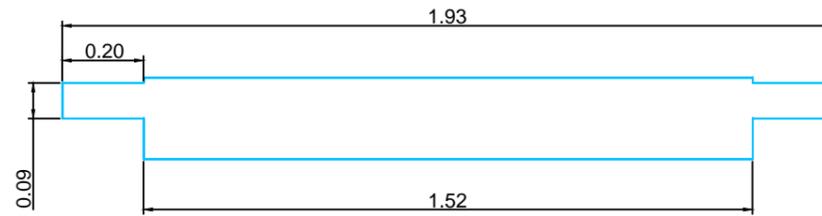
### VISTA ISOMETRICA CABEZAL



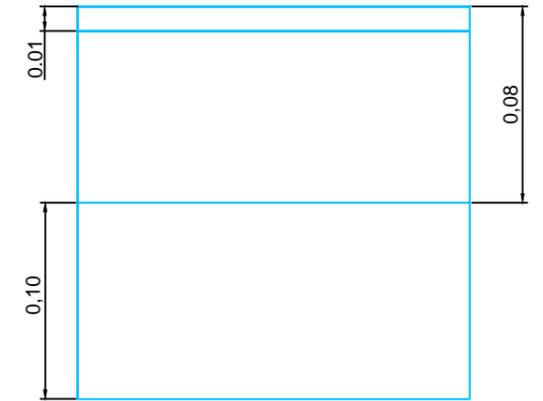
### PLANTA



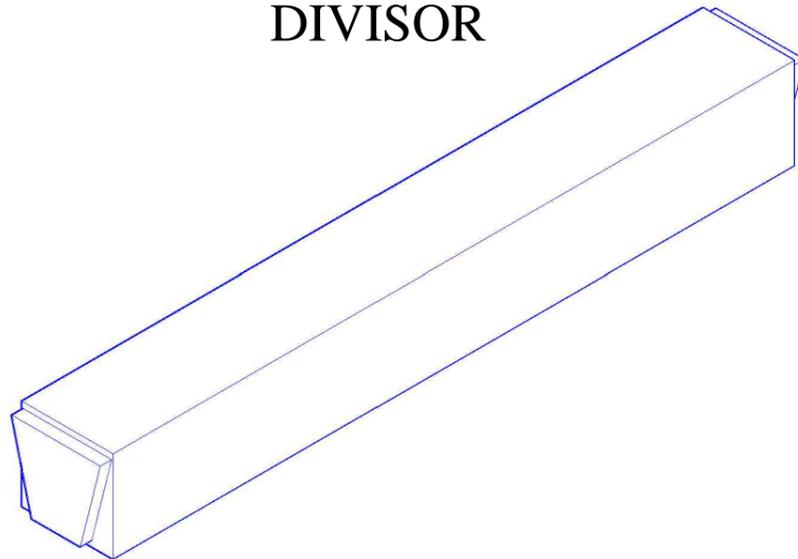
### LATERAL



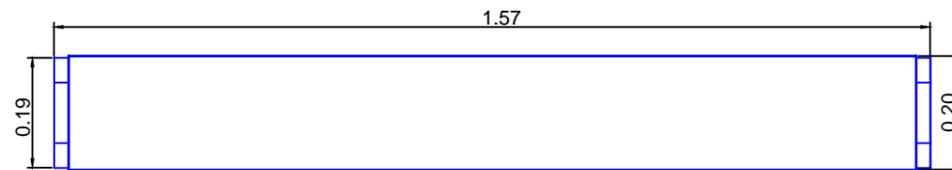
### FRONTAL



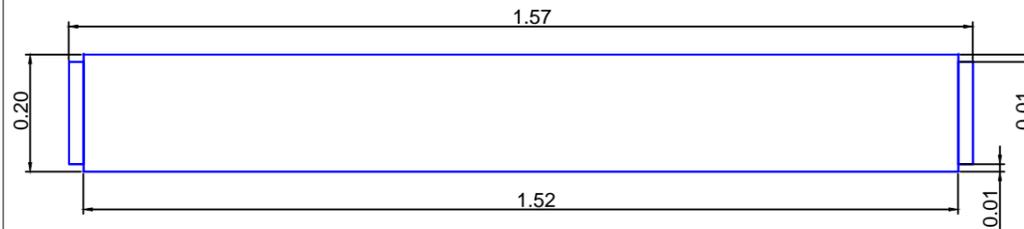
### VISTA ISOMETRICA DIVISOR



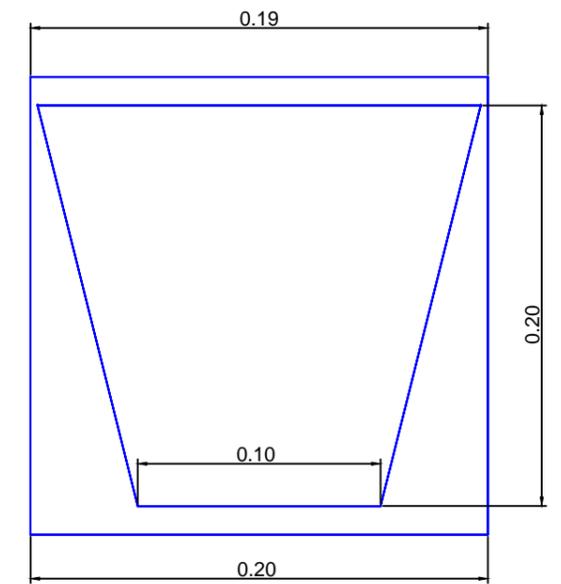
### PLANTA



### LATERAL



### FRONTAL



EL CONTENIDO DE ESTE PLANO SE HA ELABORADO CON LOS ESTANDARES DE DISEÑO PROPIOS DE MINING SOLUTIONS Y CON LOS PARAMETROS PROPIOS DEL PROYECTO DE PROFUNDIZACION DEL PIQUE MANUELITA, POR LO QUE NO ESTÁ PERMITIDO SU USO PARA OTROS FINES. ASIMISMO MISOL SÓLO SE RESPONSABILIZARA POR EL CONTENIDO DE LOS PLANOS EMITIDOS EN COPIA DURA CON LA FIRMA RESPECTIVA DEL RESPONSABLE DEL PROYECTO.



COMPAÑÍA MINERA ARGENTUM S.A.  
MINA MOROCOCHA

REVISION	NOTAS:	FECHA REV.	DISEÑADO POR	PAS SAC
0	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	30-09-2015	DIBUJADO POR	R.VEREAU
X	X	X	REVISADO POR	XX
X	X	X		XX
X	X	X	APROBADO POR	H.VEGA/R.VALDERRA

### PROYECTO DE PROFUNDIZACION-PIQUE MANUELITA

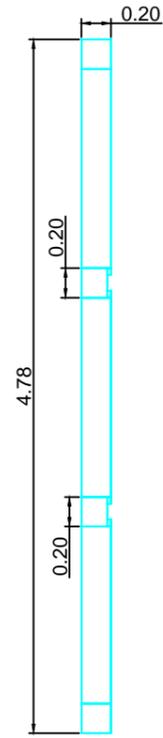
INGENIERA BASICA  
DESTAJES EN MADERA PARA SET TIPICO

ESCALA	1:15	A1
FECHA	19-08-2015	REV.
PLANO N°	PPM-1514-EM-301-A	0

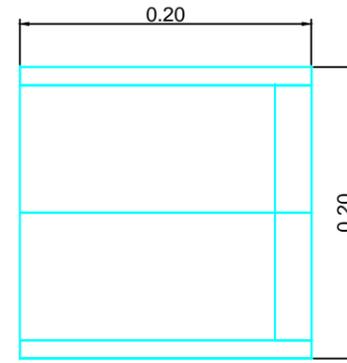
FRONTAL



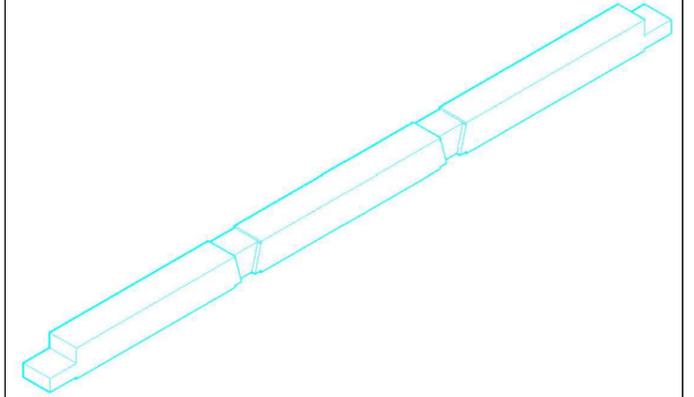
PLANTA



LATERAL



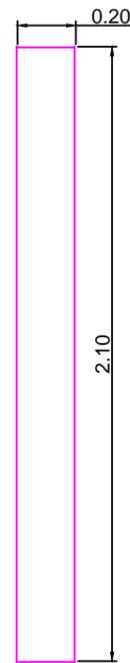
VISTA ISOMETRICA LONGARINA



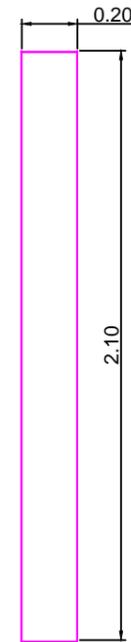
VISTA ISOMETRICA POSTE



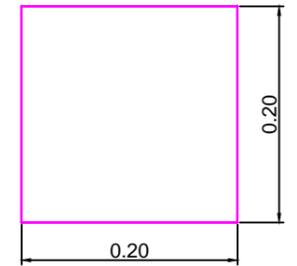
FRONTAL



LATERAL



PLANTA



EL CONTENIDO DE ESTE PLANO SE HA ELABORADO CON LOS ESTANDARES DE DISEÑO PROPIOS DE MINING SOLUTIONS Y CON LOS PARAMETROS PROPIOS DEL PROYECTO DE PROFUNDIZACION DEL PIQUE MANUELITA, POR LO QUE NO ESTÁ PERMITIDO SU USO PARA OTROS FINES. ASIMISMO MISOL SÓLO SE RESPONSABILIZARA POR EL CONTENIDO DE LOS PLANOS EMITIDOS EN COPIA DUPLA CON LA FIRMA RESPECTIVA DEL RESPONSABLE DEL PROYECTO.



COMPAÑIA MINERA ARGENTUM S.A.  
MINA MOROCOCHA

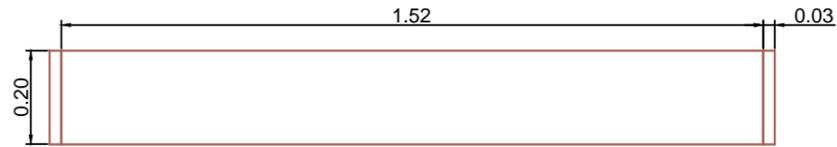
REVISION	NOTAS:	FECHA REV.	DISEÑADO POR	PAS SAC
0	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	30-09-2015	DIBUJADO POR	
X	X	X	REVISADO POR	R.VEREAU
X	X	X		XX
X	X	X	APROBADO POR	H.VEGA/R.VALDERRA

PROYECTO DE PROFUNDIZACION-PIQUE MANUELITA

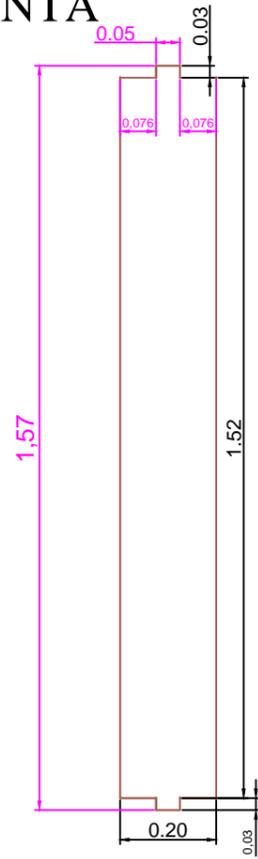
INGENIERA BASICA  
DESTAJES EN MADERA PARA SET TIPICO

ESCALA	1:15	A1
FECHA	19-08-2015	REV.
PLANO N°	PPM-1514-EM-301-B	0

### FRONTAL

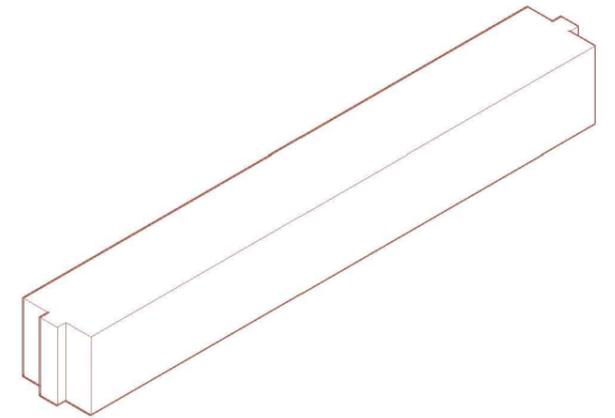
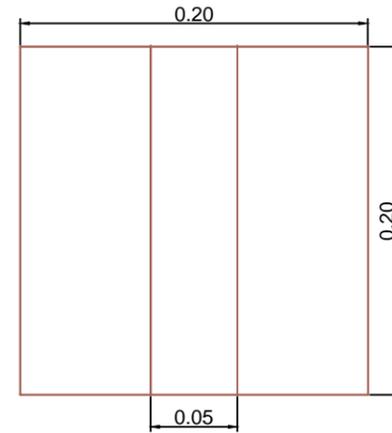


### PLANTA

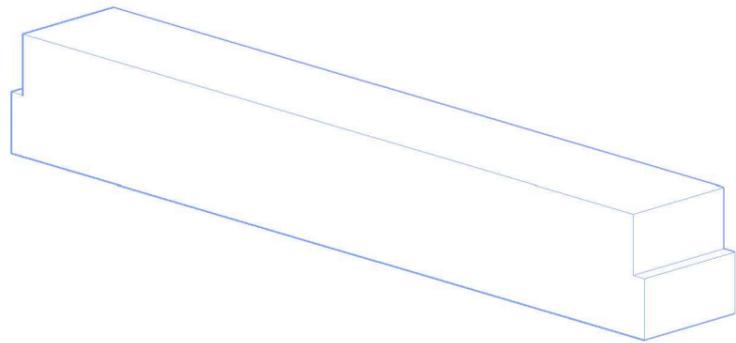


LA SUMATORIA DE LAS DIMENSIONES EN LOS DESTAJES NO CUMPLE CON LA LONGITUD TOTAL

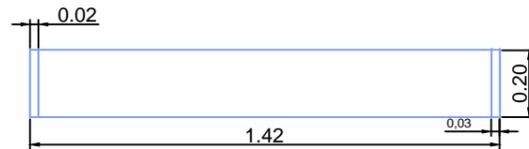
### LATERAL



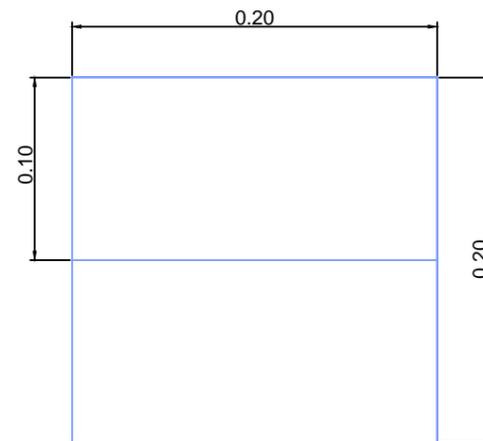
### VISTA ISOMETRICA TIRANTE



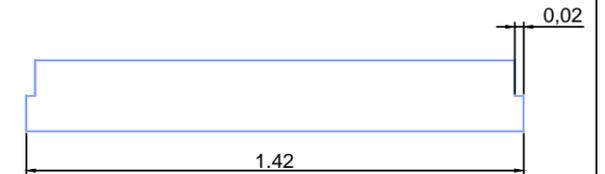
### PLANTA



### FRONTAL



### LATERAL



EL CONTENIDO DE ESTE PLANO SE HA ELABORADO CON LOS ESTANDARES DE DISEÑO PROPIOS DE MINING SOLUTIONS Y CON LOS PARAMETROS PROPIOS DEL PROYECTO DE PROFUNDIZACION DEL PIQUE MANUELITA, POR LO QUE NO ESTÁ PERMITIDO SU USO PARA OTROS FINES. ASIMISMO MISOL SÓLO SE RESPONSABILIZARA POR EL CONTENIDO DE LOS PLANOS EMITIDOS EN COPIA DURA CON LA FIRMA RESPECTIVA DEL RESPONSABLE DEL PROYECTO.



COMPAÑIA MINERA ARGENTUM S.A.  
MINA MOROCOCHA

REVISION	NOTAS:	FECHA REV.	DISEÑADO POR	PAS SAC
0	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	30-09-2015	DIBUJADO POR	
X	X	X	REVISADO POR	R.VEREAU
X	X	X		XX
X	X	X	APROBADO POR	H.VEGA/R.VALDERRA

### PROYECTO DE PROFUNDIZACION-PIQUE MANUELITA

INGENIERA BASICA  
DESTAJES EN MADERA PARA SET TIPICO

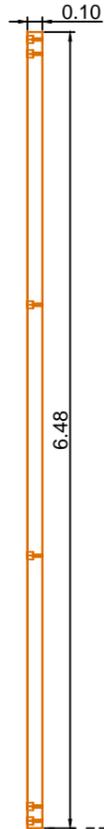
ESCALA	1:15	A1
FECHA	19-08-2015	REV.
PLANO N°	PPM-1514-EM-301-C	0

# VISTA ISOMETRICA

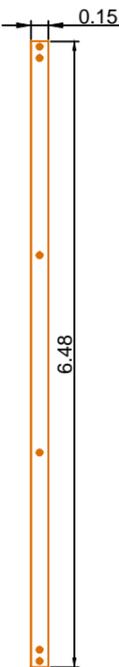
## GUIA



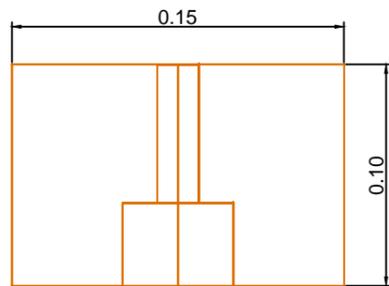
# FRONTAL



# LATERAL

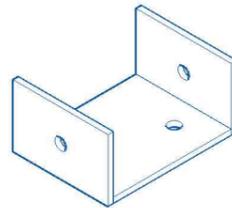


# PLANTA

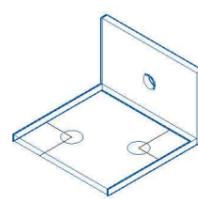


# VISTA ISOMETRICA BRACKETS

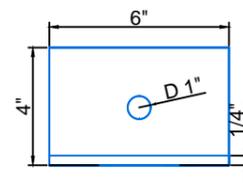
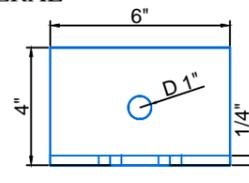
## EN "U"



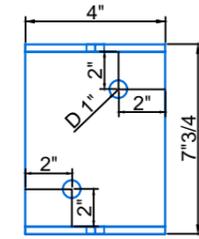
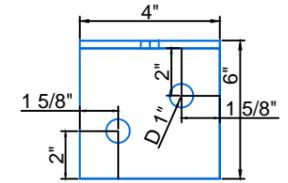
## EN "L"



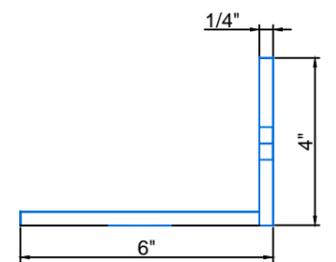
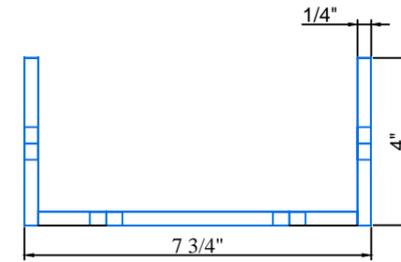
## LATERAL



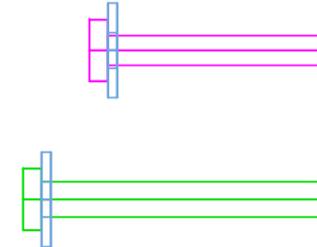
# PLANTA



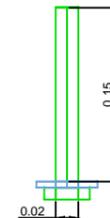
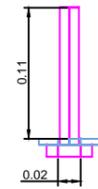
# FRONTAL



# FRONTAL



# PLANTA



# LATERAL



EL CONTENIDO DE ESTE PLANO SE HA ELABORADO CON LOS ESTANDARES DE DISEÑO PROPIOS DE MINING SOLUTIONS Y CON LOS PARAMETROS PROPIOS DEL PROYECTO DE PROFUNDIZACION DEL PIQUE MANUELITA, POR LO QUE NO ESTÁ PERMITIDO SU USO PARA OTROS FINES. ASIMISMO MISOL SÓLO SE RESPONSABILIZARA POR EL CONTENIDO DE LOS PLANOS EMITIDOS EN COPIA DUERA CON LA FIRMA RESPECTIVA DEL RESPONSABLE DEL PROYECTO.



COMPAÑIA MINERA ARGENTUM S.A.  
MINA MOROCOCHA

REVISION	NOTAS:	FECHA REV.
0	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	30-09-2015
X	X	X
X	X	X
X	X	X

DISEÑADO POR	PAS SAC
DIBUJADO POR	
REVISADO POR	R.VEREAU
	XX
	XX
APROBADO POR	H.VEGA/R.VALDERRA

PROYECTO DE PROFUNDIZACION-PIQUE MANUELITA
INGENIERA BASICA ACCESORIOS PARA MONTAJE SET TIPICO

ESCALA	1:15	A1
FECHA	19-08-2015	REV.
PLANO N°	PPM-1514-EM-301-D	0